

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

**№ 3 (381)
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.ivgpi.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:

*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.), 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 03.06.2019.
Подписано в печать 28.06.2019. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 32,55;
Усл. кр.-отт. 32,80. Заказ 2959.

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

**№ 3 (381)
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:

*M.G. BALKHIN (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.), 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 03.06.2019.
Signed for printing on 28.06.2019. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 32.55 conventional sheets.
32.80 conventional. Order 2959.

Circulation of 400.

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

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

УДК 338. 43

**УПРАВЛЕНИЕ ВНЕШНЕТОРГОВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**MANAGEMENT OF FOREIGN TRADE POTENTIAL
OF TEXTILE INDUSTRY IN THE IVANOV REGION**

Е.А. АБРАМОВА

E.A. ABRAMOVA

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

(Ivanovo State Chemical and Technological University)

E-mail: ttp@ivgpu.com

В статье рассматриваются проблемы повышения внешнеторгового потенциала текстильного края; анализируется внешнеторговая деятельность текстильной отрасли Ивановской области; выделены конкурентные преимущества сохранения и развития текстильного профиля региона; выявлено, что важным элементом, формирующим внешнеторговый потенциал области, является высокий уровень конкурентоспособности предприятий текстильной отрасли; предложены направления региональной политики активизации экономики региона и управления внешнеэкономическим потенциалом области.

The article considers the problems of increasing foreign trade potential of the textile region; examines the foreign trade activities of the textile industry in Ivanovo region; highlighted the competitive advantages of the preservation and development of the textile profile of the region, identified that an important element in shaping the foreign trade potential of the region is the high level of competitiveness of the enterprises of the textile industry; the directions of regional policy of activation of regional economy and management of foreign economic potential of the region.

Ключевые слова: внешнеторговый потенциал, экспорт, импорт, диверсификация экспорта, региональная политика, текстильная отрасль, Ивановский регион.

Keywords: trade potential, export, import, export diversification, regional policy, the textile industry, Ivanovo region.

Важнейшей составляющей формирования эффективного внешнеторгового потенциала текстильной отрасли Ивановского региона является создание благоприятной среды для ведения бизнеса на зарубежных рынках. Бизнес-среда в свою очередь зависит от конкурентных преимуществ региона, способности быстро приспосабливаться к изменению конъюнктуры внутренних и внешних рынков [1...5].

Рассмотрим специфику внешнеторговой деятельности Ивановского региона. Текстильные изделия являются основным экспортируемым товаром для области. В 2016 г. на их долю пришлось свыше 30% в структуре экспорта региона в страны дальнего зарубежья и порядка 50% – в страны СНГ. Объем отгруженной продукции в текстильной и швейной отрасли увеличился на треть. Индекс промышленного производства по итогам года составил свыше 109% [5].

В настоящее время в Ивановской области ведущими производителями и экспортерами в текстильной промышленности являются хлопчатобумажный комбинат "Шуйские ситцы", ОАО "Полет" Ивановский парашютный завод, "ТДЛ Текстиль", "Яковлевская льняная мануфактура".

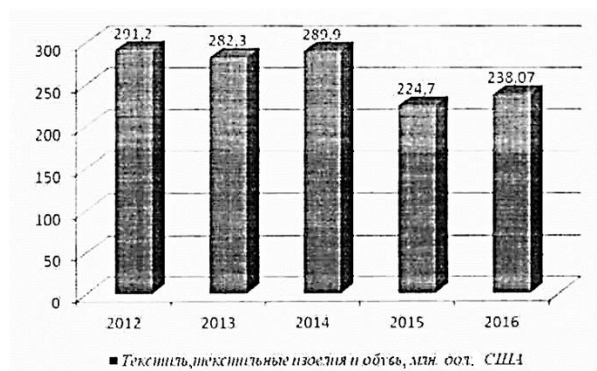


Рис. 1

Стоимостной объем произведенной продукции текстильной отрасли в 2016 г. (рис. 1 – динамика импорта текстиля, текстильных изделий и обуви в Ивановскую область [3]) составил 49978,4 млн. руб. (743,7 млн. дол. США), объем импорта данных товаров составил 238,1 млн. дол. США. Таким образом, импорт текстиля и текстильных изделий составляет третью часть рынка текстиля Ивановской области.

Объем импорта текстильной продукции значительно сократился с 2012 г. В 2016 г. он составил 238,1 млн. дол., снизившись по сравнению с 2012 г. на 18,2%. Наибольшее снижение пришлось на 2015 г., что обусловлено политическими и экономическими факторами.

Основными партнерами-импортерами Ивановской области являются Узбекистан и Китай, их доля составляет 60,2 и 12,8% соответственно. Увеличился импорт из Туркмении (78,9%), Индии (52,1%) и Индонезии (29,4%). Сокращение импортных поставок наблюдается из Азербайджана (9,3%), Киргизии (15,2%) и Белоруссии (8,8%).

Если провести аналогию с 2016 г., то за пять месяцев (январь-май) 2017 г. объем экспорта текстиля из Ивановской области составил 39% общего объема поставок региона за рубеж. Объем экспорта за пять месяцев 2017 г. составил 63,7 млн. дол., увеличившись более чем на 29% по сравнению с аналогичным периодом 2016 г. Объем импорта за пять месяцев 2017 г. составил 196,4 млн. дол., что на 20,3% выше, чем в январе-мае 2016 г. (рис. 2 – объем экспорта и импорта за пять месяцев 2017 г. по Ивановской области) [4].

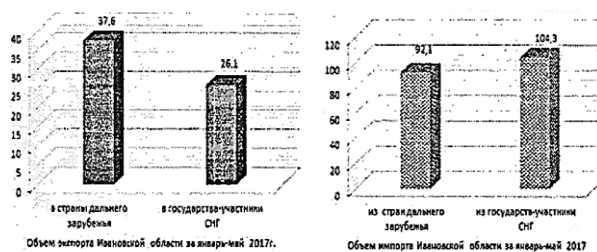


Рис. 2

Положительная динамика промышленного производства Ивановского региона обусловлена открытием нового предприятия ООО "Стеллини.ру" (Stellini.RU), которое входит в состав Итальянской текстильной группы компаний по производству трикотажных и жаккардовых полотен для матрасов и мебели. В регионе планируется открытие швейной фабрики по пошиву спецодежды для работников нефте- и газодобывающей и перерабатывающей отраслей ООО "Текстиль-М", а также создание пилотного проекта по созданию льняного кластера на XII Междуна-

родном промышленно-экономическом формате "Золотое кольцо".

Эффективное управление внешнеторговым потенциалом основывается на его качественной и количественной оценке, результаты которой способствуют своевременному принятию решений по развитию экономики региона.

Автором проведена оценка внешнеторгового потенциала Ивановской области за 2010-2016 гг. с помощью ряда аналитических показателей [2]: коэффициента Балассы, коэффициента Грубела-Ллойда, коэффициента технологичности экспорта и коэффициентов территориальной специализации экспорта и импорта. Из данных оценки внешнеэкономической деятельности Ивановской области следует, что показатели, оценивающие товарную структуру внешнеторгового оборота региона, имеют разнонаправленную динамику, а именно: коэффициент Балассы стремится к единице на протяжении всего периода исследования, и на фоне значительного снижения стоимости экспорта и импорта в 2016 г. имеет значение 0,51, что составляет половину нормированного уровня данного показателя. Коэффициент Грубела-Ллойда позволяет оценить внутриотраслевую торговлю и находится в пределах допустимых значений, и если в 2011 г. он достигал значения 0,28, то уже к 2016 г. составил 0,49. Динамика коэффициента территориальной специализации экспорта Ивановской области в 2010 - 2016 гг. позволяет сделать вывод о преобладании экспорта в страны дальнего зарубежья до 2012 г. В настоящее время преобладают экспортные поставки в государства СНГ. В 2016 г. соотношение экспорта составило: в страны СНГ – 0,56 против 0,44 в страны дальнего зарубежья.

По данным проведенного исследования можно заключить, что промышленный сектор Ивановской области представляет пример адаптации большинства регионов России к условиям рыночной экономики. В пользу сохранения и развития текстильного профиля Ивановской области говорят следующие преимущества: территориальная близость Ивановской области к европейским рынкам и возможность быстро реагировать

на изменения конъюнктуры потребительских предпочтений; традиционная культура изготовления текстиля и одежды европейского типа, дающая существенные преимущества перед продукцией стран Азии и Африки на рынках европейских стран; высокая квалификация кадрового потенциала легкой промышленности, способствующая быстрому освоению передовых технологий и методов управления; благоприятная конъюнктура на рынках материальных факторов производства: цены на энергоресурсы, практически неограниченные водные ресурсы, близость химических предприятий, компаний, осуществляющих поставку и обслуживание технологического оборудования; наличие важных элементов инфраструктуры, необходимых для активного функционирования отрасли: таких, как дорожная сеть, кадровое ядро, сопряженные производства, НИОКР и другие; устоявшийся веками имидж региона – как текстильного центра российского значения [1].

Таким образом, исторические и экономические аспекты за то, чтобы развивать в Ивановской области текстильную составляющую, главным образом опираясь на собственные силы и концентрируясь на таких направлениях, как реконструкция, техническое перевооружение и технологическая модернизация; восстановление собственных оборотных средств; научно-техническое и кадровое обеспечение: государственная поддержка текстильной и легкой промышленности.

Проблема повышения экспортного потенциала Ивановской области на современном этапе означает повышение конкурентоспособности региона до уровня востребованности основной массы производимого регионального продукта на мировых рынках, верифицируемого возможностью реализации выборочных товарных позиций, сходных по своим параметрам с товарными позициями, реализуемыми на внутренних рынках.

К основным направлениям активизации экономики Ивановского региона и роста внешнеэкономического потенциала на основе повышения конкурентоспособности производимой продукции можно отнести следующие из них.

1. Диверсификацию экспорта, которая включает в себя: диверсификацию экспортного ассортимента за счет расширения номенклатуры выпускаемой продукции, изменения производственных программ в пользу наиболее востребованных на мировом рынке товаров, увеличения поставок наиболее востребованной продукции в рамках внешнеторговых отношений с зарубежными фирмами; географическая диверсификация экспорта, предполагающая восстановление и развитие производственной и научно-технической кооперации на пространстве СНГ, укрепление ЕврАзЭС, формирование в его рамках Таможенного союза и единого экономического пространства; становление новых кластеров конкурентоспособных производств, концентрирующихся на завершающих стадиях технологического цикла и обеспечивающих высокую динамику инновационной деятельности.

2. Формирование организационно-административного стереотипа и обеспечение государственной поддержки, побуждающих производителей текстиля к использованию качественного сырьевого обеспечения, к обновлению производственных мощностей и использованию наработок научных организаций в сфере производимой продукции.

3. Организацию административной помощи в выстраивании логистики транспортировки и хранения текстильной продукции.

4. Инвестиционные проекты по организации производства продукции с высокой добавленной стоимостью.

5. Комплекс государственных инструментов финансовой и нефинансовой поддержки несырьевого экспорта, в том числе специальные программы кредитования экспорта и формирования экспортной инфраструктуры.

6. Участие в международных выставках.

7. Организацию подготовки кадров и повышение их квалификации в сфере внешнеэкономических связей и международных отношений. Обучение предпринимателей работе с зарубежными партнерами.

8. Определение региональными властями области приоритетных направлений и разработка программ развития международных

связей и внешнеэкономической деятельности Ивановской области.

9. Участие в работе по привлечению иностранных инвестиций в экономику области и содействие развитию деятельности совместных предприятий, анализ внешнеэкономической деятельности, экспортного потенциала области путем создания аналитическо-информационной службы в структуре правительства Ивановской области.

ВЫВОДЫ

Предложенные направления региональной политики в части управления внешнеторговым потенциалом Ивановской области помогут сформировать необходимые возможности модернизации внешнеэкономического развития, что положительно отразится на повышении конкурентоспособности экономики Ивановской области в целом и будет способствовать повышению ее внешнеторгового потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамова Е.А.* Особенности антикризисного развития предприятий текстильного промышленного комплекса Ивановского региона // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2015, №3. С. 167...170.

2. *Абрамова Е.А., Беляева Т.Н., Рычихина Н.С.* Внешнеторговый потенциал текстильного края: оценка, новые возможности развития // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2017, №5.

3. Официальный сайт Единый портал внешнеэкономической информации Российской Федерации [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://wxvw.ved.gov.ru>. (Дата обращения 25.10.2017)

4. Текстиль остается главной статьей экспорта Ивановской области службы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://vch.ru/event/view.html?alias=tekstilostaetsyaglavnoi statei eksporta ivanovskoi oblasti> (Дата обращения 25.10.2017)

5. Текстиль на экспорт [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.rk37.ru/news/2017/07/19/tekstil na eksport> (Дата обращения 20.10.2017)

REFERENCES

1. *Abramova E.A.* Osobennosti antikrizisnogo razvitiya predpriyatij tekstil'nogo promyshlennogo kompleksa Ivanovskogo regiona // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2015, №3. S. 167...170.

2. Abramova E.A., Belyaeva T.N., Rychikhina N.S. Vneshnetorgovyy potentsial tekstil'nogo kraya: otsenka, novye vozmozhnosti razvitiya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №5.

3. Ofitsial'nyy sayt Edinyy portal vneshne-ekonomicheskoy informatsii Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: <http://www.ved.gov.ru>. (Data obrashcheniya 25.10.2017)

4. Tekstil' ostaetsya glavnoy stat'ey eksporta Ivanovskoy oblasti sluzhby [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: http://vch.ru/event/view.html?alias=tekstil_ostaetsya

etsya glavnoi statei eksporta ivanovskoi oblasti (Data obrashcheniya 25.10.2017)

5. Tekstil' na eksport [Elektronnyy resurs] - Rezhim dostupa: http://www.rk37.ru/news/2017/07/19/tekstil_na_eksport (Data obrashcheniya 20.10.2017)

Рекомендована кафедрой управления и экономико-математического моделирования. Поступила 29.05.18.

УДК 658.562 [316/334/22+331/108] (07)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

IMPROVING THE MANAGEMENT OF HUMAN PROCESSES IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE ORGANIZATION

Т.П. МОЖАЕВА

T.P. MOZHAEVA

(Брянский государственный технический университет)

(Bryansk State Technical University)

E-mail: goa-bgtu@mail.ru

В статье рассматриваются основы совершенствования управления кадровыми процессами в системе менеджмента качества (СМК) организации. Определена двойственная природа человеческих ресурсов. Представлена процессная модель управления человеческими ресурсами с учетом гармонизации персональных и организационных ценностей работника и работодателя. Предложен интегральный показатель результативности кадровых процессов – качество труда. Обоснована необходимость применения риск-ориентированного мышления к управлению кадровыми процессами. Аргументирована целесообразность применения данного подхода для повышения качества труда и удовлетворенности персонала своим положением в организации.

The article discusses the foundation improve management personnel processes in the quality management system (QMS) of the organization. Defined the dual nature of human resources (both resource, and internal consumer reward of the system). Presents a process model of human resource management of the organization with consideration of harmonization of personal and organizational values the employee and the employer. The proposed integrated indicator of the effectiveness of HR processes – the quality of work. The necessity to use risk-based thinking to the management of human processes. It justifies expediency of application of this approach to improving the quality of labor and satisfaction with their position in the organization.

Ключевые слова: система менеджмента качества, двойственная природа человеческих ресурсов, процессная модель управления человеческими ресурсами, гармонизации персональных и организационных ценностей, кадровые риски, качество труда.

Keywords: quality management system; the dual nature of human resources, process model of the management human resources, harmonization of personal and organizational values, personnel risks, the quality of work.

Обеспечение эффективности деятельности организации в условиях жесткой конкуренции среди товаропроизводителей вызывает необходимость у менеджеров поиска инструментов, позволяющих решить данную задачу. Перспективной для ее решения является разработка и внедрение в общую систему управления организацией системы менеджмента качества (СМК). В соответствии с новой версией стандартов ISO 9000:2015 организации, внедрившие и развивающие свою СМК, должны определять, оценивать и улучшать процессы, необходимые для ее эффективного функционирования, в том числе и кадровые процессы. При этом человеческим ресурсам отводится особое, по сравнению с остальными ресурсами организации, значение – приоритетное.

Анализ научной литературы в данной предметной области позволил сделать выводы, что для кадровых процессов характерно, в частности [1...6]:

- отсутствие в научном сообществе однозначного понимания природы человеческих ресурсов (персонал рассматривается как ресурс, ценный актив, товар), что усложняет деятельность по структурированию и описанию кадровых процессов;

- подмена сущности процессного функциональным подходом к разработке и управлению кадровой деятельностью, что приводит к неоднозначности в определении объекта, уровня, результатов и т. п. данной управленческой деятельности;

- отсутствие формализованных моделей гармонизации взаимных персональных и организационных требований и мониторинга степени их реализации;

- развитие кадрового риск-менеджмента в основном в контексте устранения угроз, исходящих от деятельности персонала, что

не позволяет организации максимально использовать возникающие возможности, создаваемые человеческими ресурсами;

- отсутствие формализованных моделей управления кадровыми рисками и возможностями, что снижает надежность получаемых результатов исследования;

- выражение показателей результативности и эффективности кадровых процессов через формальные характеристики человеческих ресурсов и отсутствие взаимосвязи их с качеством труда и производимой продукцией.

Для устранения выявленных недостатков в кадровом менеджменте необходимо прежде всего идентифицировать человеческие ресурсы организации в контексте процессно-ориентированного подхода, а также скорректировать модель кадровых процессов в СМК, для чего следует определить их параметры (поставщики и потребители, показатели результативности и эффективности и т.п.).

На основе концепции управления человеческими ресурсами в кадровом менеджменте определяют область деятельности, связанную с управлением людьми для достижения стратегических целей организации, и виды деятельности в установленных границах – функции, априорно принимая единый объект управления (ресурс, товар, актив и т.п. [1], [2]). Однако практика показывает, что если рассматривать управление человеческими ресурсами с позиций процессного подхода, обладающего большей детализацией параметров кадровой деятельности, то становится очевидным, что объект управления (как и сами кадровые процессы) неоднороден. Объединенные в одну функциональную структуру, процессы имеют различных поставщиков и потребите-

лей. Если для большинства кадровых процессов потребителем является организация, а поставщиком – персонал, то для мотивационных процессов, наоборот – потребителем является персонал, а поставщиком – организация.

В связи с этим представляется целесообразным определить природу человеческих ресурсов как двойственную, где персонал рассматривается, с одной стороны, как важнейший, специфический ресурс, определяющий конкурентоспособность организации, а, с другой стороны, как внутренний потребитель системы вознаграждения (заработная плата и льготы, карьерный рост, программы обучения, значимость работы и т.п.), предлагаемой работникам за качественный труд [3]. При этом объект управления кадровых процессов также двойственен: специфический ресурс, которым необходимо управлять, как любым другим ресурсом организации, и система вознаграждения, которую предприятие может предложить работнику как внутреннему потребителю. Таким образом, управление чело-

веческими ресурсами организации с учетом их двойственной природы позволит обеспечить корректную разработку кадровых процессов в СМК.

Процессная модель "Управление человеческими ресурсами" предусматривает четкую декомпозицию кадровой подсистемы СМК на интегрированные процессы, в частности (рис. 1): "Управление кадровыми ресурсами", потребителем которых является организация; "Управление мотивационной системой", потребителем которых является персонал; "Гармонизация персональных и организационных требований", позволяющих осуществлять управление балансом интересов работника и организации; "Кадровое обеспечение качества труда", позволяющих увязать показатели результативности, свидетельствующие об удовлетворении организации ресурсом и выраженные в компетентности персонала, с обеспечением уровня качества и производительности труда и удовлетворением персонала системой вознаграждения, предлагаемой организацией.

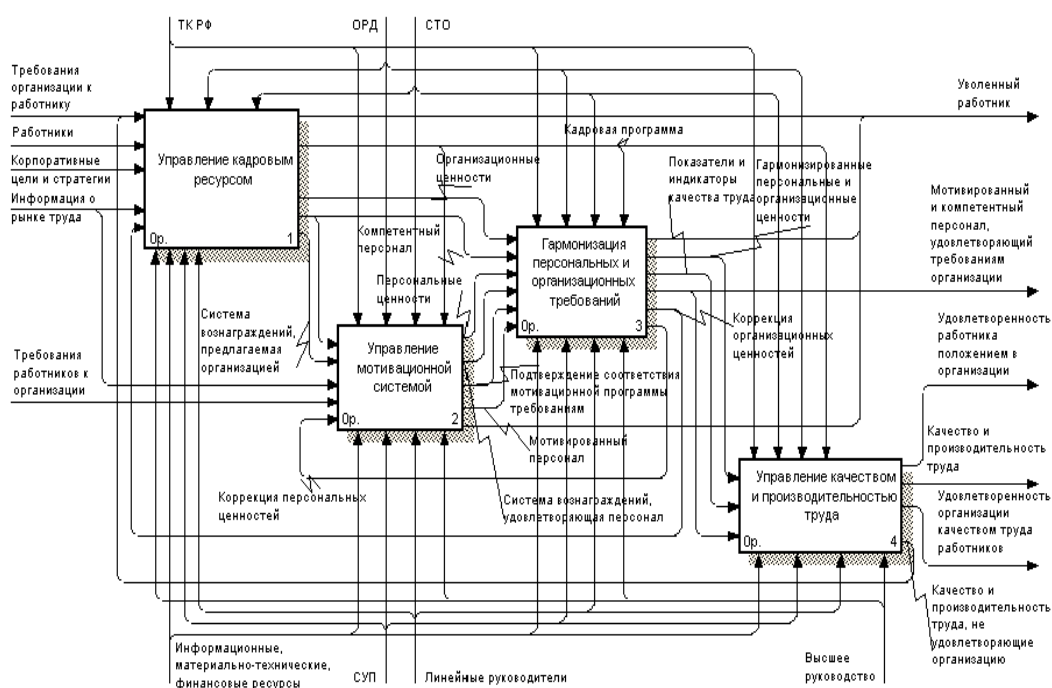


Рис. 1

Предлагаемая модель управления человеческими ресурсами предусматривает деятельность по гармонизации организацион-

ных и персональных ценностей работников и работодателей, исходя из допущения, что обеспечение результативности процессов

СМК возможно, как представляется, при наличии баланса взаимных интересов персонала и организации.

Методика такой гармонизации предусматривает реализацию мероприятий, представленных на рис. 2 (алгоритм гармонизации организационных и персональных ценностей) [7]. При этом важным является определение тесноты связи между доминирующими организационными и персональными ценностями на основе коэффициентов корреляции, при статистической значимости которых организационные и персональные ценности рассматриваются как гармонизированные.

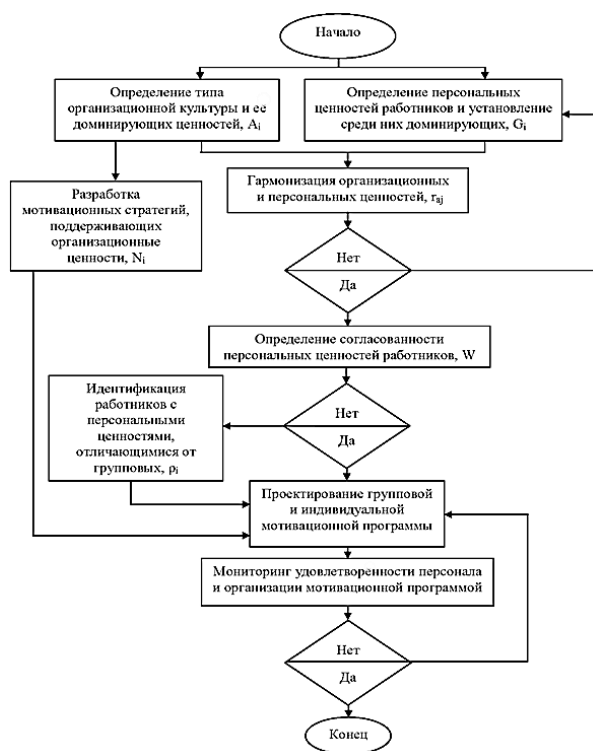


Рис. 2

Управление процессами СМК, в том числе и кадровыми процессами, в контексте стандартов ISO 9001 : 2015 подразумевает применение к ним риск-ориентированного подхода, позволяющего определять факторы, которые могут привести к отклонению от запланированных результатов, а также использовать предупреждающие действия управления для минимизации негативных последствий и максимального использования возникающих возможностей. При этом следует иметь в виду, что человеческие ресур-

сы обладают самой высокой степенью неопределенности по сравнению с другими ресурсами организации, так как только персонал способен влиять на управляющие воздействия, изменяя их [2], [3], что вызывает необходимость применения инструментов управления кадровыми рисками с учетом их специфики.

Перспективным, с точки зрения выявления как рисков, так и возможностей, создаваемых кадровыми процессами, является метод SWOT-анализа, адаптированный к использованию в кадровом менеджменте. В данном инструменте уже изначально заложен подход учета рисков и возможностей влияния факторов внутренней и внешней среды на развитие организации, что позволяет, как представляется, использовать SWOT-анализ как вполне самостоятельную модель анализа, оценки и выбора стратегии управления рисками и возможностями функционирования процессов СМК организации. Методика оценивания кадровых рисков на основе SWOT-анализа представлена на рис. 3 (алгоритм оценивания кадровых рисков на основе SWOT-анализа) [8].

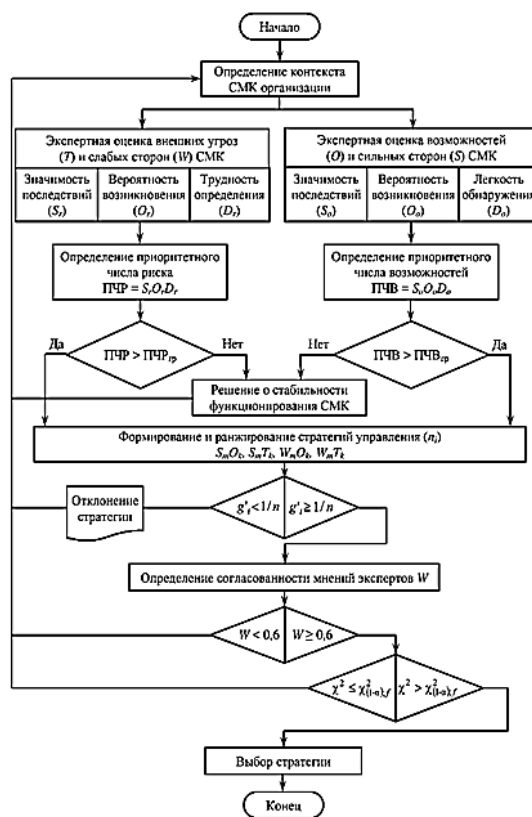


Рис. 3

В контексте предлагаемого подхода показатели результативности кадровых процессов должны быть ориентированы на интеграцию достижения интересов работодателя и работника. В связи с этим показателем результативности кадровых процессов целесообразно рассматривать интегральный показатель – качество труда.

В рамках кадрового процесса выстраивается достаточно разветвленная система показателей качества труда, управление которыми возможно на основе метода анализа иерархий [9]. Метод позволяет установить иерархии целей, факторов и альтернатив повышения качества труда, а также определить приоритеты элементов каждого уровня в иерархии.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый подход по совершенствованию управления кадровыми процессами СМК, базирующейся на двойственной природе человеческих ресурсов и интегрированности кадровых процессов, позволит не только гармонизировать интересы работников и работодателя, статистически обосновать кадровые риски, но и обеспечить качество труда персонала и выпускаемой им продукции, что будет способствовать повышению уровня конкурентоспособности предприятия в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами / Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2012.
2. Storey J. Human resource management: a critical text. London: Routledge Revivals. – 2010.
3. Можяева Т.П. Концепция управления человеческими ресурсами в системе менеджмента качества организации // Качество. Инновации. Образование. – 2014, № 7 (110). С. 52...61.

4. Горленко О.А., Манкевич И.Г. Процессный подход к менеджменту качества / Под ред. О.А. Горленко. – Брянск: БГТУ, 2008.

5. Слободской А.П. Риски в управлении персоналом. – СПб.: СПбГУЭФ, 2011.

6. Качалов В.А. "Риски" и "возможности" в стандарте ISO 9000:2015: порознь или вместе? // Методы менеджмента качества. – 2016. №7. С. 24...26.

7. Можяева Т.П. Разработка процессов гармонизации ценностей в СМК предприятия // Качество и жизнь. – 2017, № 2(14). С. 79...83.

8. Можяева Т.П. Статистическое обоснование SWOT-анализа кадровых процессов в системе менеджмента качества организации // Вестник Брянского гос. техн. ун-та. – 2016, № 5(53). С. 247...253.

9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993.

REFERENCES

1. Armstrong M. Praktika upravleniya chelovecheskimi resursami / Per. s angl. – SPb.: Piter, 2012.
2. Storey J. Human resource management: a critical text. London: Routledge Revivals. – 2010.
3. Mozhaeva T.P. Kontseptsiya upravleniya chelovecheskimi resursami v sisteme menedzhmenta kachestva organizatsii // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. – 2014, № 7 (110). S. 52...61.
4. Gorlenko O.A., Mankevich I.G. Protsessnyy podkhod k menedzhmentu kachestva / Pod red. O.A. Gorlenko. – Bryansk: BGTU, 2008.
5. Slobodskoy A.P. Riski v upravlenii personalom. – SPb.: SPbGUEF, 2011.
6. Kachalov V.A. "Riski" i "vozmozhnosti" v standarte ISO 9000:2015: porozn' ili vmeste? // Metody menedzhmenta kachestva. – 2016. №7. S. 24...26.
7. Mozhaeva T.P. Razrabotka protsessov harmonizatsii tsennostey v SMK predpriyatiya // Kachestvo i zhizn'. – 2017, № 2(14). S. 79...83.
8. Mozhaeva T.P. Statisticheskoe obosnovanie SWOT-analiza kadrovyykh protsessov v sisteme menedzhmenta kachestva organizatsii // Vestnik Bryanskogo gos. tekhn. un-ta. – 2016, № 5(53). S. 247...253.
9. Saati T. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy / Per. s angl. R.G. Vachnadze. – M.: Radio i svyaz', 1993.

Рекомендована кафедрой экономики и менеджмента. Поступила 28.05.18.

**УПРАВЛЕНИЕ ДОХОДНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ
КЛАСТЕРООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**INCOME POTENTIAL MANAGEMENT
OF THE CLUSTER-FORMING ENTERPRISES
OF IVANOV REGION**

А.И. УТКИН, С.Н. СПЕРАНСКИЙ

A.I. UTKIN, S.N. SPERANSKY

(Ивановский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова)

(Ivanovo branch of Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov)

E-mail: lexcosterwaldau@mail.ru

Для снижения риска банкротства кластерообразующих предприятий Ивановской области необходима разработка политики управления доходным потенциалом данных организаций. В статье рассмотрена проблема однозначной идентификации кластерообразующих предприятий. В результате сравнительного анализа, проведенного по установленным параметрам идентификации, к категории кластерообразующих отнесены пять наиболее эффективных текстильных и швейных предприятий региона. Представлена конфликтная модель проблемных ситуаций доходного потенциала кластерообразующих предприятий, вызываемых влиянием негативных факторов инвестирования. С использованием метода составления функционально-логической матрицы сформулированы основные направления воздействия на доходный потенциал выявленных кластерообразующих предприятий.

To reduce the risk of bankruptcy of the cluster-forming enterprises of Ivanovo region, it is necessary to develop a policy for income potential management of these organizations. The article raises the problem of certain identification of the cluster-forming enterprises. As a result of the comparative analysis carried out according to the established parameters of identification, the five most effective textile and garment enterprises of the region are classified as cluster-forming. The conflict model of the income potential problems of the cluster-forming enterprises caused by the influence of negative investment factors is presented. The main directions of influence on the income potential of the identified cluster-forming enterprises are formulated using the functional-logical matrix.

Ключевые слова: Ивановская область, текстильная и швейная промышленность, кластерообразующие предприятия, доходный потенциал предприятий, доходы регионального бюджета, бюджетный процесс, факторы инвестирования, конфликтная модель.

Keywords: Ivanovo region, textile and garment industry, cluster-forming enterprises, income potential of the enterprises, incomes of the regional budget, budget process, investment factors, conflict model.

Наблюдаемый в настоящее время упадок текстильной и швейной промышленности Ивановской области, характеризующийся низкой капитализацией и постепенной ликвидацией предприятий, выступает одной из главных причин неустойчивости регионального бюджета и существования спектра рисков невыполнения запланированных показателей доходов. В связи с отсутствием большого количества высокоэффективных организаций текстильно-промышленный кластер опирается на функционирование наиболее крупных и жизнеспособных предприятий, являющихся по отношению к региону кластерообразующими и вносящих наибольший вклад в формирование доходной части областного бюджета. Для профилактики негативных тенденций, ведущих к банкротству организаций и несостоятельности бюджета, необходима разработка политики управления доходным потенциалом кластерообразующих предприятий, возможная лишь при их однозначной идентификации.

Согласно некоторым положениям, изложенным в исследованиях [1...6], принад-

лежность к кластерообразующим предприятиям определяется возможностями самостоятельного формирования и "навязывания" рыночных тенденций для воздействия на источники доходов региональных бюджетов, что в современных условиях нельзя считать приемлемым. Зарубежные экономисты в этом вопросе наибольшее внимание уделяют восприимчивости к изменениям фискальной политики государства и способности переносить наметившиеся тенденции в производственную среду других организаций [7...9].

При проведении сравнительного анализа одиннадцати наиболее эффективных текстильных и швейных организаций Ивановской области в целях идентификации кластерообразующих предприятий использовали четыре основных параметра, охватывающих область соприкосновения деятельности данных компаний и бюджетного процесса (табл. 1 – рейтинг типовых текстильных и швейных предприятий Ивановской области по уровню конкурентоспособности (декабрь 2017 г.) [10]).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Название предприятия	Параметры идентификации кластерообразующих предприятий				Оценка лидерства в отрасли
		способность влиять на направления и перспективы развития отрасли	возможность централизации финансовых источников	способность влиять на уровень результативности отрасли	способность внедрять инновации в отрасль	
1	ООО "Космо-Текс"	+	-	+	-	удовл.
2	ОАО ХБК "Шуйские ситцы"	+	+	+	+	отл.
3	ООО "ТДЛ Текстиль"	-	-	+	-	неуд.
4	АО "Полет" Ивановский парашютный завод	+	+	+	+	отл.
5	ЗАО "Ивановоискож"	+	+	+	+	отл.
6	ПАО Швейная фирма "Айвенго"	+	+	+	+	отл.
7	ООО "Ивановская текстильная компания"	+	+	-	-	удовл.
8	ООО Текстильная компания "Русский Дом"	+	-	-	-	неуд.
9	ООО "Тейковская швейная фабрика"	+	+	+	+	отл.
10	ООО "Текстиль-Торг"	+	-	-	-	неуд.
11	ООО "Меркурий"	+	-	-	-	неуд.

П р и м е ч а н и е. Сравнительный анализ проведен по данным интервью экспертов Общественной палаты Ивановской области за ноябрь-декабрь 2017 г. [11].

Применение метода экспертных оценок позволило отнести к кластерообразующим предприятиям Ивановской области следующие организации: ОАО ХБК "Шуйские ситцы", АО "Полет" Ивановский парашютный завод, ЗАО "Ивановоискож", ПАО Швейная фирма "Айвенго", ООО "Тейковская швейная фабрика". По мнению экспертов [11], все пять предприятий полностью соответствуют указанным в таблице параметрам идентификации и являются наиболее жизнеспособными в условиях неэффективности остальных фирм. Следует отметить, что их продукция уже давно зарекомендовала себя на рынке, пользуясь значительным спросом.

Дестабилизирующее воздействие на финансовое состояние предприятий, способное привести к риску банкротства, оказывают два негативных фактора инвестирования [12...13]:

- недостаток трансформирующихся в инвестиции сбережений (ведет к истощению финансовых ресурсов предприятий и уменьшению объема реализуемой продукции при недостаточном уровне удовлетворения инвестиционных потребностей);

- высокая концентрация структурных преобразований (ведет к резкому сокращению числа действующих предприятий, негативным последствием рыночной конкуренции и возникновению режима неустойчивого регионального развития).

Несмотря на отрицательные последствия влияния негативных факторов, за последние три года финансовая деятельность пяти отобранных предприятий отличалась достижением наивысших показателей финансовых результатов и высоких темпов аккумуляции финансовых ресурсов. По этой причине выполнение данными организациями роли кластерообразующих предприятий позволит им перенести тенденции накопления ресурсов в экономику региона, что обеспечит достижение необходимого компромисса между развитием доходного потенциала компаний и формированием доходной части регионального бюджета.

На основании вышеизложенного модель проблемных ситуаций доходного потенциала кластерообразующих предприятий может быть построена в парадигме кон-

фликтно-компромиссного подхода, позволяющего раскрыть специфику противоречий и их решений при взаимодействии негативных факторов инвестирования и составляющих бюджетного процесса [14...15]. В данном случае использование конфликтно-компромиссного подхода, предназначенного для выявления управленческих дисфункций в экономических системах, предполагает обнаружение конфликтных (пограничных) зон, при достижении которых процесс взаимодействия негативных факторов и доходного потенциала предприятий осуществляет переход от фазы компромисса (адаптивной эффективности) к фазе конфликта (дисфункции), сопровождающейся возникновением проблем, и наоборот. Модель сохраняет состояние равновесия до момента наступления первой конфликтной зоны, а затем обретает синусоидную форму. При этом минимальная точка фазы спада (конфликта) отражает наибольший риск банкротства кластерообразующих предприятий и неэффективность исполнения доходной части регионального бюджета, а максимальная точка фазы подъема (компромисса) – необходимое согласие между развитием доходного потенциала компаний и исполнением бюджетных доходов (возможности сочетания финансовой устойчивости организаций и профицита регионального бюджета). Следует отметить, что проблемы укрепления доходного потенциала предприятий и доходной части бюджета, возникающие под влиянием негативных факторов инвестирования, проявляются как в фазах конфликта, так и в фазах компромисса, вызывая непредсказуемые последствия. В связи с этим данную модель правомерно в целом считать конфликтной и не имеющей окончательного завершения.

В конфликтных зонах часто образуются не сами проблемы обеспечения кластерообразующих предприятий и регионального бюджета доходами, а наиболее вероятные предпосылки (тенденции) их возникновения, что определяет необходимость принятия региональным правительством управленческих решений по нивелированию негативных факторов инвестирования еще на стадии зарождения проблем [16], [17]. Сценарное

прогнозирование позволяет предугадывать позиционирование предпосылок возникновения проблем в конфликтных зонах относительно фаз конфликта и компромисса в бесконечном диапазоне. Для отображения взаимосвязи негативных факторов инвестирования и данных предпосылок использован авторский метод [12], основанный на прое-

цировании векторов экономического воздействия факторов в плоскость текущего состояния конфликтных зон бюджетного процесса (рис. 1 – конфликтная модель проблемных ситуаций доходного потенциала кластерообразующих предприятий Ивановской области).

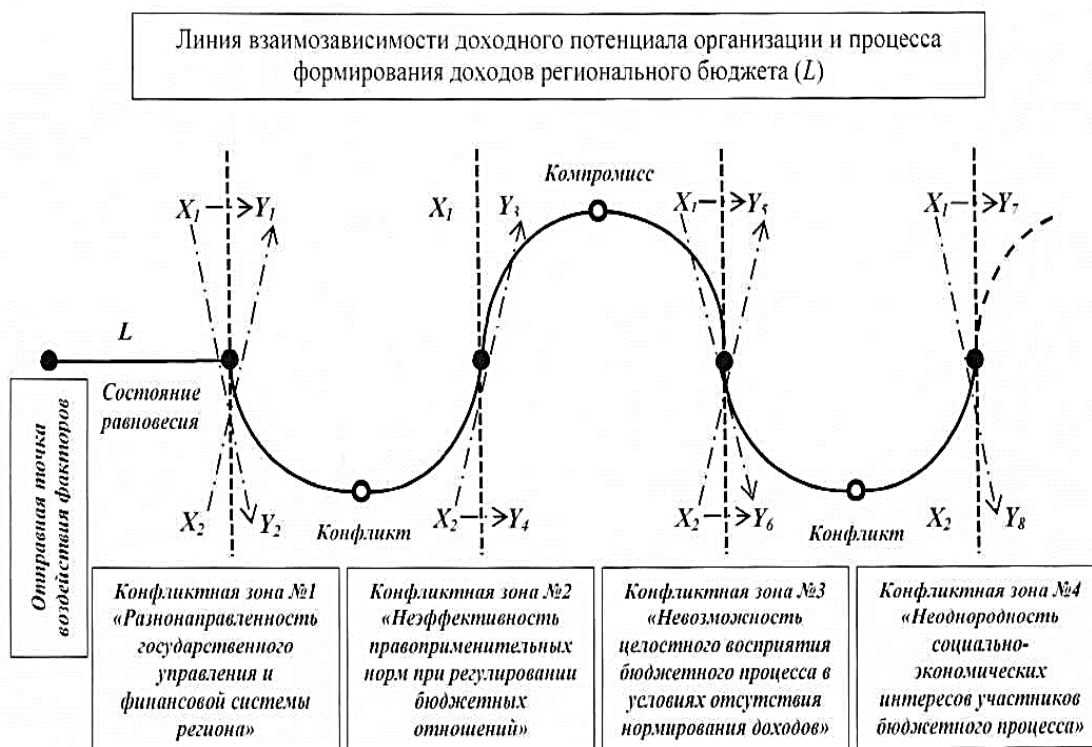


Рис. 1

Под влиянием негативных факторов (недостатка трансформирующихся в инвестиции сбережений (X_1) и высокой концентрации структурных преобразований (X_2)) в конфликтной зоне №1 возникают предпосылки проблем наращивания предприятиями долговых обязательств (Y_1) и отсутствия бюджетных средств для решения местных вопросов (Y_2). В процессе формирования предпосылок одновременно участвуют оба фактора, что определяет в дальнейшем нарушение равновесия модели и появление конфликта. Аналогично конфликт возникает после наступления конфликтной зоны №3, когда одновременное влия-

ние X_1 и X_2 приводит к образованию предпосылок проблем отсутствия резервов для покрытия расходов (Y_5) и сокращения объемов кредитования предприятий (Y_6). В свою очередь, в конфликтных зонах №2 и №4 возникают предпосылки проблем уклонения от уплаты налога на прибыль (Y_3), роста задолженности по арендным платежам (Y_4), невозможности мобилизации предприятиями внутренних резервов (Y_7) и отсутствия инвестиций в основной капитал (Y_8) обусловлено влиянием лишь одного из факторов, в результате чего конфликта удается избежать и образуется фаза подъема (компромисса).

Группа предприятий	Направление воздействия на доходный потенциал предприятий	Конфликтные зоны №1 и №3 (фаза конфликта)		Конфликтные зоны №2 и №4 (фаза компромисса)	
		возможность недопущения корреляции факторов X_1 и X_2	условие снижения влияния факторов X_1 и X_2 (нивелирования предпосылок проблем)	возможность недопущения корреляции факторов X_1 и X_2	условие снижения влияния факторов X_1 и X_2 (нивелирования предпосылок проблем)
АО "Полет" Ивановский парашютный завод, ОАО ХБК "Шуйские ситцы", ПАО Швейная фирма "Айвенго"	<i>Рационализация производственного процесса при привлечении дополнительных финансовых ресурсов</i>	Повышение гибкости нормирования расходов финансовых ресурсов при формировании себестоимости реализуемой продукции	Проведение региональной антикризисной политики для улучшения финансового состояния предприятий	Обеспечение надежности существующих и внедряемых производственных технологий	Снижение напряженности внутренней и внешней среды функционирования предприятий
ЗАО "Ивановоискож", ПАО Швейная фирма "Айвенго", ООО "Тейковская швейная фабрика"	<i>Совершенствование системы качества и технического перевооружения при выполнении инвестиционных стратегий</i>	Внедрение доходных технологических режимов при увеличении сменности работы оборудования	Повышение эффективности использования материально-технических факторов роста производства	Повышение темпов инновационной и деловой активности предприятий	Стимулирование краткосрочного финансового обеспечения процесса реализации перспективных ассортиментных групп
ОАО ХБК "Шуйские ситцы", ООО "Тейковская швейная фабрика"	<i>Создание благоприятных условий для формирования стратегического потенциала</i>	Организация системы развития кадрового потенциала отрасли	Повышение уровня организационной культуры и доступности функциональных компонентов кластерного производства	Выпуск продукции с новыми (неповторимыми) свойствами	Совершенствование ассортиментной стратегии в условиях развития высокоэффективных сегментов отрасли

Таким образом, ключевыми элементами политики управления доходным потенциалом кластерообразующих предприятий должны стать направления, в рамках которых могут быть найдены возможности недопущения корреляции негативных факторов инвестирования в конфликтных зонах и достигнуты условия нивелирования предпосылок проблемных ситуаций (табл. 2 – функционально-логическая матрица управления доходным потенциалом кластерообразующих предприятий Ивановской области).

В Ы В О Д Ы

1. Для эффективного управления доходным потенциалом кластерообразующих предприятий важно предотвратить взаимодействие негативных факторов инвестирования

между собой за счет недопущения их парной корреляции в каждой конфликтной зоне, что позволит избежать перехода предпосылок в реально существующие проблемы.

2. Представленные результаты исследования будут иметь практическое значение при составлении региональным правительством отраслевых планов по модернизации текстильно-промышленного кластера и диверсификации номенклатуры текстильной и швейной продукции.

3. В условиях необходимости реорганизации областного производства, предполагающей повышение жизнеспособности менее устойчивых организаций и осуществление перехода к эффективной многопрофильной экономике, функционально-логическая матрица отражает приемлемые для специфики региона векторы развития, связываю-

щие воедино интересы кластерообразующих предприятий и участников бюджетного процесса.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аландаров Р.А. Резервы роста доходной базы бюджетов бюджетной системы Российской Федерации // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014, № 43 (229). С. 27...39.

2. Дробышевская Л.Н., Ермакова Ю.С. Система формирования доходов региональных бюджетов и пути ее дальнейшего совершенствования // Современная научная мысль. – 2015, № 1. С. 95...105.

3. Абдуллин И.Ш., Зинурова Р.П., Мисбахова Ч.А., Шинкевич А.И. О парадигме институционального проектирования модели инновационного развития российской текстильной индустрии // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2014. Т.17, № 18. С.252...256.

4. Шахов А.А. Стратегия развития российских текстильных и швейных предприятий в современных условиях // Российское предпринимательство. – 2008, Т.9, № 10. С. 156...161.

5. Коготов В.В. Критерии идентификации крупных предприятий в национальной экономике // Экономический журнал. – 2011, № 3 (23). С. 90...102.

6. Кудрин А.Л., Гурвич Е.Т. Новая модель роста для российской экономики // Вопросы экономики. – 2014, № 12. С. 4...36. DOI: 10.32609/0042-8736-2014-12-4-36

7. Dirk Dohse. Cluster-Based Technology Policy - The German Experience // Industry and Innovation. – Vol. 14, № 1. February 2007. P. 69...94.

8. Yafeng Hu. Ke Gao. The impact of Fiscal Policies on R&D at the Firm Level // Journal of Finance and Accounting. – Vol. 7, № 1. 2019. P. 17...21. DOI: 10.11648/j.jfa.20190701.13

9. Mohsen Jafari, Arezoo Aghaei Chadegani and Vahid Biglari. Effective Risk Management and Company's Performance: Investment in Innovations and Intellectual Capital using Behavioral and Practical Approach // International Research Journal of Finance and Economics. – Iss. 80. 2011. P.83.

10. Официальный сайт текстильного портала "Текстиль в Иваново" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://textiv.ru/> (дата обращения 30.03.2019).

11. Efremov D.E., Speranskii S.N., Pakhotina I.N. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2003, № 6. С. 43...46.

12. Общественная экспертиза. Официальный сайт Общественной палаты Ивановской области [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.opiv.ru/examination/> (дата обращения 03.04.2019).

13. Уткин А.И., Степанова С.М. Влияние факторов инвестирования на динамику объема инвестиций в основной капитал предприятий Ивановской области в 2010-2016 гг. // Вестник Московского гос. обл. ун-та. Серия: Экономика. – 2017, № 4. С.126...137. DOI: 10.18384/2310-6646-2017-4-126-137

14. Гришианова О.А., Соколова Е.Ю. Инвестиционная составляющая в цене платной образовательной услуги // Изв. вузов. Экономика, финансы и управление производством. – 2012, № 1 (11). С. 46...52.

15. Масюк Н.Н., Бушуева М.А., Васюкова Л.К. Конфликтно-компромиссная методология как организационно-управленческая инновация в стратегическом и финансовом управлении // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. Т.6, № 3 (20). С. 254...258.

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

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

REFERENCES

1. Alandarov R.A. Rezervy rosta dokhodnoy bazy byudzhetrov byudzhetnoy sistemy Rossiyskoy Federatsii // Finansovaya analitika: problemy i resheniya. – 2014, № 43 (229). С. 27...39.

2. Drobyshevskaya L.N., Ermakova Yu.S. Sistema formirovaniya dokhodov regional'nykh byudzhetrov i puti ee dal'neyshego sovershenstvovaniya // Sovremennaya nauchnaya mysl'. – 2015, № 1. С. 95...105.

3. Abdullin I.Sh., Zinurova R.P., Misbakhova Ch.A., Shinkevich A.I. O paradigme institutsional'nogo proektirovaniya modeli innovatsionnogo razvitiya rossiyskoy tekstil'noy industrii // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2014. T.17, № 18. S. 252...256.

4. Shakhov A.A. Strategiya razvitiya rossiyskikh tekstil'nykh i shveynykh predpriyatiy v sovremennykh usloviyakh // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. – 2008, Т.9, № 10. S. 156...161.

5. Kogotov V.V. Kriterii identifikatsii krupnykh predpriyatiy v natsional'noy ekonomike // Ekonomicheskiy zhurnal. – 2011, № 3 (23). S. 90...102.

6. Kudrin A.L., Gurchich E.T. Novaya model' rosta dlya rossiyskoy ekonomiki // Voprosy ekonomiki. – 2014, № 12. S. 4...36. DOI: 10.32609/0042-8736-2014-12-4-36

7. Dirk Dohse. Cluster-Based Technology Policy - The German Experience // Industry and Innovation. – Vol. 14, № 1. February 2007. P. 69...94.

8. Yafeng Hu. Ke Gao. The impact of Fiscal Policies on R&D at the Firm Level // Journal of Finance and Accounting. – Vol. 7, № 1. 2019. P. 17...21. DOI: 10.11648/j.jfa.20190701.13

9. Mohsen Jafari, Arezoo Aghaei Chadegani and Vahid Biglari. Effective Risk Management and Company's Performance: Investment in Innovations and Intellectual Capital using Behavioral and Practical Approach // International Research Journal of Finance and Economics. – Iss. 80. 2011. P.83.

10. Ofitsial'nyy sayt tekstil'nogo portala "Tekstil' v Ivanovo" [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://textiv.ru/> (data obrashcheniya 30.03.2019).

11. Efremov D.E., Speranskii S.N., Pakhotina I.N. Interaction between the warp yarns and the backrest during complex movement // Izv. vuzov. Textile Industry Technology. – 2003, № 6. S. 43...46.

12. Obshchestvennaya ekspertiza. Ofitsial'nyy sayt Obshchestvennoy palaty Ivanovskoy oblasti [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.opiv.ru/examination/> (data obrashcheniya 03.04.2019).

13. Utkin A.I., Stepanova S.M. Vliyanie faktorov investirovaniya na dinamiku ob"ema investitsiy v osnovnoy kapital predpriyatii Ivanovskoy oblasti v 2010-2016 gg. // Vestnik Moskovskogo gos. obl. un-ta. Seriya: Ekonomika. – 2017, № 4. S.126...137. DOI: 10.18384/2310-6646-2017-4-126-137

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

15. Masyuk N.N., Bushueva M.A., Vasyukova L.K. Konfliktno-kompromissnaya metodologiya kak organizatsionno-upravlencheskaya innovatsiya v strategicheskoy i finansovom upravlenii // Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie. – 2017. T.6, № 3 (20). S. 254...258.

16. Efremov D.E., Speranskiy S.N. Geometricheskie kharakteristiki zapravochnoy linii osnovy pri postupatel'nom peremeshchenii skala po kronshteynam // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1997, № 1. S. 42.

17. Kunyaev N.E. Gosudarstvennye mery podderzhki tekstil'noy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, № 2. S. 28...32.

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной информатики. Поступила 25.04.19.

УДК: 677: 347.736(045)

БАНКРОТСТВО ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ – КАК СЛЕДСТВИЕ СТАГНАЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

THE BANKRUPTCY OF INDIVIDUALS AS A RESULT OF THE STAGNATION TEXTILE INDUSTRY

A.N. PLYAKHOVSKAYA, S.E. KOVAN, E.P. KOCHETKOV, O.G. KRYUKOVA

A.N. RYAKHOVSKAYA, S.E. KOVAN, E.P. KOCHETKOV, O.G. KRYUKOVA

**(Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Институт экономики и антикризисного управления)**

**(Finance University under the Government of the Russian Federation,
Institute of Economics and Crisis Management)**

E-mail: rectorat_ieay@mail.ru; sergey.kowan@yandex.ru;
kochetkove@mail.ru; o_kryukova@hotmail.com

В статье рассмотрено состояние текстильной промышленности; влияние банкротства предприятий на социально-экономическое положение населения; основные причины банкротства физических лиц. Приведены результаты исследования практики ведения дел о банкротстве граждан и индивидуальных предпринимателей. Предложен ряд мер по совершенствованию реструктуризации долгов граждан.

The article discussed the condition of textile industry; influence the bankruptcy of textile enterprises to the social and economic status of the people, the main reasons for the bankruptcy of individuals. Authors showed the results of the study the practical of cases of bankruptcy of citizens and individual. A number of measures were proposed to improve the restructuring of citizens' debts.

Ключевые слова: текстильная промышленность, банкротство граждан, причины несостоятельности физических лиц, реструктуризация долгов.

Keywords: textile industry, bankruptcy of citizens, the reasons of insolvency of individuals, debt restructuring.

Формирование института банкротства физических лиц обусловлено закономерностью развития институтов государственного регулирования социально-экономических отношений, важной задачей которого является предоставление должнику возможности выхода из кризиса, стабилизации его финансового состояния.

В российской практике банкротства [1] выявлены отрасли, состояние организаций которых оказывает отрицательное влияние на финансово-экономическое положение граждан ввиду утраты ими рабочих мест и соответственно доходов. Текстильная промышленность является одной из таких отраслей – за последние годы значительное число предприятий данной отрасли было ликвидировано в ходе реализации дел о банкротстве. Следует отметить, что в текстильной промышленности в различные годы наблюдалась значительная концентрация занятых. На данный момент она составляет свыше 100 тысяч человек [2].

Как показал проведенный анализ, основной причиной банкротства российских предприятий различных отраслей является системный кризис российской экономики, основные последствия которого заключаются в снижении финансовой устойчивости большинства субъектов рынка и вынужденного сокращения ими своих работников, а также недобросовестные деяния собственников и менеджеров [3]. С другой стороны, финансово-экономическое состояние функционирующих организаций текстильной промышленности является неудовлетворительным, что существенно повышает риск угрозы их банкротства. Согласно данным Росстата, доля убыточных предприятий в обрабатывающей промышленности, куда входит и текс-

тильная промышленность, возрастает. Так, если в 2017 г. эта величина составляла 25,8%, то в 2018 г. она возросла до 27,4%. Рентабельность деятельности предприятий текстильной промышленности также нестабильна: в период с 2013-2015 гг. рентабельность выросла с 7,1 до 12,5%, затем наблюдалось снижение в 2016 г. до 11%, а за 2017-2018 гг. до 8,7% [4]. Данное снижение является одной из причин роста доли убыточных предприятий [5]. Это обусловлено тем, что продукция текстильной промышленности в России реализуется в незначительных количествах из-за недостаточного спроса на внутреннем рынке, основную часть которого занимает продукция иностранных государств, в первую очередь, Китая. Сегодня отечественные предприятия не готовы конкурировать с иностранными производителями, спрос на продукцию которых существенно выше [6]. Согласно данным Банка России изделия легкой промышленности, в том числе текстильной, в 2018 г. испытывали сильную ценовую конкуренцию с импортными поставками продукции, объемы которой в последнее время в значительной степени увеличиваются. Результаты анализа перспектив развития данной отрасли свидетельствуют о том, что значительная часть предприятий, планирующих сокращение занятости, сосредоточена в легкой промышленности, наряду с пищевой промышленностью и машиностроением. Помимо этого в легкой промышленности планируется лишь незначительное увеличение выпуска продукции при относительно низком росте заработной платы [5].

Таким образом, выявленные факторы представляют большую угрозу для работников

предприятий текстильной промышленности, так как возрастает риск сокращения занятых. В свою очередь это приводит к необходимости граждан, потерявших работу, привлекать кредитные средства для удовлетворения своих базовых потребностей, что в условиях отсутствия постоянных трудовых доходов повышает риск их банкротства и приводит к увеличению количества банкротств физических лиц.

Следует учитывать тот факт, что в России имеются населенные пункты, основой доходов бюджетов которых являются предприятия текстильной промышленности. В случае их банкротства не только работники, занятые на соответствующих предприятиях, но и члены их семей с потерей постоянного источника доходов через непродолжительное время увеличивают число бедного населения. Большое влияние на рост численности бедного населения России, количест-

во которого по различным данным составляет 25...27 млн. чел., оказывает также и незначительная величина социальных выплат, пенсий, пособий по безработице; постоянный рост тарифов на услуги ЖКХ, лекарственные препараты и т.д. [6].

В рамках исследования проблем бедности и банкротства населения была проанализирована структура денежных доходов за 2014 и 2018 гг., представленная в табл. 1. Было выявлено, что основными источниками формирования доходов являются заработная плата и социальные выплаты, которые предоставляются различным категориям граждан. Причем доля оплаты труда в общей величине денежных доходов уменьшилась на 4,1%, а социальных выплат увеличилась на 3,4%; на 1,4% снизились доходы от предпринимательской деятельности.

Т а б л и ц а 1

І квартал	Доходы от предпринимательской деятельности	Оплата труда, включая скрытую	Социальные выплаты	Доходы от собственности	Другие доходы
2014	8,4	67,8	16,8	5,0	2,0
2018	7,0	65,7	20,2	5,1	2,0

Пр и м е ч а н и е. Источник: составлено авторами.

Таким образом, бедность населения России, низкий уровень платежеспособности российского населения являются важнейшими социально-экономическими причинами для роста потребности в кредитах и увеличения суммы полученных кредитов и соответственно кредитной нагрузки населения, что оказывает негативное влияние на его платежеспособность. Так, на начало 2017 г. были кредиты у 45 млн. заемщиков. При этом 1 кредит имело 59 % заемщиков, 2 кредита – 24 %, 3 кредита – 10%, 4 кредита – 4%, 5 и более кредитов – 3%. В одном банке был открыт кредит у 64% заемщиков, в 2 банках – 25%, в 3 банках – 8%, в 4 банках – 2%, в 5 банках и более – 1% заемщиков. С учетом низких доходов заемщиков риск неисполнения обязательств существенно повышается. Потенциальными банкротами являются заемщики, имеющие просроченную задолженность в 90 и более дней, совокупная сумма долга которых составляет 500 тыс. руб.

На 1 января 2017 г. под это определение попадали около 660 тыс. россиян, или 1,5% от общего числа заемщиков с открытыми счетами [7].

Следует отметить, что основным источником получения заемных средств физическими лицами являются микрофинансовые организации (МФО).

По результатам проведенных исследований деятельности МФО в других странах был сделан вывод о том, что широкое распространение указанные организации получили в бедных странах [8]. При том в развитых странах даже при высоких суточных процентах платы за займы с должника-банкрота взыскивается исключительно "тело кредита". С учетом отечественного и зарубежного опыта были разработаны предложения по изменению российского законодательства, направленные на установление более жестких ограничений кредитных ставок, взимаемых МФО; ужесточению правил их

деятельности, усилению контроля за их функционированием. Необходимо активное стимулирование банковской системы к расширению кредитования граждан и других субъектов экономики, повышению их социальной ответственности, снижению ставок по кредитам, что будет способствовать сокращению уровня бедности в стране и количества банкротств физических лиц.

Таким образом, актуальность банкротства физических лиц в России определена следующими обстоятельствами: увеличением объемов потребительского и ипотечного кредитования; объективным следствием возрастания объемов предоставленных потребительских и ипотечных займов является рост просрочки по таким кредитам; в результате возрастает значение экономико-правового регулирования отношений при

банкротстве граждан. Долговые конфликты с просроченной задолженностью граждан-должников по кредитам нуждаются в разрешении с учетом прав и законных интересов, как должников, так и кредиторов. В противном случае значительная часть физических лиц не сможет нормально развиваться с экономической точки зрения, так как указанная часть граждан-должников ограничена в законном ведении предпринимательской деятельности и профессиональном росте.

За период с 2014 г. по I полугодие 2018 г. сложилась следующая ситуация по проведению процедур банкротства граждан, индивидуальных предпринимателей (табл. 2 – динамика принятых в производство дел о банкротстве граждан, индивидуальных предпринимателей).

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г. (первое полугодие)
I	Количество поступивших заявлений о признании должника банкротом, в том числе:					
1.1	граждан,	90	6 082	28 911	36 793	23 560
1.2	индивидуальных предпринимателей	4 062	4 422	3 419	3 643	1 691
II	Принято решений о введении процедуры реализации имущества гражданина, в том числе:					
2.1	граждан,	15	70	1 305	27 489	18 179
2.2	индивидуальных предпринимателей	1 757	1 725	220	1 956	940

П р и м е ч а н и е. Источник: составлено авторами на основании данных [8], [9].

Как свидетельствуют результаты исследования, имеет место существенный рост поступивших в арбитражные суды заявлений о признании физических лиц банкротами: в 2016 г. их число возросло до 28 911, в 2017 г. – до 36 793, а в 2014 г. оно составляло всего 90. В разрезе принятых арбитражными судами решений о признании рассматриваемых субъектов экономики банкротами и об открытии процедур реализации имущества в отношении граждан их величина возросла с 15 в 2014 г. до 27 489 в 2017 г. Отмеченные тенденции сохранились и в 2018 г. Результаты исследования практики функционирования института банкротства физических лиц свидетельствуют о том, что в большинстве случаев процедура реструктуризации долга, которая предусмотрена законом,

применяется в единичных случаях по причине отсутствия доходов у должника либо их незначительной величины.

В связи с этим в рамках обеспечения эффективного функционирования института банкротства физических лиц следует совершенствовать действующее законодательство в части развития реабилитационных процедур, улучшения форм и методов предупреждения банкротства, разработки и утверждения единой методики восстановления платежеспособности в досудебном порядке, в том числе реализации комплекса мер по повышению финансовой грамотности, информированности населения о вопросах банкротства физических лиц. В рамках института банкротства граждан необходимо сформировать механизм, учитывающий

интересы различных экономических субъектов с одновременным обоснованием факторов, препятствующих кредиторам и гражданам-должникам действовать недобросовестно, преследуя иждивенческие цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон №127-ФЗ "О несостоятельности (банкротстве)" (ред. от 27.12.2018) с измен. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019) [https:// www.zakonrf.info/zakon-o-bankrotstve/](https://www.zakonrf.info/zakon-o-bankrotstve/)(дата обращения 10.03.2019)
2. *Бутов А.М.* Рынок продукции текстильного производства // Центр развития. Высшая школа экономики, 2017. Доступ: URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2017/08/30/202017.pdf>
3. *Ряховская А.Н.* Социально-экономические предпосылки финансовой несостоятельности граждан // Экономика. Налоги. Право. – 2018, № 1. С.89...95.
4. По данным единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС).
5. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71840666/>
6. <https://www.rea.ru/ru/SiteAssets/Pages/trendi-ekonomiki-promishlennosti-rossii/Аналитический%20бюллетень%20Тренды%20экономики%20промышленности%20России%20выпуск%202.pdf>
7. https://www.cbr.ru/Content/Document/File/33601/analytic_note_180129_dip.pdf
8. Персональные кредитные портфели российских заемщиков. URL: <http://www.bki-okb.ru/corp/analitika/personalnye-kreditnye-portfeli-rossiyskih-zaemshchikov/>(дата обращения: 06.08.2017).

9. Аналитика Объединенного бюро кредитных историй. URL: <http://www.bki-okb.ru/corp/analitika> (дата обращения: 04.09.2017).

REFERENCES

1. Federal'nyy zakon №127-FZ "O nesostoyatel'nosti (bankrotstve)" (red. ot 27.12.2018) s izmen. i dop., vstup. v silu s 01.01.2019) [https:// www.zakonrf.info/zakon-o-bankrotstve/](https://www.zakonrf.info/zakon-o-bankrotstve/)(data obrashcheniya 10.03.2019)
2. Butov A.M. Rynok produktsii tekstil'nogo proizvodstva // Tsentr razvitiya. Vysshaya shkola ekonomiki, 2017. Dostup: URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2017/08/30/202017.pdf>
3. Ryakhovskaya A.N. Cotsial'no-ekonomicheskie predposylki finansovoy nesostoyatel'nosti grazhdan // Ekonomika. Nalogi. Pravo. – 2018, № 1. S.89...95.
4. Po dannym edinoy mezhvedomstvennoy informatsionno-statisticheskoy sistemy (EMISS).
5. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71840666/>
6. <https://www.rea.ru/ru/SiteAssets/Pages/trendieconomiki-promishlennosti-rossii/Аналитический%20бюллетень%20Тренды%20экономики%20промышленности%20России%20выпуск%202.pdf>
7. https://www.cbr.ru/Content/Document/File/33601/analytic_note_180129_dip.pdf
8. Personal'nye kreditnye portfeli rossiyskikh zaemshchikov. URL: <http://www.bki-okb.ru/corp/analitika/personalnye-kreditnye-portfeli-rossiyskih-zaemshchikov/>(data obrashcheniya: 06.08.2017).
9. Analitika Ob"edinennogo byuro kreditnykh istoriy. URL: <http://www.bki-okb.ru/corp/analitika> (data obrashcheniya: 04.09.2017).

Рекомендована заседанием научной школы "Антикризисное управление" ИЭАУ . Поступила 24.04.19.

**МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО АУТСОРСИНГА
В ТЕКСТИЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ**

**THE MODELS OF COMPLEX OUTSOURCING
IN THE TEXTILE CLUSTER
UNDER CONDITIONS OF DIGITALIZATION**

М.А. БУШУЕВА, Н.Н. МАСЮК, З.В. БРАГИНА, В.В. СИЛЬЧЕНКО

M.A. BUSHUEVA, N.N. MASYUK, Z.V. BRAGINA, V.V. SILCHENKO

**(Ивановский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова,
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Костромской государственный университет,
Ивановский государственный политехнический университет)**

**(Ivanovo branch of Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov,
Vladivostok State University of Economics and Service,
Kostroma State University,
Ivanovo State Polytechnical University)**

E-mail: bush.mar@yandex.ru, masyukn@gmail.com, bragzv@yandex.ru, cilchenko-v@mail.ru

В условиях экономической глобализации успех любой организации во многом зависит от степени использования современных цифровых технологий, а также от ее адаптивности в части своевременной трансформации своей бизнес-модели. Следует также отметить, что организации больше не могут достигать конкурентного преимущества в процессе производства или доставки товаров из-за быстрых изменений, происходящих в области технологий и производства товаров, если они действуют в одиночку. Поэтому организации должны развивать только свои основные компетенции и передавать неосновные бизнес-процессы другим организациям, используя последние достижения цифровизации. Предлагаемая статья рассматривает проблему оказания комплексных аутсорсинговых услуг в текстильном кластере. В статье представлены две различные организационные модели аутсорсинговых предприятий: модель оказания аутсорсинговых услуг и модель потребления аутсорсинговых услуг.

In the context of economic globalization, the success of any organization largely depends on the degree of use of modern digital technologies, as well as on its adaptability in terms of timely transformation of its business model. It should also be noted that organizations can no longer achieve a competitive advantage in the production or delivery of goods due to the rapid changes in technology and in the production of goods if they act alone. Therefore, organizations should develop only their core competencies and transfer non-core business processes to other organizations, using the latest advances in digitalization. This article discusses the problem of providing comprehensive outsourcing services in the textile cluster. The article presents two different organizational models of outsourcing enterprises: a model for the provision of outsourcing services and a model for the consumption of outsourcing services.

Ключевые слова: текстильный кластер, комплексный аутсорсинг, цифровизация, аутсорсинговые услуги, кластерно-сетевые структуры.

Keywords: textile cluster, integrated outsourcing, digitalization, outsourcing services, cluster-network structures.

Исследуя современные условия развития рыночной экономики в России, можно отметить, что сейчас очень важно быстро реагировать на изменения рынка и в соответствии с ними принимать качественные стратегические решения. Результатами грамотных стратегических решений будет продуктивное и долгосрочное сотрудничество с партнерами по интегрированным образованиям, в первую очередь, по кластерам, прообразами которых явились ассоциативные холдинги [17]. Сложность принятия таких решений в последние годы усугубилась под влиянием повышенного конкурентного давления, ускорения технологических изменений и распространения знаний между различными организациями и географическими рынками. В условиях растущего конкурентного давления и прогрессирующей глобализации фирмы вынуждены сокращать свои расходы и создавать новые возможности за счет оптимизированного использования внутренних и внешних ресурсов. Одной из таких возможностей является аутсорсинг, который предполагает передачу непрофильных функций внешнему партнеру – исполнителю (аутсорсеру). По определению, приведенному в своде лучших практик аутсорсинга IAOP OPBoK (Outsourcing Professional Body of Knowledge): "Аутсорсинг является долгосрочным, ориентированным на результат сотрудничеством с внешним поставщиком услуг. Важно отметить следующее: (а) приобретаемые услуги могут представлять результат либо отдельного или нескольких видов деятельности, либо сквозного бизнес-процесса, (б) на аутсорсинг передаются только вспомогательные процессы, не составляющие ключевых конкурентных преимуществ организации, (в) получаемое по аутсорсингу, как правило, ранее постоянно производилось самой организацией для собственных нужд" (Аутсорсинг в России: реальное значение и перспективы развития [Электронный ре-

сурс]. URL: http://www.chief-time.ru/people/detail.php?ELEMENT_ID=2757 (дата обращения 03.03.2019).

Если обратиться к бизнес-модели текстильного кластера, подробно описанной нами в работе [4] и представленной на рис. 1, то можно утверждать, что первыми к моделям аутсорсинга обращаются обеспечивающие фирмы.

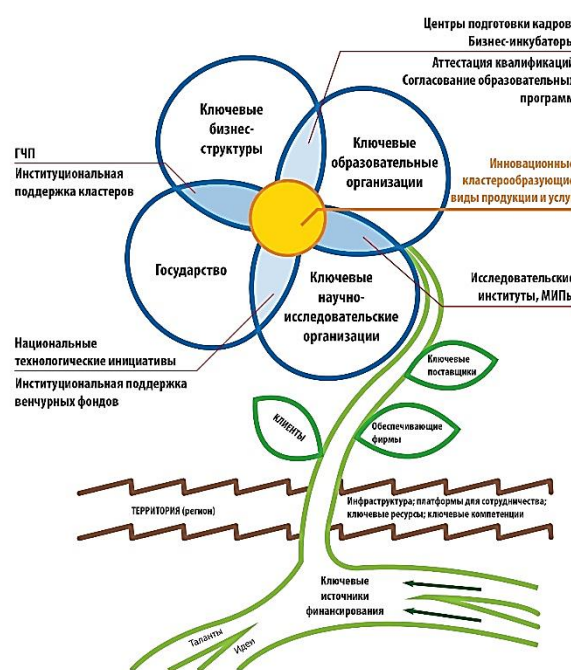


Рис. 1

Влияние аутсорсинга на деятельность предприятий рассматривали в своих работах ряд российских экономистов [1], [5], [8], [14]. Традиционно различают ИТ-аутсорсинг (Information Technology Outsourcing-ИТО) и аутсорсинг бизнес-процессов (Business process outsourcing-ВПО). При этом большинство авторов отмечают, что важную роль играет возможность сотрудничества с одним партнером по нескольким направлениям – бухгалтерскому учету, маркетингу, ИТ-сервису, логистике и т.д., то есть заключение контракта на комплекс услуг [7], [12], [19].

В ряде работ подчеркивается, что аутсорсинг является неотъемлемой частью кластерно-сетевых отношений [6], в которых экономические агенты при заключении контрактов часто идут на взаимные уступки, заключая локальный компромисс во имя сохранения партнерских отношений в долгосрочной перспективе [3], [6].

По нашему мнению, клиенты и в дальнейшем будут искать поставщиков, которые предлагают этот расширенный комплексный сервис [7]. Компании, которые не в состоянии охватить цифровой бизнес, потеряют свое конкурентное преимущество [10], [13]. Растет степень интеграции цифровых технологий в реализацию основного продукта. Многие сервисы трудно представить без услуг IT-аутсорсинга. Однако следует помнить, что ни одна компания не может позволить себе передать свою основную деятельность на аутсорсинг, которая предоставляет возможности для получения прибыли.

За первые несколько лет существования аутсорсинга в России спрос на такого рода услуги, несомненно, увеличивался, но в большинстве своем это происходило благодаря западным корпорациям, которые имели свои дочерние компании в нашей стране. Причинами того, что Россия находится в стороне от общемировой тенденции, могут быть нехватка опыта и информации. Также существуют ограничивающие факторы, такие как модели ведения бизнеса, отсутствие долгосрочных контрактов и профессиональных кадров. Огромное влияние оказывает и общая экономическая ситуация в стране.

Некоторые ученые отмечают, что российские бизнесмены часто смешивают понятие аутсорсинга и аутстаффинга [2], а также ожидают значительного снижения издержек, в то время как зарубежные компании делают ставку на повышение производительности основных бизнес-процессов и рассматривают аутсорсинг как инструмент совершенствования стратегии [17], [18].

Очевидно, что глобальными лидерами по уровню развития индустрии услуг и использованию аутсорсинга являются страны с наиболее развитыми конкурентными экономикой: Великобритания, США, страны Западной Европы. При этом современный меж-

дународный рынок характеризуется растущей конкуренцией развивающихся стран, стремящихся стать глобальными/региональными лидерами в сфере предоставления услуг аутсорсинга. В первую очередь, это страны Латинской Америки (Бразилия, Аргентина, Чили) и Юго-Восточной Азии (Индонезия, Малайзия, Индия и Китай). К примеру, в Китае начата подготовка и сертификация профессиональных кадров аутсорсинга при активной государственной поддержке по программам IAOP COP (Certified Outsourcing Professional), уже сейчас по разным источникам число таких сертифицированных профессионалов аутсорсинга насчитывает от 1 млн. до 1,5 млн. человек [20].

Несмотря на то, что Россия в развитии аутсорсинга полагается на опыт развитых европейских стран и США, аутсорсинг до сих пор не получил широкого распространения, хотя его позиции год от года укрепляются, чему в немалой степени способствует развитие цифровизации [9], [15]. Цифровые технологии, по большому счету, не направлены на то, чтобы заменить текущие функции. Они помогают оптимизировать бизнес-процессы, поскольку сегодня мир требует максимально быстрой реакции и адаптивности. И одна из функций цифровизации – это как раз переход к сверхгибкости и сверхреактивности [11]. Цифровые технологии помогают обеспечивать ускорение текущих процессов. "Цифра" устраняет ненужную потерю времени и поддерживает согласованность данных.

Организационная модель предприятия, оказывающего аутсорсинговые услуги

На основании проектного подхода можно сформировать организационную модель комплексного аутсорсинга предприятия, оказывающего аутсорсинговые услуги (рис. 2). Такая организационная модель представлена для основных видов деятельности аутсорсинговой компании, которые объединены в департаменты: финансовых услуг; юридических услуг; бухгалтерских услуг; IT-услуг; логистических услуг и других.

Эта модель показывает, что при заказе на комплексный аутсорсинг бизнес-процессов, исходя из целей и задач клиента, формируются цели и задачи аутсорсингового проек-

та. После этого руководство аутсорсинговой компании формирует приказ о создании проектной группы, который содержит бизнес-процессы, переданные на аутсорсинг. На

основании данного приказа из различных департаментов выделяются соответствующие специалисты для выполнения проекта.

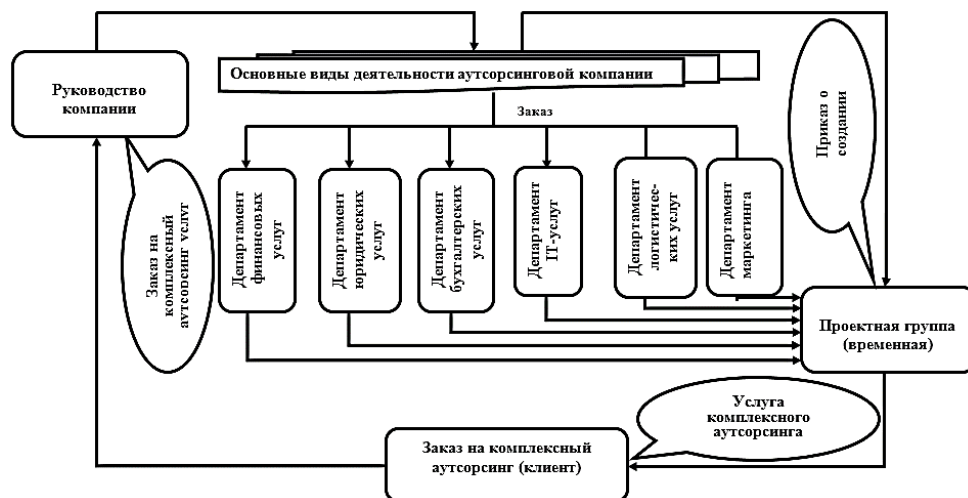


Рис. 2

Проектная группа выполняет заказ на комплексный аутсорсинг. После завершения этого процесса клиент получает квалифицированную услугу по оказанию комплексного аутсорсинга, и, если результат его устраивает, то он может пролонгировать контракт.

Для того, чтобы организационная модель выглядела нагляднее, можно привести пример. Компания обращается с заказом на оказание аутсорсинга бухгалтерских, юридических и маркетинговых услуг. Заказ поступает руководству аутсорсинговой компании. Исходя из условий заказа, формируется приказ о создании проектной группы, в которую включаются специалисты из департамента бухгалтерских услуг, департамента юридических услуг и департамента логистических услуг. Предположим, что по объему заказа потребуется по одному специалисту из каждого департамента. Назначается руководитель проектной группы, который отслеживает качество выполняемых аутсорсинговых услуг и сроки. Помимо этого руководитель может сотрудничать с компанией-заказчиком и уточнять условия заказа, также он консультирует заказчика по возникающим вопросам и отчитывается о результатах проведенной аутсорсинговой работы. После того, как сформированная проект-

ная группа выполнила заказ, и он был принят компанией-заказчиком, проект считается выполненным. Если заказчик пролонгировал контракт с аутсорсинговой компанией на эту же услугу, то проектная группа остается, если заказчику больше не потребуются аутсорсинговые услуги, то проектная группа расформировывается.

Исходя из количества департаментов и специалистов, в аутсорсинговой компании может быть сформировано несколько проектных групп для каждого из заказов. Описанная организационная модель предприятия, оказывающего аутсорсинговые услуги, может изменяться, в зависимости от основных видов деятельности компании.

Можно также привести другой интересный пример предприятия Polly, (Санкт-Петербург), которое оказывает услугу "аутсорсинг текстиля для гостиниц" (Аутсорсинг гостиничного текстиля от Polly. URL: <http://prohotel.ru/forum/topic/6019-aoutsorsing-gostinichnogo-tekstilia-ot-polly/>). Суть аутсорсинга заключается в том, что с отеля снимается ВСЯ "головная боль" и все задачи, связанные с текстилем в отеле. По стоимости, как правило, передача всех вопросов на аутсорсинг выходит равной самостоятельной работе (+-4% в год в зависимости от отеля):

- закупка текстиля (если это новый отель);
- бесплатная замена изделий по мере их износа;
- стирка белья и его забор-доставка;
- проверка текстиля;
- контроль запасов конкретно под данный отель (то есть компания всегда поддерживает для данного отеля необходимое количество стоков).

Предприятие Polly на данный момент работает со следующим текстилем: простыни, наволочки, пододеяльники, махровые полотенца, халаты и др. Используются различные материалы, в зависимости от потребности клиента: бязь, сатин, перкаль и поликоттон.

Позитивной особенностью аутсорсинга текстиля является то, что происходит работа в рамках "win-win", когда выигрывают обе стороны: и отель, и компания Polly. Отель – экономит время и деньги, Polly – зарабатывает за счет объемов текстиля и прачечной, а также за счет продления срока службы текстиля (потому что, в отличие от обычных прачечных, не экономит на химии, а наоборот заинтересована в покупке доро-

гостоящих средств и техники для продления срока службы текстиля на 15...25%).

Организационная модель комплексного аутсорсинга предприятия, потребляющего аутсорсинговые услуги

Для того, чтобы сформировать организационную модель для предприятия, которое потребляет аутсорсинговые услуги, необходимо учитывать такие факторы, как: организационно-правовую форму, сферу деятельности, выпускаемую продукцию, масштабы самого предприятия, численность персонала, рынки сбыта и рынки потребления, используемые технологии в процессе производства, информационные ресурсы внутри и вне фирмы, степень обеспеченности необходимыми ресурсами и многое другое.

Кроме того, очень важную роль в этом процессе имеет структура организации, благодаря которой осуществляется взаимодействие между внутренними звеньями и отделами организации. Основными бизнес-процессами управляет руководство компании, а вспомогательное можно вынести на аутсорсинг, как представлено на рис. 3.

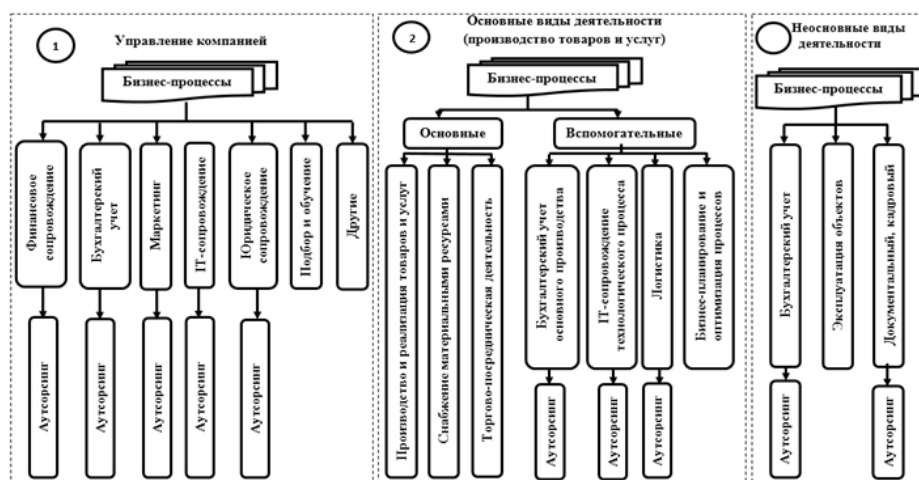


Рис. 3

Для того, чтобы предприятие могло применить такую модель, необходимо соблюдение трех условий:

- а) конкретное разделение задач по отделениям и подразделениям;
- б) высокая компетентность в решении производственных задач;
- в) общее взаимодействие всех выделенных элементов.

Все эти условия будут регулироваться как организационной структурой, так и экономической моделью предприятия. Данная модель предприятия показывает, что структуру компании необходимо разделить на три составные части: управление; основные виды деятельности; неосновные виды деятельности.

После этого в каждой части выделяются бизнес-процессы. Анализируя эти бизнес-процессы, руководство компании должно принять решение: отдавать выделенный бизнес-процесс на аутсорсинг, либо оставлять его в компании.

Например, в условиях текстильного кластера на аутсорсинг могут быть выделены не только традиционное IT-обслуживание и бухгалтерия, но и маркетинговые исследования, брендинг, реклама, логистика, использование дилерских и торговых сетей партнеров и др. Выражаясь в терминах бизнес-модели текстильного кластера (рис. 1), можно сказать, что процессы и акторы, помещенные в лепестках цветка, составляют базис и характеризуют основную деятельность, а часть элементов, помещенных в листья, обеспечивают основные процессы и по сути могут быть переданы на аутсорсинг.

Здесь следует заметить, что с развитием цифровых технологий появляется возможность находить аутсорсера, находящегося не только за пределами территории кластера, но и за пределами страны его нахождения. Такую возможность, к примеру, предоставляет облачное программное обеспечение для бухгалтерского учета XERO, которое позволяет работать из любого места на всех устройствах. Облачное программное обеспечение предназначено для компьютеров ПК и Mac, смартфонов и планшетов, работающих на Windows, iOS, Android или Linux. Данные надежно хранятся на сервере с корпоративной безопасностью. Это новое облачное решение в настоящее время используется в Новой Зеландии и Австралии и позволяет владельцам бизнеса и бухгалтерам сотрудничать, работать более продуктивно и сосредоточиться на том, что действительно важно.

ВЫВОДЫ

1. Передача на аутсорсинг непрофильных функций позволяет организации сосредоточиться на оттачивании основных бизнес-процессов. При этом на практике доказана целесообразность заключения контрактов на комплексный аутсорсинг, включающий бухгалтерский, финансовый, логис-

тический, юридический, IT-аутсорсинг и др., при этом следует отметить, что с развитием цифровых технологий этот спектр будет расширяться.

2. Целесообразность использования аутсорсинга в деятельности участников текстильного кластера обусловлена необходимостью снижения транзакционных издержек, а также возможностью использования инновационных цифровых технологий, которые позволяют предприятиям сосредоточиться на высокоэффективном выполнении основных функций.

3. Предприятия, для которых предоставление аутсорсинговых услуг является основной деятельностью, должны иметь в своем штате профессионалов разных сфер, при этом основной упор необходимо сделать на использование современных платформ цифрового опыта и цифровых трансформаций, что существенно повысит конкурентоспособность компании.

4. Выполнение функций, которые были отданы на аутсорсинг, нужно постоянно контролировать. Объем контроля будет зависеть от важности передаваемых функций или процесса, рисков, которые ему будут сопутствовать, и компетенции персонала, участвующего в этом процессе, а также от уровня использования современных цифровых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов Е., Альтшулер И. Аутсорсинг: 10 заповедей и 21 инструмент. – М.: Питер, 2009.
2. Аникин Б.И., Рудая И.Л. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента. – М.: ИНФРАМ, 2010.
3. Бушуева М.А., Коровин Д.И., Масюк Н.Н. Локальный компромисс как основа принятия финансовых решений в кластере (на примере текстильного кластера) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С.35...41.
4. Бушуева М.А., Масюк Н.Н., Брагина З.В., Петрухин А.Б., Гришанова О.А. Представление бизнес-модели текстильного кластера как инновационной сетевой экосистемы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С.10...17.
5. Войтоловский Н.В., Несват Е.Г., Подшивалова М.М. Кластерный аутсорсинг в малом промышленном бизнесе. – СПб.: Изд-во НПК "Рост", 2018.
6. Бушуева М.А., Коровин Д.И., Масюк Н.Н. Финансовые мотивации участников кластера и спо-

события принятия решений на основе локальных компромиссов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С.15...22.

7. Клинкова А.Н., Масюк Н.Н., Бушуева М.А. Стратегия комплексного аутсорсинга финансовых функций предприятий в условиях кластерно-сетевой экономики // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2015, № 4(17). С.182...187.

8. Масюк Н.Н., Кузнецова Ю.П., Бушуева М.А. Глобальный аутсорсинг как разновидность стратегического партнерства // Экономика и предпринимательство. – 2014, №12-3(53-3). С. 949...953.

9. Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. DOI.10.18720/2018.6

10. Михнева С.Г., Маркеева Г.А. Технологии аутсорсинга как современный инструмент формирования бизнес-моделей // Изв. вузов. Поволжский регион. Общественные науки. – 2015, № 1 (33). С.239...247.

11. Программа "Цифровая экономика Российской Федерации" Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 г. № 1632-р.

12. Самойлов М.А. Субконтрактинг как организационно-экономическая основа формирования и функционирования региональных промышленных кластеров // Экономические науки. – 2009, №5 (54).

13. Хейвуд Дж.Б. Аутсорсинг: в поисках конкурентных преимуществ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2012.

14. Хугаева Л.Т. Эффективность аутсорсинга на предприятии // TERRE ECONOMICS. – 2011. Т. 2, №2. Ч. 2. С. 96...98.

15. Цифровая экономика: проблемы и последствия современных технологий / Под ред. д.э.н. Полянина А.В. – Орел: Изд-во Среднерусск. ин-та управления – филиала РАНХиГС, 2019.

16. Щербан В.В. Оценка экономической эффективности ИТ-аутсорсинга на предприятии // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2012, №6 // [Электронный ресурс] URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2012/06/1128> (дата обращения: 12.11.2015).

17. Этезов А.Х., Масюк Н.Н., Брагина З.В. Ассоциативный холдинг в текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 4. С. 8...10.

18. Albert Plugge, Mark Borman, Marijn Janssen. Strategic maneuvers in outsourcing arrangements: The need for adapting capability in delivering long-term results // Strategic Outsourcing: An International Journal. – Vol. 9, №2, 2016. P.139...158.

19. Luzgina O.A., Masyuk N.N. Use of Industrial Subcontracting When Diversifying Company Activities on the Regional Market // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №6, 2004. P.9...12.

20. Sun X.C. & Yang X.L. China's Service Outsourcing Industrial Cluster Development. Management Science and Engineering. – 9 (2), 2015. 24-30. Available from: URL: <http://www.cscanada.net/index.php/mse/article/view/7164> DOI: <http://dx.doi.org/10.3968/7164>.

1. Aksenov E., Al'tshuler I. Outsourcing: 10 zapovedey i 21 instrument. – М.: Piter, 2009.

2. Anikin B.I., Rudaya I.L. Outsourcing i autstaffing: vysokie tekhnologii menedzhmenta. – М.: INFRAM, 2010.

3. Bushueva M.A., Korovin D.I., Masyuk N.N. Lokal'nyy kompromiss kak osnova prinyatiya finansovykh resheniy v klaster (na primere tekstil'nogo klastera) // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 6. S.35...41.

4. Bushueva M.A., Masyuk N.N., Bragina Z.V., Petrukhin A.B., Grishanova O.A. Predstavlenie biznes-modeli tekstil'nogo klastera kak innovatsionnoy setevoy ekosistemy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 1. S. 10...17.

5. Voytolovskiy N.V., Nesvat E.G., Podshivalova M.M. Klasternyy outsourcing v malom promyshlennom biznese. – SPb.: Izd-vo NPK "Rost", 2018.

6. Bushueva M.A., Korovin D.I., Masyuk N.N. Finansovye motivatsii uchastnikov klastera i sposoby prinyatiya resheniy na osnove lokal'nykh kompromissov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, №2. S.15...22.

7. Klinkova A.N., Masyuk N.N., Bushueva M.A. Strategiya kompleksnogo outsorsinga finansovykh funktsiy predpriyatiy v usloviyakh klasterno-setevoy ekonomiki // Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie. – 2015, № 4(17). S.182...187.

8. Masyuk N.N., Kuznetsova Yu.P., Bushueva M.A. Global'nyy outsourcing kak raznovidnost' strategicheskogo partnerstva // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2014, №12-3(53-3). S. 949...953.

9. Metodologiya razvitiya ekonomiki, promyshlennosti i sfery uslug v usloviyakh tsifrovizatsii / Pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. – SPb.: POLI-TEKH-PRESS, 2018. DOI.10.18720/2018.6

10. Mikhneva S.G., Markeeva G.A. Tekhnologii outsorsinga kak sovremennyy instrument formirovaniya biznes-modeley // Izv. vuzov. Povolzhskiy region. Obshchestvennye nauki. – 2015, № 1 (33). S.239...247.

11. Программа "Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii" Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28.07.2017 g. № 1632-r.

12. Samoylov M.A. Subkontrakting kak organizatsionno-ekonomicheskaya osnova formirovaniya i funktsionirovaniya regional'nykh promyshlennykh klasterov // Ekonomicheskie nauki. – 2009, №5 (54).

13. Kheyvud Dzh.B. Outsourcing: v poiskakh konkurentnykh preimushchestv. – М.: Izdatel'skiy dom "Vil'yams", 2012.

14. Khugaeva L.T. Effektivnost' outsorsinga na predpriyatii // TERRE ECONOMICS. – 2011. Т. 2, №2. Ч. 2. С. 96...98.

15. Tsifrovaya ekonomika: problemy i posledstviya sovremennykh tekhnologiy / Pod red. d.e.n. Polyaniina A.V. – Орел: Изд-во Среднерусск. ин-та управления – филиала РАНХиГС, 2019.

16. Shcherban V.V. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti IT-outsorsinga na predpriyatii // Ekonomika i me-

nedzhment innovatsionnykh tekhnologiy. 2012. № 6 // [Elektronnyy resurs] URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2012/06/1128> (data obrashcheniya: 12.11.2015).

17. Eteзов A.Kh., Masyuk N.N., Bragina Z.V. Asso-tsiativnyy kholding v tekstil'noy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2003, № 4. S. 8...10.

18. Albert Plugge, Mark Borman, Marijn Janssen. Strategic maneuvers in outsourcing arrangements: The need for adapting capability in delivering long-term results // Strategic Outsourcing: An International Journal. – Vol. 9, №2, 2016. P.139...158.

19. Luzgina O.A., Masyuk N.N. Use of Industrial Subcontracting When Diversifying Company Activities on the Regional Market // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – №6, 2004. P.9...12.

20. Sun X.C. & Yang X.L. China's Service Outsourcing Industrial Cluster Development. Management Science and Engineering. – 9 (2), 2015. 24-30. Available from: URL: <http://www.cscanada.net/index.php/mse/article/view/7164> DOI: <http://dx.doi.org/10.3968/7164>.

Рекомендована кафедрой экономики, управления и финансов ИВГПУ. Поступила 21.05.19.

УДК 339.17

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЦЕЛЕВОГО СЕГМЕНТА НА РЫНКЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТОВАРОВ И УСЛУГ

FEATURES OF THE CHOICE OF A TARGET SEGMENT IN THE MARKET OF INNOVATIVE GOODS AND SERVICES

В.Ю. МИШАКОВ, Е.А. КИРСАНОВА

V.YU. MISHAKOV, E.A. KIRSANOVA

(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

В статье рассмотрена роль сегментирования в обеспечении интенсивной и эффективной сбытовой деятельности производителей инновационных товаров и услуг. Показана недостаточная нацеленность такого рода производителей в экономике РФ на финансирование исследований и мероприятий в области сегментирования целевых рынков. Рассмотрены подходы к сегментированию отдельных типов инновационных товаров и услуг. Систематизированы основные проблемы в области сегментирования целевых рынков инновационной продукции. Выделены основные направления сегментирования рынков инновационных услуг в современном виртуальном сегменте цифровой экономики.

The article shows the role of segmentation in ensuring intensive and effective marketing activities of producers of innovative goods and services. The insufficient focus of such producers in the Russian economy on the financing of research and activities in the field of segmentation of target markets is shown. Approaches to segmentation of certain types of innovative goods and services are considered. The main problems in the field of segmentation of target markets of innovative products are systematized. The main directions of segmentation of markets of innovative services in the modern virtual segment of the digital economy.

Ключевые слова: сегментирование, целевой рынок, инновации, инновационные товары, инновационные услуги, цифровая экономика, виртуальное экономическое пространство.

Keywords: segmentation, target market, innovation, innovative products, innovative services, digital economy, virtual economic space.

Эффективность развития национальной экономики, обеспечение высокого уровня конкурентоспособности производителей на отечественном и мировом рынках различного профиля непосредственно зависят от нацеленности субъектов хозяйствования на производство и интенсивное распространение инновационных товаров и услуг. Согласно данным официальной статистики в 2015-2017 гг. объем производимых в экономике РФ инновационных товаров, работ, услуг возрос на 54,3% [5, с.489], что в условиях определенных кризисных финансово-экономических явлений, характерных для отечественной экономики в данный период, достаточно существенно.

В свою очередь эффективность сбытовой деятельности на рынках инновационных товаров и услуг непосредственно зависит от качества сегментирования последних, которое в наиболее общем виде представляет собой дифференциацию целевого рынка сбыта на относительно однородные сегменты [4, с.61].

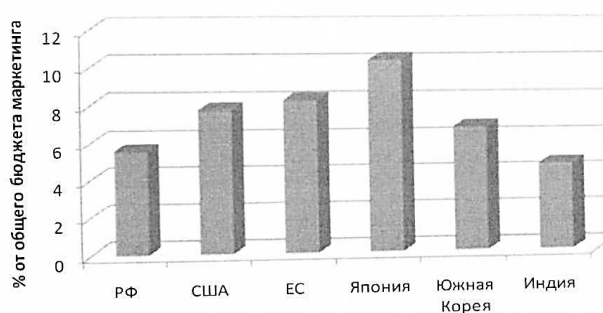


Рис. 1

При этом, как показано на рис. 1 (средний удельный вес затрат на сегментирование рынка производителей инновационных товаров и услуг, % от бюджета маркетинга [7, с.52]), российские производители инновационной продукции, работ, услуг финансируют исследования и разработки в области сегментирования целевых рынков существенно менее интенсивно по сравнению с производи-

телями аналогичных активов инновационного содержания США, государств Европейского Союза и в особенности экономики Японии. В целом это свидетельствует о недостаточном понимании руководителями и специалистами в области маркетинга многих отечественных предприятий, производящих инновационную продукцию или услуги, необходимости качественной и многоплановой сегментации отраслевого рынка, как необходимого условия интенсификации сбыта товаров и услуг и повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности в целом.

Следует отметить, что процесс сегментирования отраслевого рынка инновационных товаров или услуг непосредственно зависит от содержательных характеристик последних [8]. Так, например, Н.А. Димитриади приводит последовательность сегментирования рынка инновационных медицинских препаратов, являющихся потенциально более эффективными с точки зрения клинической практики, но одновременно характеризующимися существенно более высокой ценой по сравнению с традиционными, распространенными на фармацевтическом рынке аналогами. По его мнению, процесс сегментации рынка инновационных медицинских препаратов должен включать следующие основные этапы [2, с.42]:

- качественное исследование рынка, нацеленное на идентификацию базовых переменных сегментирования спроса на инновационный медицинский препарат;
- количественное исследование, направленное на определение количественных медицинских и социальных показателей, характеризующих предпочтения врачей в плане выписки (назначения) соответствующих инновационных препаратов в плане замены или дополнения к традиционным;
- формирование социально-демографического профиля целевых сегментов рынка

инновационных медицинских препаратов, дифференцированных, в первую очередь, в зависимости от дохода потенциальных реципиентов.

По нашему мнению, в части сегментирования рынка такого типа инновационных товаров, как медицинские препараты, актуальным этапом в процессе сегментирования также должен быть комплексный качественный и количественный анализ рисков, связанных с их употреблением различными сегментами потребителей, дифференцированными, в первую очередь, в зависимости от параметров состояния здоровья. Дело в том, что инновационные медицинские препараты, как правило, характеризуются наличием менее изученного спектра побочных эффектов по сравнению с традиционными аналогами, что и обуславливает необходимость обязательного учета фактора медицинского риска в процессе сегментирования целевого рынка и последующих маркетинговых мероприятий в области стимулирования сбыта.

П.Е. Щербалев систематизирует основные критерии сегментации рынка малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы, которые сами являются в современных условиях хозяйствования активными потребителями разного рода инновационной продукции и услуг, в первую очередь IT-характера [6, с.284...287]. К такого рода основным критериям, по его мнению, относятся форма собственности малого инновационного предприятия, его финансовое состояние, а также характер формирования и реализации инновационной стратегии развития. Г.Н. Исаев рассматривает особенности сегментирования рынка информационных услуг, значительная часть которых в условиях постиндустриальной экономики носит инновационный характер [3, с. 159]. Наиболее актуальным критерием сегментации данного достаточно специфического отраслевого рынка, по его мнению, является степень интеграции потенциальных организаций - потребителей в структуру цифровой экономики.

Таким образом, для современного процесса сегментации целевых рынков иннова-

ционных товаров и услуг, производимых отечественными субъектами хозяйствования, по нашему мнению, характерны следующие основные проблемы.

1. Отмеченная ранее проблема недостаточного финансирования исследований и разработок большинством отечественных производителей инновационных товаров, работ, услуг. Недостаточная активность в области привлечения квалифицированных консультантов - маркетологов, специализирующихся на процессах сегментирования и в целом долгосрочного развития инновационных рынков.

2. Проблема простого, автоматического переноса эффективных для рынков традиционных товаров и услуг технологий сегментирования на рынки инновационной продукции, работ и услуг. На актуальность данной проблемы не только для отечественных производителей, но и для организации и осуществления маркетинговой деятельности в части сегментирования отраслевых рынков многих зарубежных корпораций указывает, в частности, Н.С. Буряков [1, с.46].

3. Недостаточное применение современных экономико-математических и экономико-статистических методов и моделей для осуществления процесса сегментирования современных, крайне динамично развивающихся отраслевых рынков инновационных товаров, работ, услуг.

4. Недостаточный учет повышенного риска для потребителей многих типов инновационных товаров и услуг, а также, как правило, более высокого уровня эластичности спроса на такого рода активы.

5. Объективная сложность качественно сегментирования виртуальных рынков сбыта инновационных товаров и услуг (рынков, функционирующих в рамках информационно-коммуникационного пространства сети Интернет) ввиду дефицита релевантной информации о тенденциях функционирования и развития такого рода рынков.

Некоторые критерии сегментации инновационных услуг, распространяемых в современном виртуальном пространстве, приведены нами в табл. 1.

Инновационные услуги, специфичные для цифровой экономики	Основные критерии сегментирования целевого рынка
1. Инновационные технологии доступа в сеть Интернет для организаций, в том числе средних и малых	- финансовое состояние организации (способность регулярно и в полном объеме оплачивать относительно дорогостоящий и вместе с тем технологически надежный и информационно безопасный доступ в сеть Интернет); - наличие платежеспособного спроса на сопутствующие услуги, которые может предложить провайдер (например, удостоверение ЭЦП – электронной цифровой подписи, чем занимаются многие провайдеры, услуги по развитию сайта и информационной системы организации и т.п.)
2. Инновационные услуги в области интернет-маркетинга для организаций	- отрасль экономики потребительского сектора; - текущая и перспективная нацеленность компании на освоение интернет-рынка; - бюджет интернет-маркетинга компании; - участие компаний в коалиционных программах потребительской лояльности, реализуемых в сети Интернет
3. Услуги в области интернет-консалтинга	- степень доступности и качество традиционного консалтинга; - финансовое состояние компаний; - предпочтительные сферы интернет-консалтинга для компании, возможность их комплексного и долгосрочного использования
4. Инновационные услуги по размещению обязательств компании на рынке ICO (виртуальных биржах криптовалют)	- доступность для компаний традиционных источников финансирования; - степень интеграции компании в виртуальное пространство цифровой экономики (компании, характеризующиеся высоким уровнем такого рода интеграции, имеют большие возможности при ICO) [8, с.15]; - финансовые и организационные возможности для осуществления процедуры ICO

В целом при осуществлении сегментации рынков современных инновационных товаров, работ, услуг базовым критерием сегментирования, как и на традиционных отраслевых рынках, является тип потребителя – физическое лицо, юридическое лицо различного масштаба, производственного профиля и формы собственности, или государственный орган.

ВЫВОДЫ

На основании вышесказанного хотелось бы отметить, что современные органы государственной власти и субъекты местного самоуправления, а также подведомственные им организации, в первую очередь ГУПы и МУПы, являются активными потребителями инновационной продукции и услуг, сформированных частными компаниями (например, инновационных услуг информационного характера в рамках системы Электронного правительства; инновационного оборудования и полуфабрикатов, используемых государственными унитарными предприятиями оборонного характера и т.п.). Основными критериями сегментации данного целевого рынка инновационных товаров и услуг

в экономике РФ могут быть административный статус соответствующего органа государственной власти, степень профицитности или дефицитности его бюджета, наличие и характер возможных аффилированных поставщиков инновационных товаров и услуг и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буряков И.С. Инновации как фактор развития промышленности России на современном этапе // Региональная экономика: теория и практика. – 2014, №26. С.41...47.
2. Димитриади Н.А. Инновационные продукты в фармацевтике: сегментация рынка // Terra Economics. – 2006, №1. С.40...44.
3. Исаев Г.И. Предпринимательство в информационной сфере. – М.: КноРус, 2018.
4. Кристенсен К. Теория инноваций как инструмент предсказания отраслевых изменений. – М.: Альбина Паблишер, 2017.
5. Российский статистический ежегодник. – М.: Изд-во Федеральной службы государственной статистики, 2018.
6. Щербалев П.Е. Сегментирование рынка малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы // Социальные и гуманитарные знания. – 2016. Т.2, №4. С.280...292.
7. Якимов А.В. Проблемы сегментирования рынка инновационных товаров // Экономика и менеджмент в России. – 2018, №7. С.51...53.

8. Мишаков В.Ю., Кирсанова Е.А. Методологические подходы к товарному консалтингу: проектное, процессное, экспертное консультирование // Дизайн и технологии. – 2018, № 64 (106). С. 127...133.

9. Dibb M. The Beginners Guide to Investing in ICOs: 11 steps to successfully investing in Initial Coin Offerings. – NY, 2017.

REFERENCES

1. Buryakov I.S. Innovatsii kak faktor razvitiya promyshlennosti Rossii na sovremennom etape // Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. – 2014, №26. S.41...47.

2. Dimitriadi N.A. Innovatsionnye produkty v farmatsevtike: segmentatsiya rynka // Terra Economics. – 2006, №1. S.40...44.

3. Isaev G.I. Predprinimatel'stvo v informatsionnoy sfere. – М.: KnoRus, 2018.

4. Kristensen K. Teoriya innovatsiy kak instrument predskazaniya otraslevykh izmeneniy. – М.: Al'bina Pablisner, 2017.

5. Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik. – М.: Izd-vo Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki, 2018.

6. Shchebalev P.E. Segmentirovanie rynka malykh innovatsionnykh predpriyatiy nauchno-obrazovatel'noy sfery // Sotsial'nye i gumanitarnye znaniya. – 2016. T.2, №4. S.280...292.

7. Yakimov A.V. Problemy segmentirovaniya rynka innovatsionnykh tovarov // Ekonomika i menedzhment v Rossii. – 2018, №7. S.51...53.

8. Mishakov V.Yu., Kirsanova E.A. Metodologicheskie podkhody k tovarnomu konsaltingu: proektnoe, protsessnoe, ekspertnoe konsul'tirovanie // Dizayn i tekhnologii. – 2018, № 64 (106). С. 127...133.

9. Dibb M. The Beginners Guide to Investing in ICOs: 11 steps to successfully investing in Initial Coin Offerings. – NY, 2017.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса.
Поступила 10.01.19.

УДК 691+677

**ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПЫЛЕВИДНЫХ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ОТХОДОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ASSESS THE RESOURCE POTENTIAL OF USING
PULVERIZED LIGNOCELLULOSIC WASTES
FOR PRODUCTION OF BUILDING
COMPOSITE MATERIALS**

И.В. СУСОЕВА, Т.Н. ВАХНИНА, А.М. ИБРАГИМОВ

I.V. SUSOEVA, T.N. VAKHNINA, A.M. IBRAGIMOV

(Костромской государственный университет)

(Kostroma State University)

E-mail: info@kstu.ed.ru

В статье рассмотрено применение дисперсионного анализа для оценки ресурсного потенциала использования пылевидных лигноцеллюлозных отходов для производства строительных композиционных материалов. Исходя из однородности дисперсий во всех точках плана, можно прогнозировать, что при изготовлении текстильной продукции не будет значимых скачков объемов лигноцеллюлозного сырья для производства плитных композиционных материалов.

The article considers analysis of variance to assess the resource potential of using pulverized lignocellulosic wastes for production of building composite materials. On the basis of the homogeneity of variance at all points of the plan, it is possible to predict that in the manufacture of textile products will not be significant fluctuations of volumes of lignocellulosic feedstocks for the production of raft of composite materials.

Ключевые слова: строительные композиционные материалы, лигноцеллюлозные отходы.

Keywords: composite construction materials, lignocellulosic wastes.

Для количественной оценки объемов пылевидных отходов выполнено экспериментальное исследование определения интенсивности пылеосаждения в условиях действующего производства хлопкового волокна на предприятии ООО СП "Кохлома" [1], [2]. Интенсивность пылеосаждения определяли путем отбора и взвешивания проб осевшей пыли за определенное время [3], [4]. Для обеспечения репрезентативности выборок пробы отбирали в случайном порядке.

Поскольку вид производителя и класс сырья являются качественными факторами, проверку наличия влияния данных факторов на выходную величину – интенсивность пылеосаждения – выполняли с использованием двухфакторного дисперсионного анализа.

План и результаты экспериментального исследования влияния факторов процесса производства хлопкового волокна на интенсивность пылеосаждения I_{oc} , мг/м²·с, приведены в табл. 1.

Фактор А – страна-производитель хлопкового волокна.

Уровни фактора А: a_1 – Казахстан; a_2 – Туркменистан; a_3 – Киргизия; a_4 – Таджикистан.

Фактор В – класс хлопкового волокна.

Уровни фактора В: b_1 – средний; b_2 – хороший.

В каждой точке плана, то есть при каждом сочетании уровней факторов А и В, было взято $n = 10$ проб интенсивности пылеосаждения.

Т а б л и ц а 1

Уровни фактора В, $i = 2$	Интенсивность пылеосаждения I_{oc} , мг/м ² ·с, в испытаниях на уровнях фактора А, $j = 4$			
	a_1	a_2	a_3	a_4
b_1	0,76; 0,5; 0,82; 0,85; 0,82; 0,86; 0,78; 0,81; 0,84; 0,83	1,14; 1,03; 1,23 1,11; 1,07; 1,04; 1,04; 1,07; 1,14; 1,25	1,22; 1,05; 1,12; 1,15; 1,21; 1,16; 1,18; 1,22; 1,01; 1,23	1,26; 1,13; 1,22; 1,25; 1,02; 1,06; 1,08; 1,11; 1,24; 1,23
b_2	0,78; 0,86; 0,90; 0,87; 0,81; 0,77; 0,85; 0,83; 0,92; 0,95	1,2; 1,29; 1,12; 1,25; 1,22; 1,18; 1,12; 1,21; 1,12; 1,03	1,06; 0,83; 0,92; 0,94; 0,82; 1,04; 1,03; 1,09; 0,94; 0,93	1,06; 1,23; 1,22; 1,15; 1,22; 1,06; 1,18; 1,21; 1,24; 1,23

Результаты эксперимента обрабатывали согласно методике двухфакторного дисперсионного анализа [4], [5]. В каждой точке плана (при каждом сочетании уровней факторов) были определены статистические параметры выборок – средние арифметические \bar{Y}_{ij} и дисперсии выборок S^2_{ij} . Резуль-

таты статистической обработки экспериментальных данных в каждой точке плана приведены в табл. 2. Средние по каждому уровню фактора А \bar{Y}_{aj} определяли как средние по столбцам, средние по уровням фактора В \bar{Y}_{bi} – как средние по строкам.

Т а б л и ц а 2

Уровень фактора	Статистические параметры интенсивности пылеосаждения I_{oc} , мг/м ² ·с, для производителя *				
	a_1	a_2	a_3	a_4	Среднее по уровню фактора В \bar{Y}_{bi}
b_1	0,832/0,051	1,112/0,078	1,155/0,075	1,16/0,089	1,064
b_2	0,854/0,058	1,174/0,076	0,96/0,093	1,18/0,068	1,042
Среднее по уровню фактора А \bar{Y}_{aj}	0,843	1,143	1,057	1,17	1,053

П р и м е ч а н и е. Над чертой – среднее арифметическое выборки, под чертой – дисперсия выборки.

Проверку однородности дисперсий в каждой точке плана проводили по критерию Кохрена. Расчетное значение критерия Кохрена G_p определяли по формуле:

$$G_p = S_{\max}^2 / \sum_{i=1}^{km} S_i^2, \quad (1)$$

где km – число сочетаний уровней фактора А и В (число выборок); S_i^2 – дисперсия i -й выборки; S_{\max}^2 – наибольшая из km дисперсий; k – количество уровней фактора А; m – количество уровней фактора В.

Т а б л и ц а 3

Компонента дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия
Между средним по столбцам	$Q_1 = nm \sum_{j=1}^k (\bar{Y}_{aj} - \bar{Y})^2$	$f_1 = k - 1$	$S_A^2 = \frac{Q_1}{k - 1}$
Между средним по строкам	$Q_2 = nk \sum_{i=1}^m (\bar{Y}_{bi} - \bar{Y})^2$	$f_2 = m - 1$	$S_B^2 = \frac{Q_2}{m - 1}$
При взаимодействии между факторами	$Q_3 = n \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{bi} - \bar{Y}_{aj} + \bar{Y})^2$	$f_3 = (k - 1)(m - 1)$	$S_{AB}^2 = \frac{Q_3}{(k - 1)(m - 1)}$
Внутри партии (остаточная)	$Q_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \sum_{v=1}^n (Y_{ijv} - \bar{Y}_{ij})^2$	$f_4 = km(n - 1)$	$S_n^2 = \frac{Q_4}{km(n - 1)}$ $S_n^2 = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m S_{ij}^2}{km}$
Полная	$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m \sum_{v=1}^n (Y_{ijv} - \bar{Y})^2$	$f = kmn - 1$	$S^2 = \frac{Q}{kmn - 1}$

Табличное значение критерия Кохрена G_T определяли [4] по уровню значимости $q=0,05$, количеству выборок km и числу степеней свободы каждой выборки $f = n - 1$.

$G_p = 0,158$; $G_T = 0,29$. Поскольку выполняется соотношение $G_p \leq G_T$, то дисперсии всех $km = 8$ выборок однородны.

Суммы квадратов и дисперсии вычисляли по формулам, представленным в табл. 3.

С использованием критерия Фишера была проверена гипотеза об отсутствии взаимодействия между факторами "вид произ-

водителя" и "класс сырья" (А и В). Расчетное значение критерия Фишера F_p определяли по формуле:

$$F_p = \frac{S_{AB}^2}{S_n^2}, \quad (2)$$

где S_{AB}^2 – дисперсия взаимодействия между факторами А и В; S_n^2 – дисперсия внутри партии (остаточная).

Результаты расчета компонент дисперсий приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Компоненты дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия
Между средним по столбцам	$Q_1 = 1,3181$	$f_1 = 3$	$S_A^2 = 0,4394$
Между средним по строкам	$Q_2 = 0,00968$	$f_2 = 1$	$S_B^2 = 0,00968$
При взаимодействии между факторами	$Q_3 = 0,203$	$f_3 = 3$	$S_{AB}^2 = 0,0676$
Внутри партии	$Q_4 = 5,292$	$f_4 = 72$	$S_n^2 = 0,0735$
Полная	$Q = 6,818$	$f = 79$	$S^2 = 0,086$

Табличное значение критерия Фишера $F_T(q, f_3, f_4)$ определяли по уровню значимости $q = 0,05$, числу степеней свободы дисперсии взаимодействия между факторами $f_3 = (k-1)(m-1)$ и числу степеней свободы остаточной дисперсии $f_4 = km(n-1)$.

$F_p = 0,0676/0,0735 = 0,92$; табличное значение критерия Фишера $F_T = 2,74$ (при $q = 0,05$; $f_3 = 3$; $f_4 = 72$). Поскольку выполняется условие $F_p \leq F_T$, подтверждается гипотеза об отсутствии взаимодействия между факторами А и В.

Объединенную оценку дисперсии определяли по формуле:

$$S_0^2 = \frac{Q_3 + Q_4}{f_3 + f_4}. \quad (3)$$

Число степеней свободы объединенной дисперсии:

$$\begin{aligned} f_0 &= f_3 + f_4. \quad (4) \\ S_0^2 &= \frac{0,203 + 5,292}{3 + 72} = 0,0732, \\ f_0 &= 75. \end{aligned}$$

Для оценки значимости влияния на интенсивность пылеосаждения вида производителя (фактора А) и класса сырья (фактора В) была проверена однородность дисперсии фактора А и объединенной дисперсии и фактора В и объединенной дисперсии. Расчетное значение критерия Фишера определяли как отношение дисперсии фактора к объединенной дисперсии. Табличное значение критерия Фишера $F_{T1}(q, f_1, f_0)$ определяли по уровню значимости, числу степеней свободы дисперсии фактора и числу степеней свободы объединенной дисперсии: $F_T(q = 0,05, f_1 = 3, f_0 = 75) = 2,75$. Расчетное значение критерия Фишера:

$$F_{pA} = \frac{0,438}{0,0732} = 5,983.$$

Поскольку выполняется условие $F_p > F_T$, фактор А (производитель хлопкового волок-

на) влияет значимо на интенсивность пылеосаждения.

$$F_{pB} = \frac{0,00968}{0,0732} = 0,132; F_T = 3,9; F_p < F_T,$$

фактор В (класс сырья) влияет незначимо на интенсивность пылеосаждения.

В целом можно отметить, что в рамках данной выборки большее влияние на интенсивность пылеосаждения оказывает производитель хлопкового сырья; при этом класс хлопкового сырья, влияющий на качество продукции текстильного предприятия, на количество невозвратных отходов не оказывает значимого влияния.

Причинами того, что большее влияние на интенсивность пылеосаждения оказывают страны-производители хлопкового волокна, может быть влияние на формирование лигноцеллюлозного комплекса волокнистых материалов ряда природных факторов: состава почвы, количества солнечных дней, баланса воды в процессе роста.

ВЫВОДЫ

Исходя из однородности дисперсий интенсивности пылеосаждения во всех точках плана, можно прогнозировать, что при изготовлении текстильной продукции не будет значимых скачков объемов лигноцеллюлозного сырья для производства плитных композиционных материалов. Таким образом, не требуются большие объемы межоперационных запасов сырья для компенсации неравномерности его поступления.

Усредненное количество невозвратных пылевидных отходов можно брать в расчеты количества сырья для производства композиционных строительных плитных материалов применительно к типовому текстильному предприятию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вахнина Т.Н. Древесно-стружечные плиты строительного назначения // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №20. С. 28...31.
2. Вахнина Т.Н. Формирование свойств древесных плитных материалов для использования в строительных конструкциях // Жилищное строительство. – 2009, № 6. С.10...12.

3. Сусоева И.В., Букалов Г.К. Оценка соответствия терминов "текстильные отходы" и "пожаровзрывоопасные пыли" // Сб. тр. IV Междунар. научн. эколог. конф.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар: КубГАУ, 2015. С.559.

4. Сусоева И.В. Новый способ измерения интенсивности пылеосаждения на текстильном предприятии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С.134.

5. Шеффе Г. Дисперсионный анализ / Пер. с англ. – М., 1963.

2. Vakhnina T.N. Formirovanie svoystv drevesnykh plitnykh materialov dlya ispol'zovaniya v stroitel'nykh konstruksiyakh // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2009, №6. S. 10...12.

3. Susoeva I.V., Bukalov G.K. Otsenka sootvetstviya terminov "tekstil'nye otkhody" i "pozharovzryvoopasnye pyli" // Sb. tr. IV Mezhdunar. nauchn. ekolog. konf.: Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. – Krasnodar: KubGAU, 2015. S.559.

4. Susoeva I.V. Novyy sposob izmereniya intensivnosti pyleosazhdeniya na tekstil'nom predpriyatii // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, №5. S.134.

5. Sheffe G. Dispersionnyy analiz / Per. s angl. – М., 1963.

REFERENCES

1. Vakhnina T.N. Drevesno-struzhechnye plity stroitel'nogo naznacheniya // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2009, №20. S. 28...31.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 06.02.17.

УДК 677.011

РАНЖИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

RATING QUALITY INDICATORS OF GEOSYNTHETIC MATERIALS WITH APPLICATION OF THE THEORY OF FUZZY SETS

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

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

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

(Ivanovo State of Chemistry and Technology University,
Ivanovo State Politechnical University)

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

При комплексной оценке качества текстильных изделий, помимо определения состава единичных показателей качества, необходимо установить их приоритетность (весомость) в итоговом результате.

In a comprehensive assessment of the quality of textiles, in addition to determining the composition of individual quality indicators, it is necessary to establish their priority (weight) in the final result.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, показатели качества, методика ранжирования.

Keywords: geosynthetic materials, quality indicators, ranking methods.

При комплексной оценке качества потребительской продукции наиболее ответственным этапом является определение не только номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК), но и установление их весовости. Одним из методов ранжирования ЕПК является экспертный метод с использованием для обработки полученных данных теории нечетких множеств [1]. Данный метод для объектов текстильной и легкой промышленности применяется сравнительно недавно [2...4] и по этой причине требует дальнейшего развития с применением разнообразных объектов исследования.

Объектом исследования являлся нетканый геосинтетический материал торговой марки "Геоманит ДТ", произведенный предпри-

ятием ООО "НИПРОМТЕКС" (г. Железногорск Курской области). В качестве ЕПК выбрана группа показателей стойкости к внешним воздействиям, для чего введем кодированное обозначение ЕПК на уровне их свойств: X_1 – водопроницаемость; X_2 – морозостойкость; X_3 – гибкость; X_4 – грибоустойчивость; X_5 – устойчивость к агрессивным средам; X_6 – устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения; X_7 – устойчивость к циклическим нагрузкам.

Работа экспертов заключалась в формировании ранжированного ряда ЕПК (табл. 1) с использованием шкалы порядка от 1 до 7, где наиболее значимому показателю присваивается наибольший балл.

Т а б л и ц а 1

Номер эксперта	Единичные показатели качества						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	5	6	1	2	4	3	7
2	5	4	1	2	7	3	6
3	7	6	2	3	5	1	4
4	5	4	2	3	6	1	7
5	5	4	3	2	7	1	6
6	4	5	3	1	6	2	7
7	6	7	3	1	4	2	5
8	6	4	5	3	7	1	2
9	5	4	2	1	6	3	7
10	4	6	3	2	7	1	5

На первом этапе осуществляли анализ надежности мнений экспертов. С этой целью составим матрицу парных сравнений [5]:

$P = (p_{ij})$ $p_{ij} = 1/p_{ji}$, $i = \overline{1, n}$ $j = \overline{1, n}$ и из уравнения $P \bar{a} = \lambda \bar{a}$ найдем собственные значе-

ния λ матрицы P ($\bar{a} = (a_1 a_2 \dots a_n)$ собственный вектор). Отклонения $|\lambda_{\max} - n|$ служат мерой надежности экспертов.

Для первого эксперта матрица парных сравнений будет иметь вид:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 1,2 & 0,2 & 0,4 & 0,8 & 0,6 & 1,4 \\ 0,83 & 1 & 0,17 & 0,33 & 0,67 & 0,50 & 1,17 \\ 5 & 6 & 1 & 2 & 4 & 3 & 7 \\ 2,5 & 3 & 0,5 & 1 & 2 & 1,5 & 3,5 \\ 1,25 & 1,5 & 0,25 & 0,5 & 1 & 0,75 & 1,75 \\ 1,67 & 2 & 0,33 & 0,67 & 1,33 & 1 & 2,33 \\ 0,71 & 0,86 & 0,14 & 0,29 & 0,57 & 0,43 & 1 \end{pmatrix}.$$

Из уравнения $\det |P - \lambda E| = 0$ найдем собственные значения. Для этого осуществля-

ли преобразования с использованием аппарата MathCad:

$$f(\lambda) = -\lambda^7 + 7\lambda^6 + 0,6\lambda^5 + 0,00198\lambda^4. \quad (1)$$

Вычислим корни уравнения (1):

$$v := f(x) \text{ coeffs} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,00198 \\ 0,6 \\ 7 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -0,081 \\ -3,438 \cdot 10^{-3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 7,085 \end{pmatrix}.$$

В итоге имеем максимальное собственное значение $\lambda_{\max} = 7,085$. Тогда $|\lambda_{\max} - n| = 0,085$, то есть суждение первого эксперта надежно. Аналогично проверяли на надежность и остальных экспертов. В итоге проверка подтвердила компетентность всех экспертов.

Анализ данных табл. 1 показывает, что оценки экспертов отличаются и в ряде случаев носят противоречивый характер. Поэтому на следующем этапе осуществляли формализацию мнений экспертов путем подсчета частоты появления f_{ji} балла j для каждого показателя X_i , результаты которого приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Мнение (баллы), j	f_{j1}	f_{j2}	f_{j3}	f_{j4}	f_{j5}	f_{j6}	f_{j7}
1	0	0	2	3	0	5	0
2	0	0	3	4	0	2	1
3	0	0	4	3	0	3	0
4	2	5	0	0	2	0	1
5	5	1	1	0	1	0	2
6	2	3	0	0	3	0	2
7	1	1	0	0	4	0	4
$\sum_{i=1}^7 f_{ji}$	10	10	10	10	10	10	10

Далее для каждого показателя X_i строили нечеткие множества общего вида [6]:

$$\hat{D}_i = \{j \mid \mu_{ji}(X_i), j = \overline{1, 7}\}, \quad (2)$$

где $\mu_{ji}(X_i)$ – функция принадлежности.

Для рассматриваемого примера функция принадлежности равна:

$$\mu_{ji}(X_i) = \frac{f_{ji}}{\sum_{j=1}^7 f_{ji}}. \quad (3)$$

Отметим, что функция принадлежности (3) нормирована таким образом, что является также и оценкой вероятности присвоения балла j параметру X_i .

В итоге построенные нечеткие множества для показателей $X_1 \dots X_7$ имеют следующий вид:

$$\hat{D}_1 = \{(3 \mid 0,2), (4 \mid 0,5), (5 \mid 0,2), (6 \mid 0,1)\},$$

...

$$\hat{D}_7 = \{(1 \mid 0,1), (3 \mid 0,1), (4 \mid 0,2), (5 \mid 0,2), (6 \mid 0,4)\}.$$

На следующем этапе определяли показатель с наибольшим весом. Таковым являлся тот, для которого в соответствующем нечетком множестве наибольшее значение принимает математическое ожидание M_i , определяемое согласно выражению:

$$M_i = \sum_{X \in \text{sup } \hat{D}_i} X_i \mu_i(X). \quad (4)$$

Результаты расчета M_i представлены в табл. 3.

Показателю с наибольшим значением M_i ($M_5 = 4,9$) присвоим для определенности $\beta_5 = 1$. Остальные веса рассчитаем, воспользовавшись расстоянием Хэмминга [1]:

$$d(A, B) = \sum_{i=1}^n |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|, \quad (5)$$

где n – мощность рассматриваемых множеств A и B .

Например, $d(M_1, M_5) = (|0,2 - 0,2| + |0,1 - 0,5| + |0,3 - 0,2| + |0,4 - 0,1|) = 0,8$. Аналогично: $d(M_2, M_5) = 0,8$, $d(M_3, M_5) = 0,9$, $d(M_4, M_5) = 1,9$, $d(M_6, M_5) = 2$, $d(M_7, M_5) = 0,4$.

Самый высокий вес присваивается множеству с наименьшим расстоянием Хэмминга по формуле:

$$\beta_i = 1 - \frac{d(M_i, M_5)}{\sum_{i \neq 5} d(M_i, M_5)}. \quad (6)$$

Результаты определения β_i приведены в табл. 3.

Окончательные веса α_i , ранжирующие ЕПК по их значимости, рассчитываются исходя из следующего соотношения:

$$\alpha_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i}. \quad (7)$$

Результаты расчетов α_i также приведены в табл. 3

Т а б л и ц а 3

i	1	2	3	4	5	6	7
M_i	4,2	3,9	1,5	1	4,9	0,8	4,6
β_i	0,88	0,88	0,87	0,72	1	0,71	0,94
α_i	0,15	0,15	0,14	0,12	0,17	0,11	0,16

В данном случае выявлено, что из всего перечня представленных ЕПК наиболее значимыми в группе показателей стойкости к внешним воздействиям для оценки качества нетканых геотекстильных материалов оказались: устойчивость к агрессивным средам, устойчивость к циклическим нагрузкам, морозостойкость и водопроницаемость. Достоинством рассмотренного метода ранжирования ЕПК является то, что, несмотря на мнения экспертов, поставивших низкие баллы, возможно исключение незначимых показателей.

ВЫВОДЫ

Предложена методика экспертного ранжирования единичных показателей качества с использованием аппарата нечетких множеств, осуществленная на примере показателей качества из группы стойкости к внешним воздействиям нетканых геосинтетических материалов, предназначенных для дорожного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пегат А.* Нечеткое моделирование и управление. – М.: Бином, 2017.
2. *Васильева В.Д., Дербинер Е.В., Дербинер В.Е.* Совершенствование метода ранжирования показателей качества текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 3. С.15...17.
3. *Чагина Л.Л.* Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6. С. 16...21.
4. *Луныкова С.В., Виноградова Н.В., Гусев Б.Н.* Количественная оценка эстетического вида швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6. С. 65...68.
5. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
6. *Лысова М.А., Ломакина И.А., Луныкова С.В., Гусев Б.Н.* Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий. – Иваново: ИГТА, 2012.

REFERENCES

1. *Pegat A.* Nечetkoe modelirovanie i upravlenie. – M.: Binom, 2017.

2. Vasil'eva V.D., Derbisher E.V., Derbisher V.E. Sovershenstvovanie metoda ranzhirovaniya pokazateley kachestva tekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, № 3. S.15...17.

3. Chagina L.L. Metodika kompleksnoy otsenki kachestva l'nyanykh trikotazhnykh poloten dlya verkhnykh izdeliy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №6. S. 16...21.

4. Lun'kova S.V., Vinogradova N.V., Gusev B.N. Kolichestvennaya otsenka esteticheskogo vida shveynykh izdeliy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №6. S. 65...68.

5. Saati T. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierar-khiy. – M.: Radio i svyaz', 1993.

6. Lysova M.A., Lomakina I.A., Lun'kova S.V., Gusev B.N. Matematicheskie metody v proektirovanii i otsenivanii kachestva tekstil'nykh materialov i izdeliy. – Ivanovo: IGTA, 2012.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации Института текстильной индустрии и моды ИВГПУ. Поступила 21.01.19.

УДК 677.017

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КИСЛОТЫ И НЕФТИ

RESEARCH OF TISSUE RESISTANCE OF SPECIAL PURPOSE AFTER ACTION OF ACID AND OIL

V.B. ХАММАТОВА, К.Э. ПАЗУМЕЕВ

V.V. KHAMMATOVA, K.E. RAZUMEEV

(Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Kazan National Research Technological University,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: venerabb@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой текстильных материалов специального назначения для работников химической, нефтехимической и представителей нефтедобывающей отраслей с использованием потока неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления и полимерных покрытий, а также водоотталкивающей пропитки. Наиболее важным показателем, определяющим защитные свойства, является стойкость к агрессивным средам (нефти и щелочи). Проведены исследовательские испытания защитных свойств текстильных материалов и представлены полученные результаты.

The article discusses issues related to the development of textile materials for special purpose for workers of chemical, petrochemical and representatives of the oil industries with the use of a stream of nonequilibrium low-temperature plasma of reduced pressure and polymer coatings, as well as water-repellent impregnation. The most important indicator in determining the protective properties is the resistance to aggressive media (oil and alkali). Conducted research testing the protective properties of the textile materials and the results are presented.

Ключевые слова: текстильный материал, плазма, стойкость к агрессивным средам, защитные свойства, наноструктурирование, специальная одежда.

Keywords: textile material, plasma, resistance to aggressive environments, protective properties, nanostructures, special clothing.

В данной работе проведены исследования влияния неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления для повышения стойкости к агрессивным средам (нефти, щелочи и кислоте) одежды специального назначения из наноструктурированных текстильных материалов с содержанием натуральных волокон.

Обработка опытных образцов наноструктурированных текстильных материалов осуществлялась на уникальной полупромышленной плазменной установке периодического действия ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3, где в вакуумной камере между ВЧ электродами устанавливался рулон исходного материала. При закрытии крышки вакуумной камеры с помощью откатной двери электроды устанавливались в рабочее положение. В камере создавалось пониженное давление и происходила обработка в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы [1].

Наноструктурирование экспериментальных образцов текстильных материалов из натуральных волокон осуществлялось при варьировании входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда $W_p = 0,2...2,0$ кВт; расход плазмообразующего газа G от 0 до 0,08 г/с; давление P_k в вакуумной камере от 13 до 53 Па и время обработки t от 1 до 3 м/мин; мощность, потребляемая установкой $P_{потр}$, от 1,0 до 5,0 кВт. Данная конструкция является однокамерной установкой периодического действия. Ее питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 380/220 В \pm 5%, частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон, аргон - пропан-бутан.

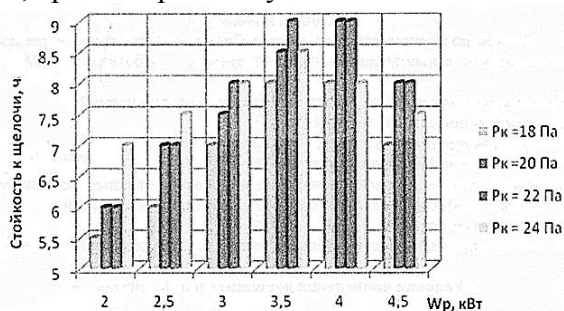


Рис. 1

Объектом исследования являлись суровые ткани "Премьер Комфорт-250", (состав 80% хлопок + 20% ПЭ), артикул 18422X и "Премьер Cotton-300" с пропиткой (состав 100% хлопок), артикул 10408.

Одним из основных показателей, определяющих защитные свойства наноструктурированных тканей для специальной одежды с содержанием натуральных волокон, является стойкость к агрессивным средам. В качестве агрессивной среды использовали раствор щелочи NaOH и нефть (ГОСТ 12.4.220–2002) [2], что позволило определить их выносливость, то есть устойчивость к действию многоцикловых нагрузок.

Проведено исследование влияния метода наноструктурирования текстильных материалов с помощью ННТП обработки в результате воздействия на них щелочи.

Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2 (рис. 1 – изменение стойкости к щелочи экспериментальных образцов тканей суровье "Премьер Комфорт-250" (80% хлопок + 20% полиэстер) от мощности разряда и давления в вакуумной камере; рис. 2 – изменение стойкости к щелочи экспериментальных образцов тканей суровье "Премьер Cotton-300" (100% хлопок) от мощности разряда и давления в вакуумной камере).

Для композиционного текстильного материала "Премьер Комфорт-250", артикул 18422X, разрывная нагрузка контрольных образцов при пятикратном испытании по основе P_n составила 998,3; 988,4; 1004; 1053 и 1098 даН, а по утку P_n равнялась 745,1; 800,5; 795,7; 760,1 и 799,4 даН (рис. 1).

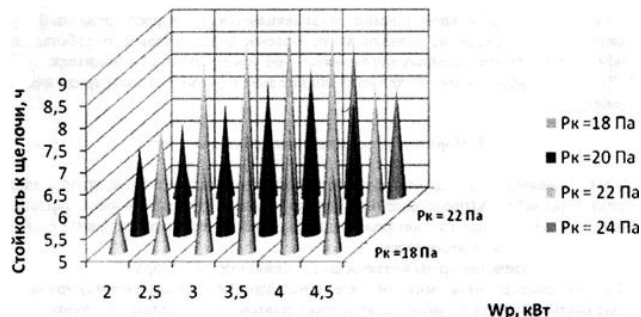


Рис. 2

Проведенные исследования ткани "Премьер Cotton-300" (100% хлопок) показали, что максимальные показатели стойкости к щелочи до 8,5 ч достигаются в результате наноструктурирования ННТП при $P_k=22$ Па; $W_p=4,0$ кВт; $\tau=2$ м/мин; $G_{возд}=0,04$ г/с и до 9,0 ч наблюдается в ткани "Премьер Комфорт-250" (80% хлопок + 20% полиэстер) при воздействии потоком ННТП в режиме $P_k = 20...22$ Па; $W_p = 4,0$ кВт; $\tau = 2$ м/мин; $G_{возд} = 0,04$ г/с, что соответствует требованиям ГОСТ – не менее 4 ч.

На основе отработки режимов мощности разряда и давления в вакуумной камере на плазменной установке установлено, что после наноструктурирования ННТП экспериментальных образцов текстильных материалов стойкость к щелочи увеличивается для всех видов материалов, используемых в

качестве объектов исследования. При дальнейшем увеличении параметров наноструктурирования – мощности разряда и давления в вакуумной камере – происходит обратный процесс: стойкость к щелочи снижается, что приводит к ухудшению внешнего вида и интенсивности окраски текстильных материалов для спецодежды.

В результате исследований влияния плазменного потока на проницаемость нефти в образцах текстильных материалов (табл. 1) установлено, что непродолжительное воздействие ($\tau=1$ м/мин) в режиме $P_k=20...22$ Па; $W_p=4,0$ кВт; $G=0,04$ г/с приводит к увеличению времени проницаемости капли нефти до 18 ч преимущественно в плазмообразующем газе аргон, что соответствует требованиям ГОСТ – не менее 12 ч.

Т а б л и ц а 1

Текстильный материал для спецодежды	Время стойкости к проницаемости нефти t_n , ч		
	контрольный образец	плазмообразующие газы	
		аргон	аргон - пропан - бутан
"Премьер Комфорт-250"	12	16	15
"Премьер FR-350"	12	18	16
"Премьер Cotton-300"	12	15	16
"Парусина полульняная"	10	12	13

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные текстильные материалы для спецодежды на основе применения метода наноструктурирования образцов потоком ННТП способны защитить от едких химических веществ. При этом ткани "Премьер Комфорт-250" отлично отталкивают нефтепродукты и щелочь, что достигается при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=22$ Па и времени воздействия $\tau=2$ м/мин, (для щелочи), $P_k = 20...22$ Па и $\tau = 1$ м/мин (для нефти), мощности разряда $W_p=4,0$ кВт, при расходе плазмообразующего газа $G_{Ar} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова Э.А., Гайнутдинов Р.Ф., Матвеев Ю.Н. Разработка технологии производства модифицированных композиционных волокнистых матери-

алов, применяемых в нефтехимическом и нефтеперерабатывающем комплексах. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016.

2. ГОСТ 12.4.220–2002. ССБТ. Средства индивидуальной защиты. Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред. - Введ.12.04.2002. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2002.

REFERENCES

1. Khammatova E.A., Gaynutdinov R.F., Matveev Yu.N. Razrabotka tekhnologii proizvodstva modifitsirovannykh kompozitsionnykh voloknistykh materialov, primenyaemykh v neftekhimicheskom i neftepererabatyvayushchem kompleksakh. – Kazan': Izd-vo KNIU, 2016.

2. GOST 12.4.220–2002. SSBT. Sredstva individual'noy zashchity. Metod opredeleniya stoykosti materialov i shvov k deystviyu agressivnykh sred. - Vved. 12.04.2002. – M.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 2002.

Рекомендована кафедрой дизайна КНИТУ. Поступила 04.04.19.

**ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ПОЛИМЕРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКЕ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**STUDYING THE OPTICAL PROPERTIES OF POLYMER FILMS
USED IN THE FINAL FINISH OF TEXTILE MATERIALS**

Е.Г. ПОЛУШИН, О.В. КОЗЛОВА, А.С. ЗАХАРЧЕНКО, В.Е. РУМЯНЦЕВА

E.G. POLYSHIN, O.V. KOZLOVA, A.S. ZAKHARCHENKO, V.E. RUMYANTSEVA

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

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

E-mail: egpolushin@yandex.ru, ovk-56@mail.ru; anton-koresh@yandex.com; varrym@gmail.com

Поиск новых препаратов для операций заключительной отделки текстильных материалов и разработка технологий на основе этих веществ являются актуальной задачей. В статье приведены результаты оценки пригодности отечественных акриловых и уретановых полимеров для отделки тканей. Результаты оценки показателей водопоглощения и устойчивости пленок к воде послужили основой создания таких технологий заключительной отделки, как несминаемая, малоусадочная, грязе-, маслоотталкивающая и др.

The task of finding new products for final finishing operations of textile materials, as well as the development of technologies based on these substances is relevant. The article presents the results of assessing the suitability of domestic acrylic and urethane polymers for finishing fabrics. The results of the evaluation of water absorption and the resistance of the films to water served as the basis for the creation of such technologies for the final finishing as permanent, low-shrinking, dirt-repellent, oil-repellent, etc.

Ключевые слова: пигментно-полимерные композиции, крашение пигментами, ракельный способ нанесения, текстильный материал.

Keywords: final finishing of textile materials, acrylic and urethane polymers, water absorption, water resistance of films, non-shrink finish, low shrinkable, dirt-repellent, oil-repellent finishes.

Повышение качества тканей, обеспечение долговечности и надежности изделий, придание материалам новых свойств осуществляется на стадии заключительной отделки текстильных материалов.

В настоящий момент преимущественным способом заключительной отделки тканей бытового назначения является обработка составами, содержащими высокомолекулярные соединения. Большую роль в улучшении пот-

ребительских свойств готовых тканей играют свойства полимерных препаратов, используемых в составах для заключительной отделки.

С развитием химической промышленности на российском рынке появился большой арсенал водных дисперсий на основе синтетических акриловых и уретановых полимеров, которые обладают свойствами, аналогичными применяемым в настоящее время

зарубежным препаратам для заключительной отделки текстильных материалов [1]. Предприятия текстильной отрасли постоянно изыскивают пути повышения эффективности производства, которые выражаются в снижении расходов используемых препаратов, оптимизации технологических параметров обработки тканей, поиска более дешевых аналогов ходовым препаратам.

В связи с этим задача поиска новых препаратов для операций заключительной отделки, а также разработка технологий на основе этих веществ является актуальной. Оценить применение полимерных препаратов для отделки тканей с точки зрения сохранения колористических свойств окрасок и приобретения дополнительных улучшенных свойств (малоусадочности, несминаемости, наполненности, мягкого грифа и др.) позволило проведение исследования оптических свойств пленок, отлитых из изучаемых полимеров.

С целью оценки пригодности полимеров для отделки тканей были использованы такие показатели, как водопоглощение и устойчивость пленок к воде.

Оптическая плотность прозрачных пленок зависит прежде всего от гладкости поверхности пленки, а также от показателя ее преломления. В принципе все тонкие пленки полимерных материалов должны быть прозрачны, но кристаллические включения, микротрещины и прочие неоднородности структуры, размер которых сравним с длиной волны проходящего света, оказывают влияние на световой поток. Таким образом, при прохождении света через указанные неоднородные включения возникают многочисленные отражения прямолинейного потока света, что вызывает появление мутности полимерной пленки.

При погружении полимерных прозрачных пленок в водную среду на уже имеющиеся неоднородности структуры накладывается действие воды. На полимерную пленку вода может действовать несколькими путями – приводит к образованию связей между молекулами воды и макромолекулами полимерного материала, к включению молекул воды в структуру имеющих пустот

или к перестройке надмолекулярной структуры полимера, а также возможно проникновение воды в микротрещины и поры поверхности полимерной пленки. Эти факторы могут спровоцировать изменение оптической плотности полимерной пленки [2].

В связи с этим представляет интерес изучение процесса изменения оптической плотности полимерных пленок, погруженных в воду. Эксперимент заключался в определении с помощью фотоэлектрического колориметра КФК-2МП оптической плотности пленки, сформированной непосредственно в кювете и погруженной в воду, при ее постепенном помутнении.

Полученные результаты, представленные на рис. 1 (зависимость изменения оптической плотности пленок от продолжительности выдерживания их в воде: 1 – Аквапол-10; 2 – А-ГМА; 3 – Аквапол-11; 4 – Аквапол-12; 5 – Ларус-31; 6 – Ларус-33; 7 – Акремос-101; 8 – Акремос-705; 9 – Рузин-14и; 10 – Аквапол-21; 11 – Рузин-33), позволяют выделить некоторые группы исследованных полимеров:

- увеличение оптической плотности пленок полимеров отсутствует или слабо выражено. К полимерам, входящим в эту группу, относятся: Рузин-33; Рузин-14и; Аквапол-21; Акремос-101; Акремос-705;
- среднее увеличение оптической плотности проявляют пленки из полимеров Ларус-33, Ларус-31, Аквапол-12;
- пленки, характеризующиеся резким возрастанием оптической плотности, сформированы из Аквапола-10, Аквапола-11, полимера А-ГМА.

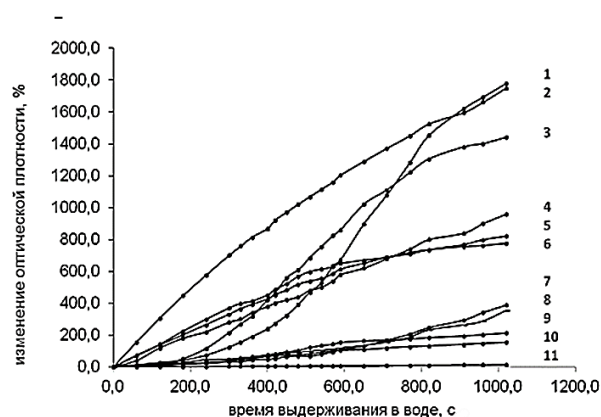


Рис. 1

Исходя из динамики и относительной величины изменения оптической плотности, можно сделать предположения о характере воздействия воды на полимерную пленку, а следовательно, на структуру полимера. Материалы с низким изменением оптической плотности либо не поглощают воду и имеют гладкую структуру, либо поглощают воду, связываясь с ней функциональными группами полимера, что не приводит к существенному изменению структуры пленки. Напротив, большое изменение оптической плотности говорит о существенном изменении структуры полимера, заключающейся либо в расширении поверхностных пор и микротрещин, либо во включении воды в объем пленки и перестройке надмолекулярной структуры полимера.

С целью оценки пригодности полимеров для отделки тканей определяли такие показатели, как водопоглощение и устойчивость пленок к воде.

В процессах сорбции и набухания происходит не только заполнение сорбатом отдельных пор в полимерном теле, но конформационные перестройки макромолекул, то есть релаксационные процессы [3]. В отличие от линейных полимеров, набухание шитых полимеров сопровождается высокоэластической деформацией, проявляющейся в распрямлении отрезков цепей между узлами сетки. Полимеры с небольшим изменением оптической плотности (1 – Рузин-33; 2 – Рузин-14и) являются в большей степени пространственношитыми, в отличие от пленок из Аквапола-10; Аквапола-11; А-ГМА.

Помимо природы полимера, из которого сформирована пленка, на устойчивость полимера в воде оказывают влияние и условия, в которых сформирована пленка, в частности, температура сушки и термообработки пленки перед погружением в воду.

Наименьшее помутнение наблюдается на пленках, фиксированных при температурах не меньше 130°C, очевидно, связанное с более компактно сформированной структурой пленки и соответственно меньшим значением ее водопоглощения. Это было учтено в дальнейшем при организации процесса модификации текстильного материала аппаратами на основе полимеров.

Часто при создании композиций для заключительной отделки тканей используют приемы комбинирования препаратов – полимеров различной химической природы. Проверена возможность совмещения акриловых и уретановых полимеров в одном аппарате. Несмотря на хорошую совместимость полимеров в композиции и равномерное нанесение ее на ткань, устойчивость эффектов заключительной отделки может быть низкой.

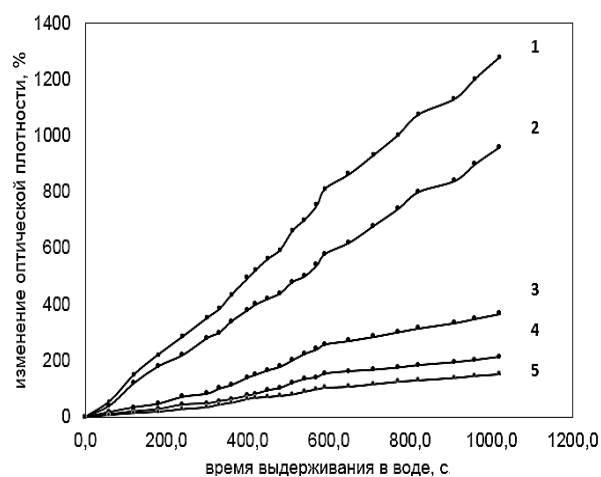


Рис. 2

Как можно видеть из рис. 2 (изменение оптических свойств пленок полимеров и их смесей после выдерживания в воде: 1 – Аквалол-12 с Рузином-14и; 2 – Аквалол-12; 3 – Аквалол-21 с Рузином-14и; 4 – Рузин-14и; 5 – Аквалол-21), устойчивость к помутнению пленок, отлитых из полиуретанов, более высокая, чем у пленок, отлитых из смеси полиуретанов с полиакрилатом.

Определено количество влаги, сорбированной полимерными пленками различной природы за сутки (рис. 3 – водопоглощение полимерных пленок за сутки: 1 – Рузин-33; 2 – Рузин-14и; 3 – Ларус-33; 4 – Ларус-31; 5 – Аквалол-10; 6 – Аквалол-11; 7 – Аквалол-12; 8 – Аквалол-21; 9 – Акремос-101; 10 – Акремос-705; 11 – Helizarin ET; 12 – Binder-83; 13 – Лакротен-31; 14 – Лакротен-61; 15 – Лакротен-72; 16 – А-ГМА). При сравнении результатов с предыдущим экспериментом можно видеть, что прямой зависимости между показателями водопоглощения пленок и показателями их помутнения не наблюдается.

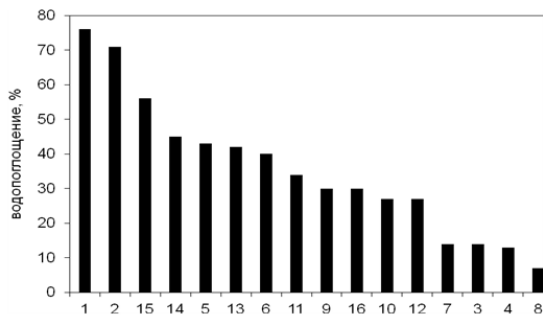


Рис. 3

Очевидно, пленки с разной химической структурой сравнивать по этому показателю некорректно. Для полимеров разного строения и природы отношение изменения оптической плотности и водопоглощения будет различно. Кроме того, в каждом отдельном случае этот факт может быть связан с размещением в структуре полимера гидрофильных функциональных групп на поверхности, на концах макромолекул, в глубине полимерных сеток.

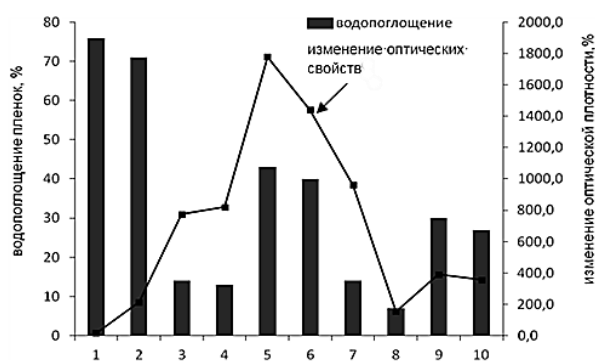


Рис. 4

Рис. 4 (водопоглощение и оптические свойства пленок: 1 – Рузин-33; 2 – Рузин-14и; 3 – Ларус-33; 4 – Ларус-31; 5 – Аквапол-10; 6 – Аквапол-11; 7 – Аквапол-12; 8 – Аквапол-21; 9 – Акремос-101; 10 – Акремос-705) представляет собой совмещенную диаграмму свойств водопоглощения и изменения оптической плотности пленок полимеров, погруженных в воду. Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы.

1. Высокие показатели водопоглощения при минимальных изменениях оптических свойств пленок препаратов Рузин-33 и Рузин-14и свидетельствуют о вероятном наличии межмолекулярных сшивок.

2. Относительно низкое водопоглощение следующей группы пленок полимеров (Ларус-31, Ларус-33) связано с присутствием в их составе; при этом в комплексе с относительно высокими изменениями оптической плотности можно сказать, что под действием воды происходит перестройка макромолекул с включением в образующиеся пустоты молекул воды, значительно влияющих на распространение светового потока.

3. В ряду полиуретановых полимеров (Аквапол-10, Аквапол-11, Аквапол-12, Аквапол-21) изменение оптических свойств и водопоглощение пленок, очевидно, снижаются с уменьшением размера частиц в соответствующей дисперсии препарата. Таким образом, надмолекулярная структура образующихся пленок отражает флуктуации плотности упаковки, predetermined, в частности, и степень дисперсности исходных веществ, что в свою очередь оказывает влияние на параметры водопоглощения и изменения оптической плотности.

4. Для пленок, отлитых из препаратов Акремос-101, Акремос-705 характерны более умеренные значения водопоглощения по сравнению с пленками из Рузинов; по всей видимости, это связано с большим количеством звеньев стирола в полимерной цепи, вместе с тем небольшой уровень изменения оптической плотности говорит о более плотной упаковке макромолекул.

ВЫВОДЫ

Полученные закономерности позволят целенаправленно выбрать полимеры, отвечающие соответствующим требованиям заключительной отделки текстильных материалов – несминаемой, малоусадочной, грязе-, масло-, водоотталкивающей и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меленчук Е.В., Козлова О.В., Алешина А.А. Использование дисперсий акриловых полимеров при печати тканей пигментами // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. Т. 54, № 1. С.13...20.
2. Klenin V.J., Shmakov S.L. Features of Phase Separation in Polymeric Systems: Cloud-Point Curves (Discussion) // Universal Journal of Materials Science. – V.1(2), 2013. P. 39...45.

3. Mabry J.M., Viers B.D. Ultrahydrophobicity and molecular surface roughness in fluorinated polyhedral oligomeric silsesquioxanes // Polymer Preprints. – V.47(2), 2006. P.1216.

REFERENCES

1. Melenchuk E.V., Kozlova O.V., Aleshina A.A. Ispol'zovanie dispersiy akrilovykh polimerov pri pechati tkaney pigmentami // Izv. vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2011. T. 54, № 1. S.13...20.

2. Klenin V.J., Shmakov S.L. Features of Phase Separation in Polymeric Systems: Cloud-Point Curves (Discussion) // Universal Journal of Materials Science. – V.1(2), 2013. P. 39...45.

3. Mabry J.M., Viers B.D. Ultrahydrophobicity and molecular surface roughness in fluorinated polyhedral oligomeric silsesquioxanes // Polymer Preprints. – V.47(2), 2006. P.1216.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 28.01.19.

УДК 624.142

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦИКЛОВ ЗАМОРАЖИВАНИЯ - ОТТАИВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОНА

THE INFLUENCE OF NATURAL CYCLES FREEZING - THAWING ON DURABILITY AND DEFORMABILITY OF CONCRETE

А.Д. ИСТОМИН, Т.А. НАЗАРОВ

A.D. ISTOMIN, T.A. NAZAROV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: nauka.07@mail.ru

В районах Сибири, Якутии особенно актуален вопрос долговечности железобетонных конструкций при циклическом замораживании и оттаивании для обеспечения их нормальной эксплуатации. При этом остается открытым вопрос о связи лабораторных и природных циклов замораживания-оттаивания и их влиянии на прочностные характеристики бетона. В связи с этим были проведены экспериментальные исследования по влиянию длительного воздействия природных циклов замораживания и оттаивания на деформативно-прочностные характеристики бетона, результаты которых представлены в данной статье.

In the districts of Siberia, Yakutia the question of longevity of reinforce-concrete constructions is especially actual at the cyclic freezing and thawing for providing of their normal exploitation. Thus a question remains open about connection of laboratory and natural cycles of freezing-thawing and their influence on durability of concrete. In this connection experimental studies were undertaken on influence of the protracted influence of natural cycles of freezing and thawing on a deformability and durability of concrete, the results of that are presented in this article.

Ключевые слова: бетон, замораживание, оттаивание, природные циклы, температура, влажность, прочность, модуль деформаций.

Keywords: concrete, freezing, thawing, natural cycles, temperature, humidity, durability, module of deformations.

Современное развитие экономики Российской Федерации неразрывно связано с освоением районов Северного региона страны. Это в свою очередь предполагает широкое строительство железобетонных зданий и сооружений в суровых природно-климатических условиях [1], [2]. При этом особенно актуален вопрос повышения долговечности железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях циклического замораживания и оттаивания (ЦЗО), для обеспечения их нормальной эксплуатации в течение всего жизненного цикла [3...7].

В настоящее время вопрос о долговечности железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию циклических замораживаний и оттаиваний, решается путем обеспечения марки бетона по морозостойкости. При этом регламентируется определение фактической прочности бетонных образцов-кубов после лабораторных циклов замораживания-оттаивания с фиксированной нижней температурой и временем процесса замораживания-оттаивания. Однако в естественных климатических условиях скорость, диапазон и амплитуда изменения температуры окружающей среды различны и носят случайный характер. Связь между лабораторными и природными циклами нельзя считать установленной, поскольку существующие рекомендации неопределенны и противоречивы. При этом остается открытым вопрос о связи лабораторных и природных циклов замораживания-оттаивания и их влияния на деформативно-прочностные характеристики бетона [8], [9]. В связи с этим были проведены экспериментальные исследования по влиянию длительного воздействия природных циклов замораживания и оттаивания на деформативно-прочностные характеристики бетона.

Программой исследований предусматривалось испытание стандартных бетонных призм, подверженных воздействию лабораторных и природных циклов заморажива-

ния-оттаивания. Для проведения исследования были изготовлены бетонные призмы с размерами 100×100×400 мм. Длительность воздействия природных циклов составила 22 года.

В ходе испытаний образцов были проанализированы суточные данные по изменению температуры воздуха в период с 1995 по 2016 гг. в Московской области, где проводились испытания. Для градации циклов замораживания-оттаивания были выделены циклы в зависимости от их нижней температуры. Полученные данные представлены на рис. 1 – распределение количества циклов замораживания-оттаивания в зависимости от температуры.

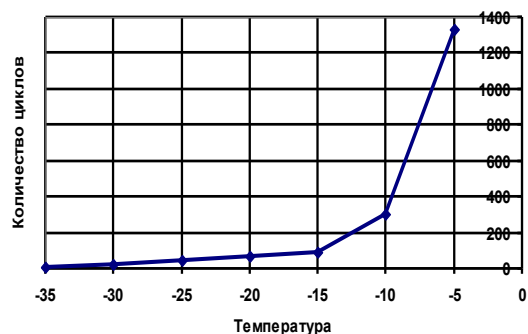


Рис. 1

Коэффициент условий работы (R_{bc}/R_b), учитывающий влияние циклических замораживаний и оттаиваний на прочность бетона при сжатии, рекомендуется определять по зависимости:

$$\gamma_{bc} = 1 - 0,325k_R \frac{\sum_{i=1}^{i=n} |T_{ci}|^m C_i}{C_F + (649\sigma_b^3 - 1453\sigma_b^2 + 650\sigma_b)} \cdot (1)$$

Коэффициент условий работы (E_{bc}/E_b), учитывающий влияние циклических замораживаний и оттаиваний на начальный модуль упругости бетона, рекомендуется определять по зависимости:

$$\beta_{bc} = 1 - 0,425k_E \frac{\sum_{i=1}^{i=n} |T_{ci}|^m C_i}{C_F + (649\bar{\sigma}_b^3 - 1453\bar{\sigma}_b^2 + 650\bar{\sigma}_b)}. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) приняты следующие обозначения: k_R , k_E – коэффициенты, зависящие от марки бетона по морозостойкости и среды эксплуатации (табл. 1); T_{ci} – нижняя отрицательная температура в i -х циклах замораживания-оттаивания; $m=4,1-\lg C_F^{0,95}$ – коэффициент перехода от числа циклов по стандартной методике испытаний (-18°C) к

числу природных циклов; $\bar{\sigma}_b = \frac{\sigma_b}{R_b}$ – уровень нагружения сжатого бетона; C_i – количество циклов замораживания-оттаивания, имеющих температуру T_{ci} ; C_F – количество циклов замораживания-оттаивания, соответствующих марке бетона по морозостойкости, определенное по основному методу (-18°C).

Т а б л и ц а 1

Условия эксплуатации конструкции	W, %	$k_R \cdot 10^4$ $k_E \cdot 10^4$	Марка бетона по морозостойкости					
			$\leq F100$	F200	F300	F400	F500	$\geq F600$
Переменное замораживание и оттаивание в условиях воздушной среды	≤ 3	k_R	0,25	0,5	0,75	1,2	3	14
		k_E	0,22	0,7	1,7	3,5	8	20
	4	k_R	0,4	1,2	2,3	4,2	9,6	24
		k_E	0,38	1,5	3,2	8	24	125
Переменное замораживание и оттаивание в условиях эпизодического водонасыщения	5	k_R	0,5	2,4	4,3	7,5	16	60
		k_E	0,6	3	8	20	80	350
Переменное замораживание и оттаивание в водонасыщенном состоянии	6	k_R	0,7	4	5,5	10	40	130
		k_E	1	10	25	50	160	600
	≥ 7	k_R	0,9	5,3	9	14	63	243
		k_E	1,4	18	42	80	350	1000

Опытные данные испытания бетонных призм после 22 лет хранения в нормальных и природных климатических условиях представлены в табл. 2. Здесь же представлены

соответствующие коэффициенты условий работы бетона, вычисленные по формулам (1) и (2).

Т а б л и ц а 2

Наименование	W, %	Нормальные условия		После ЦЗО		Опыт		Расчет	
		R_b , МПа	$E_b \cdot 10^3$, МПа	R_{bc} , МПа	$E_{bc} \cdot 10^3$, МПа	$\frac{R_{bc}}{R_b}$	$\frac{E_{bc}}{E_b}$	$\frac{R_{bc}}{R_b}$	$\frac{E_{bc}}{E_b}$
Бетон естественной влажности	4,41	31,6	27,9	28,8	23,7	0,91	0,85	0,90	0,87
Бетон водонасыщенный	6,33	27,5	24,5	22,1	16,9	0,80	0,69	0,83	0,69

Из результатов, представленных в табл. 2, видно, что у бетонных образцов с естественной влажностью, после 22 лет действия природных циклов замораживания-оттаивания призмная прочность уменьши-

лась на 9%, а модуль упругости – на 15% по сравнению с образцами, хранившимися в нормальных условиях. Призмная прочность водонасыщенных бетонных образцов после 22 лет действия природных циклов

замораживания-оттаивания уменьшилась на 20%, а модуль упругости – на 31% по сравнению с образцами, хранившимися в нормальных условиях. Расчетные значения коэффициентов γ_{bc} и β_{bc} , полученные по формулам (1) и (2), практически не отличаются от опытных значений.

Относительная призмная прочность водонасыщенного бетона представлена на рис. 2 – диаграмма коэффициентов условий работы γ_{bc} при влажности $W=6,33\%$.

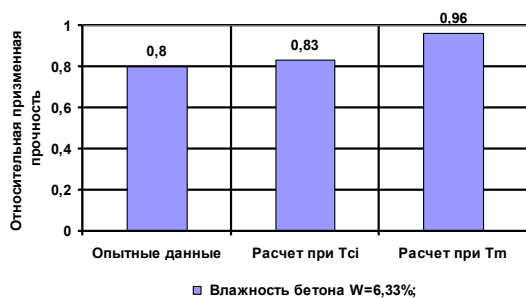


Рис. 2

Расчетное значение относительной призмной прочности при $W=6,33\%$ по формуле (1) при переменном значении температуры T_{ci} отличается от опытных данных на 3,8%. Расчетное значение относительной призмной прочности при $W=6,33\%$ по формуле (1) при средней отрицательной температуре $T_m = -6,5^\circ\text{C}$ отличается от опытных данных на 20%.

Относительный модуль упругости водонасыщенного бетона представлен на рис. 3 – диаграмма коэффициентов условий работы β_{bc} при влажности $W=6,33\%$.

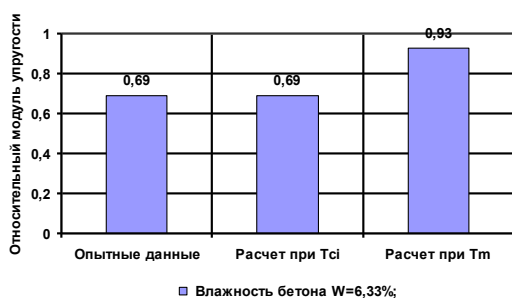


Рис. 3

Коэффициент изменения начального модуля упругости бетона, определенный по формуле (2), при переменном значении температуры T_{ci} не отличается от опытного зна-

чения. Относительный модуль упругости бетона, определенный по формуле (2), при средней отрицательной температуре $T_m=-6,5^\circ\text{C}$ отличается от опытных данных на 35%.

Результаты испытаний в виде диаграмм состояния сжатого водонасыщенного бетона при его влажности 6,33% представлены на рис. 4

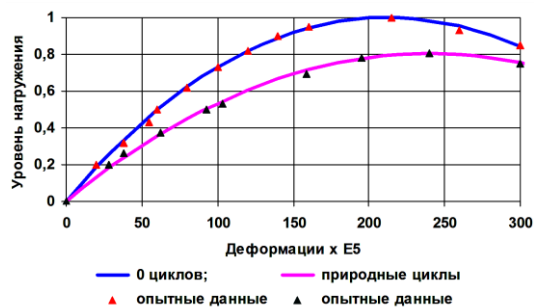


Рис. 4

Из рис. 4 видно, что предельные деформации сжатия бетона ϵ_{b0} возрастают с $205 \cdot 10^{-5}$ до $267 \cdot 10^{-5}$ относительных единиц, то есть увеличиваются на 30%.

Кроме этого наблюдается изменение характера кривой $\sigma_b - \epsilon_b$, которая после природных циклов замораживания-оттаивания становится более пологой.

ВЫВОДЫ

1. Воздействие природных циклов замораживания-оттаивания на бетон естественной влажности приводит к снижению его призмной прочности и начального модуля упругости соответственно на 9 и 15%.

2. Воздействие природных циклов замораживания-оттаивания на водонасыщенный бетон приводит к снижению его призмной прочности и начального модуля упругости соответственно на 20 и 31%.

3. При расчете коэффициентов, учитывающих снижение прочности бетона и его модуля упругости, необходимо учитывать нижнюю температуру природных циклов. Среднее значение отрицательной температуры приводит к завышению данных коэффициентов на 20...34%.

1. *Истомин А.Д., Петрова В.А.* Напряженно-деформированное состояние статически неопределимых балок в условиях отрицательных температур // Строительство и реконструкция. – 2019, №1(81). С.3...9.

2. *Истомин А.Д.* Влияние знакопеременных температур на напряженное состояние сталебетонных изгибаемых балок // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №2. С.219...224.

3. *Подвальный А.М.* О концепции обеспечения морозостойкости бетона в конструкциях зданий и сооружений // Строительные материалы. – 2004, №6 (594). С.4...6.

4. *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.

5. *Тамразян А.Г.* К расчету железобетонных элементов с учетом ползучести и старения на основе реологической модели бетона // Промышленное и гражданское строительство. – 2012, № 7. С. 26...27.

6. *Tamrazyan A.G., Khetagurov A.T.* Influence of rheological properties of structure on durability of concrete // Beton i Zhelezobeton. – (5), 2001. P. 4...6.

7. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т.* О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Академия. Архитектура и строительство. – 2015, №1. С.93...103.

8. *Актуганов И.З.* Методика оценки влияния климатических температурно-влажностных воздействий на долговечность бетона строительных конструкций. – Новосибирск: НГТУ, 2008.

9. *Ehsan Solatiyan, Mohammad Asadi and Mahmoud Bozorgmehrasl.* Experimental Investigating the effect of freeze-thaw cycles on strength properties of concrete pavements in cold climates // Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. – Vol. 5(S2), 2015. P. 2421...2428.

1. *Istomin A.D., Petrova V.A.* Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie staticheski neopredelimykh balok v usloviyakh otritsatel'nykh temperatur // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2019, №1(81). S.3...9.

2. *Istomin A.D.* Vliyaniye znakoperemennykh temperatur na napryazhennoe sostoyaniye stalebetonnykh izgibaemykh balok // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №2. S.219...224.

3. *Podval'nyy A.M.* O kontseptsii obespecheniya morozostoykosti betona v konstruktsiyakh zdaniy i sooruzheniy // Stroitel'nye materialy. – 2004, №6 (594). S.4...6.

4. *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.

5. *Tamrazyan A.G.* K raschetu zhelezobetonnykh elementov s uchetom polzuchesti i stareniya na osnove reologicheskoy modeli betona // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2012, № 7. S. 26...27.

6. *Tamrazyan A.G., Khetagurov A.T.* Influence of rheological properties of structure on durability of concrete // Beton i Zhelezobeton. – (5), 2001. P. 4...6.

7. *Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T.* O sovremennykh metodakh obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruktsiy // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. – 2015, №1. S.93...103.

8. *Aktuganov I.Z.* Metodika otsenki vliyaniya klimaticheskikh temperaturno-vlazhnostnykh vozdeystviy na dolgovechnost' betona stroitel'nykh konstruktsiy. – Novosibirsk: NGTU, 2008.

9. *Ehsan Solatiyan, Mohammad Asadi and Mahmoud Bozorgmehrasl.* Experimental Investigating the effect of freeze-thaw cycles on strength properties of concrete pavements in cold climates // Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. – Vol. 5(S2), 2015. P. 2421...2428.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций. Поступила 17.06.19.

**ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТКАНЫХ СЕТОК
ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН**

**THE USE OF A WOVEN MESH OF CARBON FIBERS
AS EXTERNAL REINFORCEMENT OF CONCRETE ELEMENTS**

О.А. СИМАКОВ

O.A. SIMAKOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: simakovoa@mgsu.ru

Система внешнего армирования на основе углеродных волокон и эпоксидной матрицы активно применяется для усиления нормальных сечений железобетонных элементов. Вместе с тем данная система не лишена ряда недостатков, которые возможно исключить посредством применения в качестве армирующих элементов углеродных тканых сеток, а матрицу использовать на основе цементного вяжущего. В настоящей статье на основании проведенных экспериментальных исследований представлен анализ возможности применения существующих методик расчета несущей способности усиленных нормальных сечений в случае использования внешнего армирования на основе углеродных сеток и специальных цементных составов.

The system of external reinforcement based on carbon fibers and epoxy matrix is actively used to strengthen the normal cross sections of reinforced concrete elements. Although, this system is not devoid of a number of disadvantages that can be eliminated through the use of carbon grid as reinforcing elements, and the cement matrix. The analysis based on experimental studies of the possibility of using existing methods of calculating the bearing capacity of reinforced normal sections in the case of external reinforcement based on carbon grids and special cement compositions is given in this article.

Ключевые слова: система внешнего армирования, углеродное волокно, углеродные арматурные сетки.

Keywords: external reinforcing system, carbon fiber, textile-reinforced concrete (TRC).

Применение систем внешнего армирования на основе углеродных волокон и эпоксидной матрицы при усилении железобетонных конструкций с учетом имеющихся нормативно методических материалов и накопленного опыта применения [1] стало достаточно заурядным делом. Развитию применения данного способа усиления способствовали проведенные многочисленные испы-

тания, принятые и утвержденные методические документы и альбомы конструктивных решений, а также активное продвижение со стороны производителей данных материалов. Вместе с тем по результатам анализа технологии проведения работ по усилению, а также мониторинга за выполненными объектами [2...4] определены недостатки данного метода и выделены направления даль-

нейшего возможного совершенствования, развития.

Одно из возможных направлений – это применение в качестве армирующих элементов углеродных тканых сеток (рис. 1 – тканая сетка на основе углеродных волокон), а в качестве матрицы – специального материала на основе цементного вяжущего [5...9].

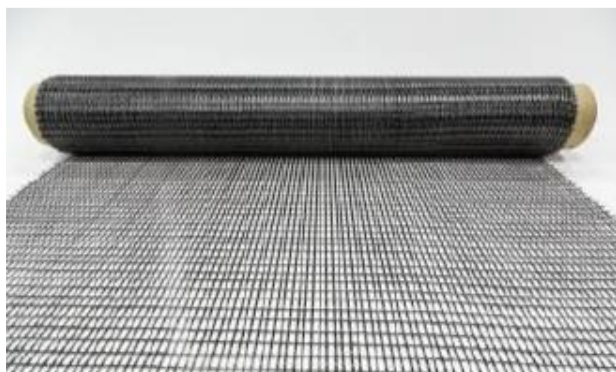


Рис. 1

Армирующим элементом системы внешнего армирования для железобетонных элементов в данном методе являются углеродные волокна. При этом при усилении кирпичной кладки возможно применение других волокон с меньшим модулем упругости, например, стекловолокна, базальтового или арамидного [10]. Это объясняется значением модуля упругости волокон, который для углеволокна (не менее 245 ГПа) примерно соответствует стали (200 ГПа), а для остальных волокон существенно ниже (50...120 ГПа).

Диаграмма деформирования материалов на основе углеродных волокон, однонаправленных лент и сеток представлена на рис. 2.

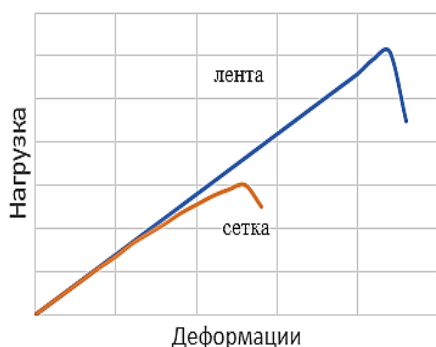


Рис. 2

Нелинейный характер деформирования сетки можно объяснить неосевым расположением волокон (рис. 3 – профиль расположения волокон в тканой сетке), что характерно для волокон по направлению основы и утка. Участок нелинейных деформаций соответствует упругопластической и пластической стадии работы материала (начиная с разрушения матрицы).

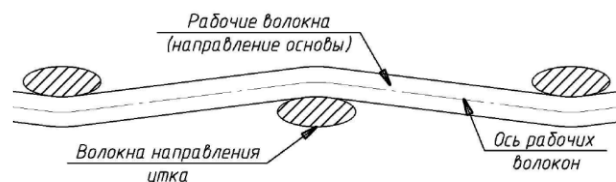


Рис. 3

С учетом нелинейного расположения волокон среднее падение величины прочности материала по отношению к прочности волокон в микропластике для сеток составляет примерно 50%, для лент – до 20%.

Для оценки характера работы данной системы, а также возможности применения существующих методик расчета [11...13] в ООО "НЦК" были проведены испытания натурных образцов: железобетонных балок сечением 250×220 (h) мм, без усиления и с усилением углеродными однонаправленными лентами на эпоксидном составе CarbonWrap Resin 530+, и углеродными сетками на специальном полимер-цементном составе CarbonWrap Repair FS. Принципиальная схема испытания показана на рис. 4 (схема испытания опытных образцов железобетонных балок).

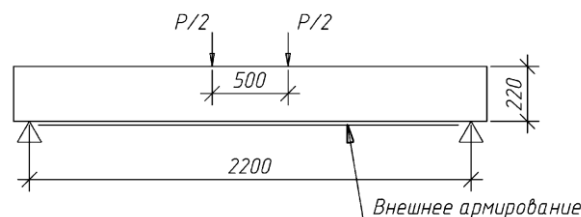


Рис. 4

Результаты испытаний на статическое нагружение приведены в табл. 1. Разрушение всех образцов произошло в результате достижения предельной несущей способности нормального сечения. График нагрузка –

деформация приведен на рис. 5 (диаграмма деформирования экспериментальных образцов).

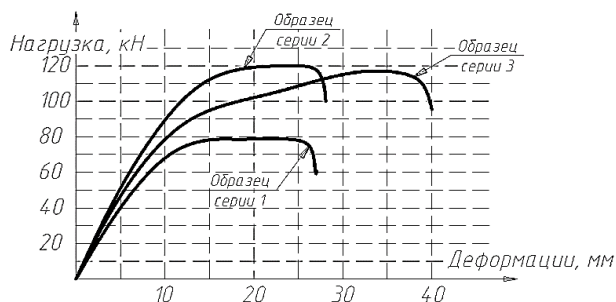


Рис. 5

Общее повышение несущей способности по отношению к эталонному образцу составило 50%. При этом, несмотря на большую

площадь сечения, образец 3 серии (усиление углеродными сетками) показал сопоставимое повышение несущей способности по отношению к образцу 2 серии (усиление углеродными однонаправленными лентами). При этом особое внимание следует уделить характеру деформирования образцов. В работе железобетонных образцов как с усилением, так и без него, можно выделить 3 этапа:

- этап упругой работы (данному этапу соответствует аналитическое значение несущей способности образцов серии 1 и 2);
- этап упругопластических деформаций (в этом этапе расположено значение несущей способности образцов серии 3);
- этап пластических необратимых деформаций.

Т а б л и ц а 1

№ серии	Характеристика образца	Площадь сечения внешнего армирования A_f , мм ²	Предел прочности, кН	Деформация, соответствующая прочности образца, мм
1	Контрольный образец, железобетонная балка сечением 250×220 (h)	-	78,6	13-26
2	Усиление углеродной лентой CarbonWrap Tape 530/150 на связующем CarbonWrap Resin 530+	37,35	117,2	27,5
3	Усиление углеродной сеткой CarbonWrap 600 на составе CarbonWrap Repair FS	47,3	118,6	37,4

На начальном этапе жесткость образцов серии 2 и 3 практически равна. Это полностью соответствует диаграмме на рис. 2. Далее начинает сказываться изменение модуля упругости углеродных сеток и начинается заметно расхождение в графиках деформирования.

Рекомендованная [11...13] методика предполагает линейный характер жесткости усиленных внешним армированием образцов. Момент инерции усиленного сечения определяется по формуле:

$$I_{red} = I + I_s \alpha + I'_s \alpha + I_f \alpha_f, \quad (1)$$

где I , $I_s \alpha$, $I'_s \alpha$ – параметры жесткости бетонного сечения и стальной арматуры; $I_f \alpha_f$ – момент инерции и коэффициент приведения внешнего армирования,

$$\alpha_f = \frac{E_f}{E_b}. \quad (2)$$

Теоретическое значение увеличения жесткости составляет для образцов 2 серии примерно 20%, и 12% для образцов 3 серии. Данные значения примерно соответствуют начальному упругому этапу деформирования. Именно для данного этапа (этапа упругих деформаций) предложена методика [11...13]. Применение данной методики для железобетонных элементов, усиленных внешним армированием в виде сеток на цементной матрице, с учетом нелинейных деформаций не обосновано. Этим объясняется значительное расхождение в несущей способности теоретических и фактических значений несущей способности.

В Ы В О Д Ы

1. Усиление внешним армированием на основе тканых углеродных сеток и цементной матрицы является перспективным ме-

тодом усиления железобетонных конструкций, лишенным ряда недостатков, присущих традиционному внешнему армированию на основе однонаправленных волокон и эпоксидной матрицы.

2. Усиленные данным методом нормальные сечения железобетонных элементов имеют выраженную площадку пластических деформаций, что повышает безопасность работы усиленных сечений.

3. Для данного метода усиления требуется специальная методика расчета несущей способности, учитывающая нелинейный характер деформирования материала. Кроме этого необходим комплексный подход в части разработки методик испытания материалов, а также конструктивных решений в части применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tamrazyan A.G., Fedorova N.V.* Reliability assessment of reinforced concrete structures, strengthening by external reinforcement with carbon fiber // *Izv. vuzov. Textile Industry Technology*. – 2016, №6. P.226...231.

2. *Hirai T.* Use of continuous fibers for reinforcing, *ACI Compilation 28 (ACI, Detroit, 1994)*.

3. *Al-Emrani.M., Engstrom.B., Johansson. M.J.* Barande konstruktioner Del1. – Gothenburg, 2011.

4. *Kabantsev O.V., Tamrazian A.G.* Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behaviour // *Magazine of Civil Engineering*. – 49 (5), 2014. P. 15...26.

5. *Triantafillou T.C. and Papanicolaou C.G.* Shear strengthening of reinforced concrete members with textile reinforced mortar (TRM) jackets // *Materials and Structures*. – Vol. 39, №8, 2006. P.93...103.

6. *Brückner A., Ortlepp R. and Curbach M.* Textile reinforced concrete for strengthening in bending and shear // *Materials and Structures*. – Vol. 39, № 8, 2006. P. 741...748.

7. *Larrinaga P., García D., Garmendia L. and Díez J.* Experimental study of the flexural behaviour of low performance RC beams strengthened with textile reinforced mortar, in International Conference on Material Science and 64th RILEM Annual Week in Aachen - MATSCI 1 (2010), 1–10.

8. *Mosbasher B.* Mechanics of Fiber and textile reinforced cement composites, CRC, Boca Raton, 2012.

9. *Bournas D. and Lontou P.* Textile-reinforced mortar versus fiber-reinforced polymer confinement in reinforced concrete columns // *ACI Structural Journal*. – №. 104–S70, 2007. P. 740...748.

10. *Грановский А.В., Джамуев Б.К., Симаков О.А.* Применение композитных материалов в качестве систем внешнего армирования для усиления камен-

ных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2017, №9. С. 48...53.

11. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.

12. *Мухамедиев Т.А.* Проектирование усиления железобетонных конструкций внешним армированием композиционными материалами. Бетон и железобетон – взгляд в будущее // *Научн. тр. III Всерос. конф. по бетону и железобетону*. – 2014.

13. *Мухамедиев Т.А., Кузеванов Д.В.* Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных конструкций, усиленных композиционными материалами // *Бетон и железобетон*. – 2013, №6. С.20...24.

REFERENCES

1. *Tamrazyan A.G., Fedorova N.V.* Reliability assessment of reinforced concrete structures, strengthening by external reinforcement with carbon fiber // *Izv. vuzov. Textile Industry Technology*. – 2016, №6. P.226...231.

2. *Hirai T.* Use of continuous fibers for reinforcing, *ACI Compilation 28 (ACI, Detroit, 1994)*.

3. *Al-Emrani.M., Engstrom.B., Johansson. M.J.* Barande konstruktioner Del1. – Gothenburg, 2011.

4. *Kabantsev O.V., Tamrazian A.G.* Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behaviour // *Magazine of Civil Engineering*. – 49 (5), 2014. P. 15...26.

5. *Triantafillou T.C. and Papanicolaou C.G.* Shear strengthening of reinforced concrete members with textile reinforced mortar (TRM) jackets // *Materials and Structures*. – Vol. 39, №8, 2006. P.93...103.

6. *Brückner A., Ortlepp R. and Curbach M.* Textile reinforced concrete for strengthening in bending and shear // *Materials and Structures*. – Vol. 39, № 8, 2006. P. 741...748.

7. *Larrinaga P., García D., Garmendia L. and Díez J.* Experimental study of the flexural behaviour of low performance RC beams strengthened with textile reinforced mortar, in International Conference on Material Science and 64th RILEM Annual Week in Aachen - MATSCI 1 (2010), 1–10.

8. *Mosbasher B.* Mechanics of Fiber and textile reinforced cement composites, CRC, Boca Raton, 2012.

9. *Bournas D. and Lontou P.* Textile-reinforced mortar versus fiber-reinforced polymer confinement in reinforced concrete columns // *ACI Structural Journal*. – №. 104–S70, 2007. P. 740...748.

10. *Granovskiy A.V., Dzhamuev B.K., Simakov O.A.* Primenenie kompozitnykh materialov v kachestve sistem vneshnego armirovaniya dlya usileniya kamennykh konstruktsiy // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. – 2017, №9. С. 48...53.

11. СП 164.1325800.2014. Usilenie zhelezobetonnykh konstruktsiy kompozitnymi materialami. Pravila proektirovaniya.

12. Mukhamediev T.A. Proektirovanie usileniya zhelezobetonnykh konstruksiy vneshnim armirovaniem kompozitsionnymi materialami. Beton i zhelezobeton – vzglyad v budushchee // Nauchn. tr. III Vse-ros. konf. po betonu i zhelezobetonu. – 2014.

13. Mukhamediev T.A., Kuzevanov D.V. Raschet po prochnosti normal'nykh secheniy zhelezobetonnykh kon-

struktsiy, usilennykh kompozitsionnymi materialami // Beton i zhelezobeton. – 2013, №6. S.20...24.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций. Поступила 17.06.19.

УДК 677.017

КИНЕТИКА ИЗНАШИВАНИЯ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

WEAR KINETICS OF SPECIAL-PURPOSE FABRICS

Н.А. ВИНОГРАДОВА

N.A. VINOGRADOVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: lisa-xumuk@yandex .ru

В статье рассмотрена кинетика изнашивания тканей специального назначения в результате действия комбинированных факторов износа (износ от истирания и износ от стирки). Исследования были проведены в зависимости от количества стирок и циклов истирания.

The article discusses the kinetics of deterioration of fabrics of special purpose as a result of combined factors of wear (wear from abrasion and wear from washing). Studies were carried out depending on the number of washings and abrasion cycles.

Ключевые слова: кинетика изнашивания, ткани специального назначения, износ от истирания, износ от стирки, цикл истирания.

Keywords: wear kinetics, special-purpose fabrics, wear from abrasion, wear from washing, abrasion cycle.

В современных условиях тканям специального назначения отводится важная роль. В зависимости от вида деятельности к тканям, изготавливаемым для пошива спецодежды, предъявляют комплекс требований, включающий как защитные, так технологические и эксплуатационные свойства. Важной информацией является, как поведет себя ткань в процессе эксплуатации, как долго сохранит свои потребительские свой-

ства [1]. Таким образом, актуальной является задача изучения постепенного ухудшения свойств тканей специального назначения, а именно кинетики их изнашивания.

По назначению всю специальную одежду разделяют на две категории: защитную и корпоративную. В работе исследуются свойства тканей специального назначения, предназначенных для пошива корпоративной одежды.

Одними из главных критериев ухудшения свойств тканей специального назначения являются износ от истирания и износ от стирки. В работе были проведены исследования по определению кинетики изнашивания тканей специального назначения в зависимости от количества стирок и циклов истирания.

В качестве исследуемых образцов были выбраны ткани специального назначения различного сырьевого состава (хлопчатобумажные, льняные и смесовые ткани) [2].

Методика проведения кинетики изнашивания была осуществлена следующим образом: из каждого образца ткани был вырезан шаблон размерами 500×500 мм. После этого были определены его исходные значения стойкости к истиранию (значения при 0 стирке). Затем образцы подвергали стирке в соответствии с рекомендуемой методикой по ГОСТ 30157.1 "Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки", режим испытаний: C₁₁P₉O₁G₈. Всего было проведено 50 стирок (количество стирок корпоративной одежды специального назначения, которое сотрудник осуществляет за 1 год). Проведение испытаний по стойкости к истиранию осуществлялось после контрольных стирок (1, 5, 10, 15, 20, 25,

30, 35, 40, 45, 50). При проведении испытаний была выбрана ручная стирка.

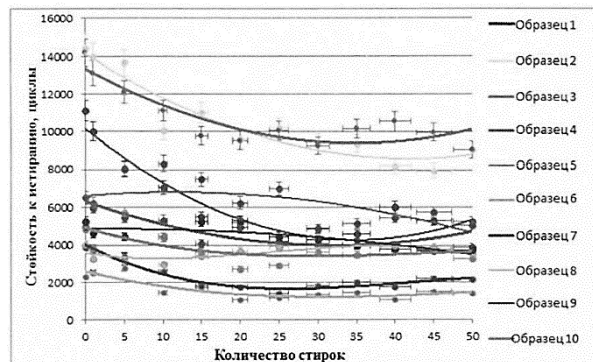


Рис. 1

Методика исследования кинетики изнашивания тканей специального назначения в результате истирания сводилась к проведению истирания по плоскости по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 18976 "Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию" [3], [4]. Результаты изменения стойкости к истиранию в зависимости от количества стирок приведены в табл. 1 (изменение стойкости к истиранию по плоскости (циклы) тканей специального назначения от количества стирок) и на рис. 1 (изменение стойкости к истиранию тканей специального назначения от количества стирок).

Таблица 1

Кол-во стирок	Вид образца									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	11052	14430	14150	6480	5020	2290	3890	4014	5255	4862
1	10020	13990	13200	6000	6150	2540	3740	3310	4631	3840
5	8054	13651	12180	5520	7950	2785	3398	3126	4437	5720
10	7001	10005	11120	5300	8300	1440	2572	2994	4430	4430
15	5480	11020	9800	4090	7450	1720	1835	3439	5269	3641
20	4940	9600	9510	5200	6230	1050	1756	3695	5305	2739
25	4162	10202	10000	3950	6970	1170	1384	3940	4462	2905
30	4820	9400	9200	4075	4850	1357	1832	4010	4300	3627
35	4503	9340	10100	4020	5120	1452	2025	3489	4020	3508
40	5980	8113	10600	3925	5450	1058	1759	3904	3796	4003
45	5220	7930	9970	3740	5740	1494	2194	3900	3708	3808
50	3880	9044	9003	5250	5050	1432	2173	3540	3752	3298

По результатам исследования можно отметить, что для подавляющего большинства образцов характерно уменьшение значений показателя стойкости к истиранию к 50 стирке.

Анализ полученных результатов установил, что стойкость к истиранию у образ-

цов изменяется по-разному. У образцов, волокнистый состав которых включает 50% и более натуральных волокон, к 5...10 стиркам наблюдается увеличение стойкости к истиранию в 1,02...1,70 раза. Это происходит в связи с тем, что у этих образцов в процессе стирки наблюдается частичная усад-

ка и, как следствие, увеличение плотности ткани. У образцов, в волокнистом составе которых преобладание полиэфирных волокон, происходит уменьшение стойкости к истира-

нию с 1 по 5 стирки. Так, для этих образцов тканей уменьшение составляет 1,02...1,24 раза, изменения происходят по экспоненциальной зависимости.

Т а б л и ц а 2

Вид образца		Количество стирок										
		1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	О	-0,80	-0,40	-0,35	-0,17	-0,13	0	-0,13	-0,08	0	-0,10	-0,03
	У	-0,67	-0,10	-0,10	0	0	0	0	-0,08	0	0	0
2	О	0	0	-0,20	-0,13	0	0	0	0	-0,04	-0,07	-0,10
	У	-1,15	0	0	-0,13	-0,13	0	0	0	-0,04	0	-0,07
3	О	-0,10	0	-0,35	-0,05	0	0	0	0	-0,10	-0,08	-0,05
	У	-1,15	-0,10	-0,20	-0,05	0	0	-0,08	-0,05	0	0	0
4	О	-0,12	-0,10	-0,25	0	0	0	-0,08	-0,08	0	0	-0,05
	У	-0,60	-0,05	-0,10	0	-0,08	0	0	-0,04	-0,04	0	-0,01
5	О	-0,80	-0,10	0	0	0	0	0	0	0	-0,03	-0,03
	У	-0,15	-0,15	-0,18	-0,08	-0,13	0	-0,08	-0,02	0	-0,07	-0,03
6	О	-4,70	-0,40	-0,54	-0,20	-0,13	-0,40	-0,08	0	-0,07	-0,03	0
	У	0	0	-0,08	-0,08	0	0	-0,08	-0,08	0	0	-0,06
7	О	-2,40	-0,52	-0,08	-0,26	0	-0,17	-0,08	0	-0,10	0	-0,01
	У	-1,10	-0,10	-0,33	-0,08	-0,13	0	-0,08	-0,02	0	0	-0,01
8	О	-0,65	-0,96	-0,41	-0,26	0	-0,16	-0,16	-0,05	0	0	0
	У	-0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	О	-1,10	-0,31	-0,20	0	-0,15	0	-0,06	0	0	0	0
	У	-1,70	-0,15	-0,20	-0,31	0	-0,20	0	-0,10	0	0	0
10	О	-1,50	-0,30	-0,50	-0,20	-0,10	-0,15	0	0	0	-0,05	0
	У	-1,50	0	-0,60	0	-0,15	-0,15	-0,15	0	0	0	0

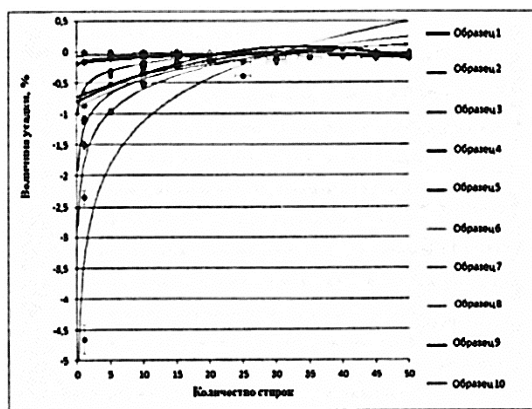


Рис. 2

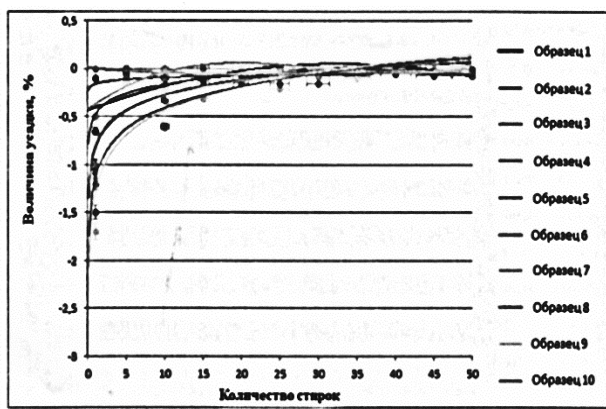


Рис. 3

В работе проводилось исследование зависимости величины усадки тканей специального назначения от количества стирок. Данные представлены в табл. 2 (изменение усадки (%) тканей специального назначения от количества стирок) и на рис. 2 (изменение усадки тканей специального назначения по основе от количества стирок) и рис. 3 (изменение усадки тканей специального назначения по утку от количества стирок).

Зависимость значений усадки от количества стирок для испытуемых образцов носит экспоненциальный характер. Максимальные значения усадки отмечены у образцов после первой стирки. Наибольшей усадкой по основе обладает образец ткани 6, сырьевой состав которого на 55% состоит из льняного волокна. Значения усадки тканей уменьшаются к пятой стирке, после десятой стирки у всех образцов усадка практи-

чески не наблюдается, отмечается незначительное колебание значений усадки в пределах ошибки измерения.

На основании полученных экспериментальных данных видно, что исследуемые образцы тканей специального назначения показали высокие значения по показателям стойкости к истиранию и усадке. Сырьевой состав выбранных тканей специального назначения оказывает большое значение на окончательные результаты исследований.

ВЫВОДЫ

1. Одними из главных критериев ухудшения свойств тканей специального назначения являются износ от истирания и износ от стирки, поэтому в работе были проведены исследования по определению кинетики изнашивания тканей специального назначения в зависимости от количества стирок и циклов истирания.

2. По результатам проведенных исследований установлено, что для подавляющего большинства образцов характерно уменьшение значений показателя стойкости к истиранию к 50 стирке.

3. Результаты полученных экспериментальных данных установили, что важнейшим фактором, влияющим на конечные результаты, является сырьевой состав выбранных образцов тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградова Н.А., Плеханова С.В.* Экспертиза качества тканей специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С. 23...25.

2. *Виноградова Н.А., Шустов Ю.С., Плеханова С.В.* Исследование свойств льняных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 24...26.

3. *Виноградова Н.А., Плеханова С.В.* Выбор определяющих показателей качества тканей медицинского назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №1. С. 33...35.

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

REFERENCES

1. *Vinogradova N.A., Plekhanova S.V.* Ekspertiza kachestva tkaney spetsial'nogo naznacheniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, №5. S. 23...25.

2. *Vinogradova N.A., Shustov Yu.S., Plekhanova S.V.* Issledovanie svoystv l'nyanykh tkaney // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 1. S. 24...26.

3. *Vinogradova N.A., Plekhanova S.V.* Vybor opredelyayushchikh pokazateley kachestva tkaney meditsinskogo naznacheniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №1. S. 33...35.

4. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Osobennosti otsenki kachestva tekstil'nykh materialov // Dizayn i tekhnologii. – 2017, №60. S. 61...69.

Рекомендована кафедрой комплексной безопасности в строительстве. Поступила 19.06.19.

ОСОБЕННОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕОТУБ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОЧИСТКЕ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ

FEATURES OF MATERIALS FOR GEOTUBES USED IN CLEANING DRILLING WASTE

И.С. РАДЖАБОВ

I.S. RADZHABOV

(Азербайджанский государственный экономический университет)

(Azerbaijan State Economic University)

E-mail: ilqar67@mail.ru

Проведен анализ свойств геотекстильных материалов, используемых для изготовления стационарных очистных сооружений – геотуб. Показано, что по ряду параметров используемые в настоящее время материалы не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделию при эксплуатации. Выделены основные направления исследований, позволяющих улучшить эксплуатационные показатели геотуб путем выбора для их изготовления специальных пакетов материалов с улучшенными фильтрующими свойствами, повышенной стойкостью к УФ-излучению, путем оптимизации швов, используемых для пошива геотуб.

The analysis of the properties of geotextile materials used for the manufacture of stationary treatment facilities geotubs. It is shown that for a number of parameters currently used materials do not fully meet the requirements imposed on the product during operation. The main areas of research have been identified to improve the performance of a geotube by selecting for its manufacture special packages of materials with improved filtering properties, increased resistance to UV radiation, by optimizing the seams used for sewing a geotube.

Ключевые слова: геотубы, стойкость к УФ-излучению, прочность швов, фильтрация, прочность на прокол.

Keywords: geotube, resistance to UV radiation, strength of seams, filtration, puncture resistance.

В процессе бурения скважин для добычи нефти образуются большие объемы отходов бурения. Они представляют собой воду, загрязненную измельченной выбуренной породой (буровой шлам), отработанный буровой раствор и воды от промывки бурового оборудования (буровые сточные воды). Отходы бурения содержат химические реагенты, нефть и нефтепродукты. К ним относятся также объем избыточной промывочной жидкости, образующейся при спуске и креплении промежуточных и эксплуатаци-

онных колонн, а также при выравнивании параметров бурового раствора. Наиболее распространенными способами утилизации отходов бурения является их накопление в шламовых амбарах.

Устройство шламового амбара включает рытье котлована в минеральном грунте. Извлеченный грунт используется для обвалования котлована и гидроизоляции полости котлована слоем глины. Затем котлован заполняется отходами бурения, проходит процесс расслоения отходов бурения на загу-

щенную и жидкую фазы. Амбары освобождают от жидкой фазы, которую направляют в систему сбора и подготовки нефти с последующим использованием ее в системе поддержания пластового давления. Вода из жидкой фазы может удаляться путем испарения. Затем загущенные отходы бурения засыпают минеральным грунтом.

Другой способ ликвидации буровых отходов предусматривает сооружение котлованов в минеральном грунте с гидроизоляцией металлическими листами или синтетической пленкой, или железобетонными плитами, или деревянными щитами с битумным покрытием, или композициями на основе глины, извести, цемента. После отвода осветленной воды и заполнения котлована-отстойника загущенным отстоявшимся осадком его периодически чистят или навсегда выключают из работы. Такая система широко используется в бурении, однако удовлетворительной ее назвать нельзя, во-первых, потому что она не решает проблемы обезвоживания осадка в целом и, во-вторых, потому, что методически непрерывно загрязняет прилегающие к котлованам окрестности и гидросети [1].

Для снижения затрат на строительство очистительных сооружений и с целью повышения эффективности очистки в последнее время все чаще используют объекты в модульном исполнении заводской сборки. Подобные сооружения собираются в стандартные транспортные контейнеры на заводе-изготовителе и отправляются к месту монтажа в готовом виде. Такая технология предполагает использование мягких оболочечных конструкций (МОК, геотуб), выполненных из геомембраны. Изготавливают геотубы в основном путем пошива [2...5], однако возможно также применение спайки и клепочного соединения полотен. Данные конструкции являются мобильными, с возможностью быстрого запуска.

Изготавливают геотубы из тканого геотекстиля, получаемого из полипропиленовых (PP) или полиэфирных (PET) нитей. Наиболее распространенные марки полипропиленовых тканей, используемых для изготовления геотуб: PP 70/105, PP 175/175, PP 200/200 (первое число показывает проч-

ность в кН/м по основе, второе – по утку) [6]. Прочность швов составляет 50...70 кН/м. Таким образом, прочность геотуб ограничивается не прочностью самого материала, а прочностью швов. Поэтому актуальны исследования, направленные на повышение прочности швов, используемых при изготовлении геотуб.

Кроме прочности швов и самого геотекстиля при статических нагрузках требуется повышенная прочность к проникновению инородного тела, которое оценивается по ГОСТ 8847 путем внедрения шарика в образец нетканого полотна. Стандартная методика не отражает картины нагружения полотна геотубы в процессе эксплуатации. Необходимо проведение дополнительных исследований по выбору формы индентора для проведения испытаний на основе классификации, приведенной в [7]. В качестве единичного показателя, характеризующего способность тканого геотекстильного материала сопротивляться проникновению инородного тела, можно использовать затрачиваемую в этом процессе энергию [8], [9]. Наиболее полно способности тканей сопротивляться проникновению инородного тела по методике оценки изложены в [10].

Принцип работы очистных сооружений на основе геотуб заключается в том, что буровые отходы, представляющие собой суспензию, закачиваются в контейнеры (геотубы), сшитые из геотекстильного материала. Создающееся внутри контейнера давление выталкивает свободную влагу наружу, а геотекстиль благодаря своей структуре удерживает шламовые частицы малого размера внутри.

По данным, приведенным в [11], коэффициент фильтрации при давлении 20 кПа, определяемый по ГОСТ Р 52608, составляет в среднем около 20 м/сут. При этом открытый размер отверстий O_{90} (по ГОСТ Р 53238) для наиболее прочного геотекстильного материала марки PP 200/200, используемого для изготовления геотуб, составляет 150 мкм. Благодаря этому геотубы позволяют производить быструю и эффективную фильтрацию воды из буровых шламов. Влажность осадка после первичного обезвоживания, которое продолжается 4...7 дней, составляет

около 90%, через 30 дней она снижается до 70 %. Частицы менее 150 мкм геотубами не задерживаются, поэтому при необходимости более тщательной очистки необходимы дополнительные технологические этапы. Другим направлением для повышения эффективности очистки может быть создание пакетов материалов со специальными фильтрующими свойствами.

После первичного обезвоживания осадок может быть подвергнут глубокому обезвоживанию путем усушки или вымораживания, в зависимости от климатических условий в месте проведения работ. Коэффициент морозостойкости при 25 циклах замораживания-размораживания для материала геотуб составляет 0,9%, что обеспечивает возможность глубокого обезвоживания осадка путем вымораживания. Материал, используемый для производства геотуб, обладает высокой устойчивостью к УФ-излучению. По данным производителя геотекстиль, используемый для производства геотуб, выдерживает воздействие прямых солнечных лучей без снижения прочности не менее месяца. Обезвоживание путем усушки предполагает нахождение геотуб на открытой местности в течение года [11]. Поэтому, несмотря на довольно высокую стойкость к УФ-излучению, она является недостаточной и геотубы нуждаются в специальной защите, которую можно обеспечить введением в состав пакета дополнительного слоя. Производитель прогнозирует срок службы материалов, из которых производятся геотубы, не менее 50 лет при условии ограничения доступа к их поверхности УФ-излучения.

Глубокое обезвоживание позволяет добиться минимального остаточного объема. Существующие в настоящее время фильтрационные характеристики и удерживающая способность контейнеров обеспечивает получение до 1800 м³ обезвоженного материала в одном контейнере. Для быстрого и полного выхода влаги из тонкодисперсных суспензий, к которым относятся отходы бурения, их обрабатывают кондиционирующим реагентом – флокулянт.

Разнообразные по гранулометрическому составу грунты после обезвоживания в

геотубах представляют собой плотный материал, удобный для планировки, погрузки, транспортировки или складирования.

Утилизация обезвоженного осадка производится в двух направлениях. В первом по завершении цикла очистки отходов бурения контейнер вскрывается путем разрушения его оболочки и твердый осадок вывозится для использования его в дорожном строительстве, при устройстве дамб и т.п.

Во втором направлении геотубы располагаются на месте его утилизации, например, при строительстве дамб, и после обезвоживания не вскрываются и не транспортируются, являясь конструктивным элементом сооружения. В этом случае возможна укладка геотубов последовательно в несколько рядов.

Анализ условий эксплуатации и свойств материалов, используемых при изготовлении геотуб позволяет сформулировать направление исследований, обеспечивающих оптимизацию эксплуатационных свойств этого изделия.

ВЫВОДЫ

1. Для более полного использования прочности материала геотуб необходимо повышение прочности швов, используемых при их изготовлении.
2. Для обеспечения тонкой фильтрации воды, выделяемой геотубами из очищаемого раствора, необходимо исследование возможности применения для их изготовления пакета материалов со специально подобранными свойствами.
3. Для повышения стойкости геотуб необходимо включение в состав пакета материалов специального слоя, обладающего повышенной стойкостью к УФ-излучению.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Король В.В., Позднышев Г.Н., Манырин В.Н.* Утилизация отходов бурения скважин // Экология и промышленность России. – 2005, №1. С. 40...42.
2. Патент US 0129866A1. Geotextile tube. J. L. Smallwood. W. A. Smallwood (US) - 21.05.2009.
3. Патент US 006056438A. Geotextile container and method of producing same. A. S. Bradley (US) - 02.05.2000.

4. Патент US 7357598B1. Apparatus and method for deploying geotextile tubes. A. S. Bradley (US) - 15.04.2008.

5. Лобанов Ф.И. и др. Геотуба. Патент на полезную модель 131640, РФ. МКИ В01D 29/11 (2006.01); - Оpubл. в Б.И. 2013.-№24.

6. http://sapropex.ru/download/Obezvozhivanie_ila_i_sapropelja_v_kontejnerah_geotube.pdf

7. Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н., Букалов Г.К., Кривошеина Е.В. Обоснование формы индентора при экспериментальном исследовании способности ткани предохранять от удара // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С.18...22.

8. Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н. Исследование поглощения энергии при изменении формы ткани в процессе внедрения инородного тела // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 165...167.

9. Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н. Методика определения доли энергии удара, поглощенной тканью или пакетом ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.53...56.

10. Рудовский П.Н., Нехорошкина М.С. Оценка способности тканей защищать от ударов. – LAP Lambert, Saarbrucken-Deutschland, 2015.

11. http://www.megatehdv.ru/goods/92077454-geotextil_tkany_iz_polipropilenovykh_nitey_pt_pp_50_50

REFERENCES

1. Korol' V.V., Pozdnyshev G.N., Manyrin V.N. Utilizatsiya otkhodov bureniya skvazhin // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2005, №1. S. 40...42.

2. Patent US 0129866A1. Geotextile tube. J. L. Smallwood. W. A. Smallwood (US) - 21.05.2009.

3. Patent US 006056438A. Geotextile container and method of producing same. A. S. Bradley (US) - 02.05.2000.

4. Patent US 7357598B1. Apparatus and method for deploying geotextile tubes. A. S. Bradley (US) - 15.04.2008.

5. Lobanov F.I. i dr. Geotuba. Patent na poleznuyu model' 131640, RF. MКИ В01D 29/11 (2006.01); - Opubl. v B.I. 2013.-№24.

6. http://sapropex.ru/download/Obezvozhivanie_ila_i_sapropelja_v_kontejnerah_geotube.pdf

7. Nekhoroshkina M.S., Rudovskiy P.N., Bukalov G.K., Krivosheina E.V. Obosnovanie formy indentora pri eksperimental'nom issledovanii sposobnosti tkani predokhranyat' ot udara // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, № 5. S. 18...22.

8. Nekhoroshkina M.S., Rudovskiy P.N. Issledovanie pogloshcheniya energii pri izmenenii formy tkani v protsesse vnedreniya inorodnogo tela // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 1. S. 165...167.

9. Nekhoroshkina M.S., Rudovskiy P.N. Metodika opredeleniya doli energii udara, pogloshchennoy tkan'yu ili paketom tkani // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 1. S.53...56.

10. Rudovskiy P.N., Nekhoroshkina M.S. Otsenka sposobnosti tkaney zashchishchat' ot udarov. – LAP Lambert, Saarbrucken-Deutschland, 2015.

11. http://www.megatehdv.ru/goods/92077454-geotextil_tkany_iz_polipropilenovykh_nitey_pt_pp_50_50

Рекомендована кафедрой стандартизации и сертификации. Поступила 20.06.19.

УДК 677.021: 568.56

**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ПЕРЕЧНЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ОДНОТИПНОГО ВОЛОКНА КОНОПЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО КАЧЕСТВА
В ЦЕЛЯХ СТАНДАРТИЗАЦИИ**

**JUSTIFICATION OF ANALYSIS METHODS AND CHOICE OF PROPERTIES
FOR MIXED HEMP FIBER IN ORDER TO ESTIMATE
AND STANDARTIZE ITS QUALITY**

В.В. БУЛАТОВ, Е.Л. ПАШИН, А.В. ОРЛОВ

V.V. BULATOV, E.L. PASHIN, A.V. ORLOV

(Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в Костромской области,
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
Костромской государственный университет)

(State Regional Center of Standardization, Metrology and Testing in Kostroma Region,
Kostroma State Agricultural Academy,
Kostroma State University)

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

В статье представлены результаты разработки в целях стандартизации способа оценки качества однотипной пеньки, получаемой при переработке неориентированных стеблей конопли. Объективная оценка качества возможна на основе контроля разрывного усилия, цвета волокна, его длины, гибкости, содержания костры и "лапы". Для определения этих свойств и характеристик предложены типовые и оригинальные методы испытаний.

Article presents results of standardization of mixed hemp fiber quality estimation methods. An objective way to estimate its quality can be based on measuring tensile strength of twisted fibrous band, fiber color, fibers' length and flexibility, as well as content of hurds and tangles. In order to measure these properties original testing methods are presented.

Ключевые слова: конопля, пенька, оценка качества, стандартизация, разрывное усилие, цвет, длина, костра, "лапа".

Keywords: hemp, hemp fiber, quality control, standardization, tensile strength, color, hemp hurds, hemp tangles.

В настоящее время растет интерес к производству безнаркотической конопли, как к культурному растению, содержащему до 40% волокна, пригодного к применению в различных отраслях народного хозяйства. Активизация коноплеводства происходит вследствие внедрения новых селекционных сортов, практически не содержащих вредных для человека веществ [1], а также современных интенсивных механизированных технологий уборки и переработки стеблей, обеспечивающих получение нового вида волокна – пеньки однотипной неориентированной (ПОН) [2]. Этот продукт представляет собой совокупность дезориентированных и частично закоростренных волокнистых комплексов различной длины, а их физико-механические свойства позволяют получать из него широкий ассортимент технического и бытового текстиля, а также других материалов [3]. Однако для их эффективного производства и товарооборота требуется стандартизация нового вида пеньки с указанием основных требований и методов испытаний для определения его технологического качества.

Проведенный анализ возможностей использования действующих стандартов на волокнистую продукцию из конопли, например ГОСТ 9993–2014 "Пенька короткая. ТУ", выявил следующие затруднения. Так, при способе получения короткой пеньки, как правило, из отходов трепания, перечень характеристик волокна, необходимых для установления его сорта, весьма ограничен. В частности, по стандарту требуется учет разрывного усилия волокна в виде скрученной ленточки, массовой доли костры и "лапы" – труднорасщепляемых волокнистых комплексов, содержащихся в нижней части стебля конопли. Однако с учетом возможных направлений использования ПОН необходима более полная технологическая оценка волокон применительно к разнообразию процессов переработки и возникающих трудностей при их реализации [4]. Кроме этого, определение трех указанных характеристик длительно, а промышленное производство лабораторных приборов, предусмотренных этим стандартом, прекращено.

Обоснование нового перечня свойств и характеристик пеньки провели посредст-

вом метода определения обобщенных функций желательности D . Эффективность его применения доказана при решении вопросов квалиметрии текстильных материалов [5]. Величина D определяется следующим образом:

$$D = \sqrt{d_1 d_2 d_3 \dots d_k},$$

где d_k – значение отклика на безразмерной шкале желательности; k – количество характеристик качества. Величину d_k рассчитывали при условии односторонних ограничений по формуле:

$$d = \exp[-\exp(-y')].$$

В ней $y' = v_0 + v_1 y$, где y – значение исследуемого признака; v_0, v_1 – коэффициенты, определяемые исходя из двух значений y , соответствующим значению d_k , предпочтительно в интервале $0,2 < d_k < 0,8$.

Установление обобщенных функций желательности осуществляли на основе данных о 80 разнообразных партиях пеньки, для каждой из которых по общепризнанным методикам [6] определяли свыше двадцати свойств и характеристик структуры, влияющих на эффективность переработки в текстильном производстве [7].

По результатам анализа установлено, что ценность пеньки определяется прежде всего ее прочностными характеристиками. Весомое влияние оказывают гибкость волокна, его тонина, связанная со способностью волокнистых комплексов дробиться в поперечном направлении. Также значимо влияние длины, внешнего вида пеньки и таких пороков, как массовая доля костры и "лапы".

Окончательный перечень свойств и характеристик пеньки определили с учетом их взаимосвязи и изменений в процессе переработки [8]. Было принято во внимание повсеместное получение тресты из стеблей соломы конопли на участках их выращивания при действии светопогодных факторов [9]. Изменение свойств при этом происходит, главным образом, посредством аэробной грибной микрофлоры, развивающейся на стеблях. В процессе взаимодействия с компо-

нентами стеблей, прекративших свою вегетацию и оставленных на поле, микрофлора разрушает органические вещества, расположенные вокруг волокон и связывающие их между собой, что ведет к ослаблению межволоконных связей при одновременном изменении цвета волокна за счет развития грибов, продуцирующих пигменты преимущественно темного цвета [8]. Иными словами, изменение цвета стеблей соломы от зеленого или желтого к светло- и темно-серому свидетельствует об улучшении дробимости волокнистых комплексов. Это позволило применить параметры цвета волокон для косвенной оценки их дробимости.

Цветовые параметры учитывали в виде стандартных цветовых координат RGB, используя программный измерительный комплекс на основе планшетного сканера, по аналогии оценки группы цвета волокна льна, согласно п. 3.9.4.2. ГОСТ 24383–89 (с изменением № 2). Особенности испытания ПОН является анализ предварительно обескостренных волокон и сравнение их цветовых координат с координатами эталонных образцов, цвет которых должен соответствовать характеристикам внешнего вида пеньки по ГОСТ Р 56560–2015 "Пенька трепаная. ТУ". Для сравнительного анализа использован принцип сходства [10]. Его суть заключается в распределении цветовых характеристик анализируемого и эталонного образцов по каждой k цветовой координате на N классов. Для исключения влияния размера анализируемых изображений проводят нормирование цветовых характеристик. Затем по каждой из трех k координат рассчитывают сумму их различий по модулю (эталон – образец):

$$\sum_1^N \Delta_i,$$

где Δ_i – разность значений характеристики в N_i классе распределения k координаты. В итоге определяют обобщенную разницу $\Delta_{\text{общ}}$, как сумму $\sum_1^k \sum_1^N \Delta_i$. Условие $\Delta_{\text{общ}} \rightarrow \min$ обеспечивает выбор эталонного образца, как наиболее сходного с анализируемой пробой волокна.

При обосновании метода оценки гибкости пеньки учитывали результаты анализа

лубяных волокон с применением различных приборов [11]. Установлено отсутствие возможности применения для более жестких на изгиб волокон конопля стандартного гибкомера для лубяных волокон ГВ-2 (или ГВ-3). При его применении оценку гибкости осуществляют по величине прогиба свободных консольных участков навески [12], что не обеспечивается при анализе пеньки. Поэтому был принят вариант испытания посредством принудительного прогиба Δ от действия сосредоточенной силы F (рис. 1 – схема испытания пеньки для оценки гибкости (1, 2 – неподвижные опоры)).

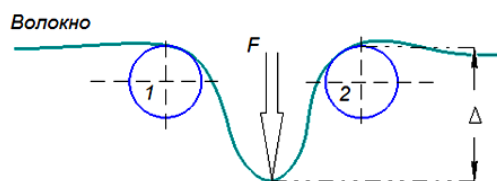


Рис. 1

Учитывая взаимосвязь свойств ПОН с особенностями производства, приняли во внимание их большую длину в сравнении с короткой пенькой по ГОСТ 9993–2014, получаемой в основном из отходов трепания. Например, произведенная в 2017 г. на предприятиях ООО "Мордовские пенькозаводы" ПОН содержала более 20...40 % волокнистых комплексов длиной более 0,4 м. Поэтому оценку длины волокон предложили осуществлять косвенным образом на основе известного метода [13, с. 155]. Из общей массы ПОН отбирают по методике ГОСТ 9993–2014 пробу волокон ($\approx 50...70$ г) и вручную, после очистки отдельных прядей от костры, производят раскладку путем примерного совмещения середин их длин (рис. 2 – схема вырезки пробы волокон для взвешивания ее частей).

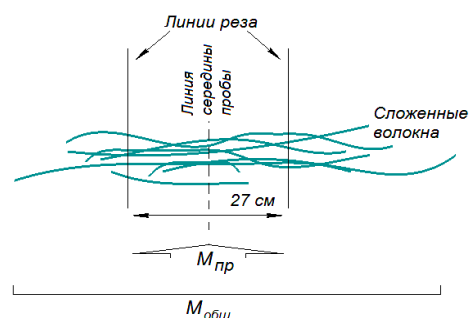


Рис. 2

Полученную общую пробу взвешивают $M_{\text{общ}}$, г. Далее из нее вырезают пробу длиной 27 см, осуществляя вырезки на расстоянии 13,5 см от середины совокупности волокон к ее концам. После вырезки образуется проба волокон длиной 27 см, которую взвешивают, определяя $M_{\text{пр}}$, г. Косвенную оценку длины волокон ДВ определяют по формуле:

$$\text{ДВ} = [(M_{\text{общ}} - M_{\text{пр}})/M_{\text{общ}}] \cdot 100, \%$$

Из анализа зависимости следует: чем длиннее волокна, тем больше величина ДВ. Вырезанную пробу массой $M_{\text{пр}}$ в дальнейшем используют для определения разрывного усилия. Такая последовательность испытания и предложенная зависимость для расчета ДВ определяют сущность косвенной оценки длины ПОН.

Особое внимание при разработке метода контроля качества ПОН было уделено обоснованию инструментального способа испытания волокон на разрыв. Было обращено внимание на внедренное в практику стандартизации изменение № 5 к ГОСТ 9394–76 "Волокно льняное короткое. ТУ". Оно касается использования наряду с типовой разрывной машиной РМП-1 альтернативного метода определения разрывного усилия с применением копра К-1 (рис. 3 – средство контроля К-1 для определения разрывного усилия волокна), работающего по принципу, указанному в [14].



Рис. 3

Применение К-1 обеспечивает определение разрывного усилия волокна и оперативный расчет основных статистических показателей.

С учетом большей длины ПОН была предложена методика предварительной подготовки волокон для испытания с применением К-1, основанная на следующей последовательности операций. Для анализа используют вырезанную по схеме (рис. 2) пробу волокон длиной 27 см. Из нее удаляют все волокна короче 27 см, а оставшуюся массу доводят до $13,4 \pm 0,1$ г. Затем вручную ее делят примерно пополам, отделяя волокнистые пряди вдоль их длины от центра к краям. После этого каждую образованную после деления прядь вновь примерно делят пополам. Такие действия проводят до формирования 32 прядей – навесок, масса каждой из которых примерно будет равна 0,42 г ($13,4 : 32$). Подготовив указанным способом 32 навески, приступают к испытаниям путем их разрыва с применением К-1. После анализа всех навесок на мониторе считывают среднее арифметическое, являющееся конечным результатом испытания.

При определении массовой доли в волокне костры и "лапы" предложено воспользоваться существующими методами анализа, изложенными в п.п. 6.2.2 и 6.2.3. ГОСТ 9993–2014. Согласно им массовую долю костры определяют либо вручную, либо с применением прибора ПК-2М. Для учета массовой доли "лапы" применяют ручной отбор волокнистых участков прядей, называемых "лапой", и последующий гравиметрический анализ для определения их массовой доли.

ВЫВОДЫ

1. При разработке стандарта на новый вид однотипной неориентированной пеньки (ПОН), получаемой по современным механизированным технологиям уборки и первичной переработки стеблей конопли, требуется обоснование нового перечня ее свойств и характеристик, а также разработка методов их определения для эффективной оценки технологического качества.

2. При оценке качества пеньки необходимо учитывать ее разрывное усилие, гибкость, цвет и длину волокон, а также массовые доли костры и "лапы".

3. Для определения разрывного усилия пеньки следует использовать разрывную машину копрового типа К-1, применяемую при анализе короткого льноволокна по ГОСТ 9394–76 (с изменением № 5). Оценка цвета пеньки возможна по цвету ее цифровых изображений, а для учета гибкости волокнистых навесок необходимо контролировать их прогиб под действием внешней силы. Длину ПОН предложено оценивать косвенно по соотношению масс волокнистых отрезков, сформированных после вырезки пробы длиной 27 см из совокупности распрямленных и расположенных по отношению друг к другу серединами исходных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние и перспективы отечественного коноплеводства. Сайт ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур. – Режим доступа: <http://vniiml.ru/novosti/sostoyanie-i-perspektivy-otechestvennogo-konoplevodstva> – Дата доступа: 20.01.2019.

2. Возделывание конопли: технологии от семян до продукции / ООО "Мордовские пенькозаводы" – Режим доступа: <http://www.mpz-insar.ru/technology> – Дата доступа: 25.01.2019.

3. Букина С.В. Производство тканей из волокон ненаркосодержащей конопли // Деловая слава России (межотраслевой альманах). – М.: Славица, 2015, № 50. С.40...42.

4. Кулемкин Ю.В., Привалов А.В., Травин Г.М. и др. Модернизация гребенного поля льночесальной машины для переработки волокон конопли // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С. 130...133.

5. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

6. Пашин Е.Л. Инструментальная оценка технологического качества конопли. – Кострома: ВНИИЛК, 2003.

7. Комаров В.Г., Гинзбург Л.Н., Забелин В.А. и др. Прядение лубяных и химических волокон и производство крученых изделий. – М.: Легкая индустрия, 1980.

8. Ордина Н.А. Структура лубоволокнистых растений и ее изменение в процессе переработки. – М.: Легкая индустрия, 1978.

9. Шапкин Ю.А. Действие света и атмосферных условий на волокно и канатную пряжу конопли: Дис. ... канд. техн. наук. – Глухов: ВНИИЛК, 1979.

10. Орлов А.В., Булатов В.В., Пашин Е.Л. Инструментальная система оценки цвета текстильных материалов по степени сходства с эталонами // Контроль качества продукции. – 2018, № 9. С. 55...57.

11. Пашин Е.Л., Пашина Л.В. Оценка гибкости льняного волокна с применением различных приборов // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф. Ч.2 – М.: МГУДТ, 2015. С. 39...41.

12. Городов В.В., Лазарева С.Е., Лунев И.Я. и др. Испытание лубоволокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1969.

13. Hearle J.W.S., Morton W.E. Physical Properties of Textile Fibres. – England, Cambridge, 2008.

14. Орлов А.В., Пашин Е.Л. Принципы функционирования новой инструментальной системы контроля разрывных характеристик волокон и нитей // Мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Инновации 2018. Ч.2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. С. 51...55.

REFERENCES

1. Sostoyanie i perspektivy otechestvennogo konoplevodstva. Sayt FGBNU Federal'nyy nauchnyy tsentr lubyanykh kul'tur. – Rezhim dostupa: <http://vniiml.ru/novosti/sostoyanie-i-perspektivy-otechestvennogo-konoplevodstva> – Data dostupa: 20.01.2019.

2. Vozdelyvanie konopli: tekhnologii ot semyan do produktcii / ООО "Mordovskie pen'kozavody" – Rezhim dostupa: <http://www.mpz-insar.ru/technology> – Data dostupa: 25.01.2019.

3. Bukina S.V. Proizvodstvo tkaney iz volokon nenarkosoderzhashchey konopli // Delovaya slava Rossii (mezhotraslevoy al'manakh). – М.: Slavitsa, 2015, №50. S.40...42.

4. Kulemkin Yu.V., Privalov A.V., Travin G.M. i dr. Modernizatsiya grebennogo polya l'nochesal'noy mashiny dlya pererabotki volokon konopli // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, № 5. С. 130...133.

5. Solov'ev A.N., Kiryukhin S.M. Otsenka i prognozirovanie kachestva tekstil'nykh materialov. – М.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.

6. Pashin E.L. Instrumental'naya otsenka tekhnologicheskogo kachestva konopli. – Kostroma: VNIILK, 2003.

7. Komarov V.G., Ginzburg L.N., Zabelin V.A. i dr. Pryadenie lubyanykh i khimicheskikh volokon i proizvodstvo kruchenykh izdeliy. – М.: Legkaya industriya, 1980.

8. Ordina N.A. Struktura lubovoloknistykh rasteniy i ee izmenenie v protsesse pererabotki. – М.: Legkaya industriya, 1978.

9. Shapkin Yu.A. Deystvie sveta i atmosferynykh usloviy na volokno i kanatnyuyu pryazhu konopli: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Glukhov: VNIILK, 1979.

10. Orlov A.V., Bulatov V.V., Pashin E.L. Instrumental'naya sistema otsenki tsveta tekstil'nykh materialov po stepeni skhodstva s etalonami // Kontrol' kachestva produktcii. – 2018, № 9. С. 55...57.

11. Pashin E.L., Pashina L.V. Otsenka gibkosti l'nyanogo volokna s primeneniem razlichnykh priborov // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. Ch.2 – M.: MGUDT, 2015. S. 39...41.

12. Gorodov V.V., Lazareva S.E., Lunev I.Ya. i dr. Ispytanie lubovoloknistykh materialov. – M.: Legkaya industriya, 1969.

13. Hearle J.W.S., Morton W.E. Physical Properties of Textile Fibres. – England, Cambridge, 2008.

14. Orlov A.V., Pashin E.L. Printsipy funktsionirovaniya novoy instrumental'noy sistemy kontrolya razryvnykh kharakteristik volokon i nitey // Mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Innovatsii 2018. Ch.2. – M.: RGU im. A.N. Kosygina, 2018. S. 51...55.

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК Костромской ГСХА. Поступила 07.02.19.

УДК 677

**РАЗРАБОТКА НИТЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАЩИТНЫХ ТКАНЕЙ
ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

**DEVELOPMENT OF THREAD FOR THE ELECTROMAGNETIC
RADIATION PROTECTION FABRICS**

О.В. ФУКИНА, С.В. ХЕЙЛО

O.V. FUKINA, S.V. KHEYLO

(Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: fov14@mail.ru; sheilo@yandex.ru

В работе исследована технология получения комплексной электропроводящей нити с ферромагнитным микропроводом. Представлены схема формирования комплексной нити с хлопчатобумажной основой, характеристики микропровода и защитной ткани от электромагнитного излучения.

The technology of the complex electrically conductive thread with ferromagnetic microwire production has been researched. The formation scheme of the thread with a cotton base and microwires and the characteristics of the electromagnetic radiation protective fabric are presented.

Ключевые слова: тростильное оборудование, ферромагнитный микропровод, защитная ткань.

Keywords: twister, ferromagnetic microwire, protective fabric.

Современная окружающая среда пронизана высокочастотным электромагнитным излучением (СВЧ ЭМИ) мощных антенн спутниковой и сотовой связи, локационных, радио- и телепередающих станций. Многие виды технологического оборудования также имеют генераторы СВЧ-излучения. В силу производственной необходимости человек должен находиться в

зоне крайне вредного для него высокочастотного электромагнитного излучения ежедневно, в течение длительного времени. Разрушающему воздействию подвергаются все системы человека: нервная, иммунная, эндокринная, половая. Функциональные нарушения, накапливаются в организме, но остаются обратимыми, если воздействие излучения снижается. Воздействие на орга-

низм человека электромагнитного излучения радиочастот в дозах, превышающих допустимые, ведет к профессиональным заболеваниям [1], [2].

Эффективным методом защиты биосистем, включая человека, от СВЧ ЭМИ является применение средств индивидуальной и коллективной защиты, использующих эффект экранирования, отражения и поглощения излучения специальными материалами. Защитная спецодежда должна снижать воздействие СВЧ-излучения на организм до величин, предусмотренных Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [3].

Эффективность любой защитной одежды определяется материалом, из которого она изготовлена, и конструкцией одежды.

Существующие материалы для защиты от СВЧ ЭМИ подразделяются на металлизированные материалы и ткани с микропроводом.

Эффективность экранирования излучения в СВЧ-диапазоне должна составлять не менее 15...20 дБ. Металлизированный материал, представляющий собой полиэфирную ткань с гальваническим покрытием, обеспечивает требуемое снижение излучения СВЧ-диапазона [4]. Но такая ткань имеет низкие гигиенические свойства, не допускает стирку, металлизированный слой истирается и опадает в процессе носки.

Принципиально другим является экранирующий материал из электропроводящих нитей с микропроводом, создающим сетку-экран с заданным шагом. Наиболее эффективным для защиты от излучения в СВЧ-диапазоне является микропровод из ферромагнитного материала – наноструктурный ферромагнитный микропровод. Совместно с ним используется также медный микропровод, усиливающий защиту в нижней части частотного диапазона.

Одним из вариантов создания такого материала является получения пряжи из натуральных волокон с вложением штапельированных металлических волокон [5], [6]. Распределение волокон в пряже носит случайный характер и часто не обеспечивает дос-

точно равномерной защиты от излучения СВЧ.

Более перспективным является получение комплексной нити путем соединения нитей из натуральных волокон с микропроводом. Для получения таких нитей используют следующие технологии:

- к металлосодержащему сердечнику, смазываемому с питающей катушки, в крутильном органе прикручивают уплотненную волокнистую мычку и наматывают готовую нить на бобину; с целью плотной сплошной обвивки сердечника волокнами и повышения стабильности процесса прядения и причучки применяют систему направителей и натяжителей, обеспечивающую подачу натянутого сердечника к поверхности крутильного органа под острым углом [7];

- углеродную нить в качестве стержня равномерно обкручивают двумя - четырьмя металлизированными нитями в различных направлениях с числом обкручиваний 5...20 витков на метр, дальнейшее обкручивание проводят высокопрочными малорастяжимыми нитями Русар с помощью окрutoчного оборудования с числом обкручиваний от 260 до 370 витков на метр [8];

- тростильно-крутильную машину К-176-2 модернизируют установкой узла питания (питающие рамки) для подачи медной микропроволаки; в выпускную пару крутильной машины под определенным натяжением поступает медная микропроволака и полушерстяная пряжа с трех питающих паковок; огибая натяжной прут, микропроволака и пряжа поступают в зону кручения, где происходит скручивание трощеной пряжи с медной микропроволакой; готовая комбинированная электропроводящая пряжа наматывается на цилиндрическую паковку [9];

- термостойкую электропроводящую пряжу получают по кардной системе прядения хлопка с применением модернизированной пневмомеханической прядильной машины ППМ-120МС, с полым ротором и с дополнительно установленным узлом питания (питающие валики) медной микропроволаки линейной плотности 18 текс, диаметром 0,05 мм, которая с постоянной скоростью подается в рабочую зону прядильной камеры

и обкручивает формируемую в камере пряжу из арселенового волокна; структура комбинированной электропроводящей пряжи зависит от скорости подачи медной проволоки и ее натяжения; для такой пряжи 60 текс оптимальными является крутка 900...1000 кр/м и нагон медной проволоки 1,012...1,018 [10].

Анализ влияния свойств сердечника и обвивочного компонента на свойства получаемой нити представлен в [11], [12]. В [13] приведены основные закономерности для расчета прочности нитей, полученных соединением разнородных компонентов с помощью обвивки.

Получаемая по этим технологиям электропроводящая пряжа имеет линейную плотность 200...500 текс и используется в антистатических напольных покрытиях и технических тканях.

С точки зрения защитных свойств для СВЧ-защитных тканей эффективным является микропровод из ферромагнитных сплавов диаметром 15...30 мкм. Получить качественную электропроводящую нить с таким тонким и жестким микропроводом технологически сложно.

При использовании серийного тростильно-прядильного оборудования имеют место частые обрывы микропровода. Полученной из такой пряжи ткани присущи "провалы" по защитным свойствам.

Известна технология и оборудование для получения комплексных электропроводящих нитей технического назначения со стеклянной стержневой нитью. Применять такие электропроводящие нити для защитной одежды, тем более защитного белья, невозможно.

Предложено заменить стеклянную несущую нить хлопчатобумажной и исследовать возможность получения хлопчатобумажной электропроводящей нити на вышеупомянутом оборудовании. Схема формирования комплексной электропроводящей нити представлена на рис. 1.

В оборудовании реализуются две технологические операции – трощение несущей нити с жилами микропровода и закрепление полученного жгута обвивкой его полиамидной нитью 8...10 текс с числом обкручиваний 700...800 витков на метр. На данном

устройстве была наработана комплексная электропроводящая нить с микропроводом, из которой выработана СВЧ-защитная ткань. Для стержневой несущей нити использована 100%-ная хлопчатобумажная пряжа 25×2 текс, для закрепляющей нити – полиамидная нить, для электропроводящих жил – ферромагнитный микропровод диаметром 27...33 мкм, 1 жила, и 10...15 мкм, 2 жилы. Для жил использован сплав следующего химического состава, %: Fe – 5,7; CoV - 18,4; Co – 68,1; Si – 5,7; Cr – 2,1.

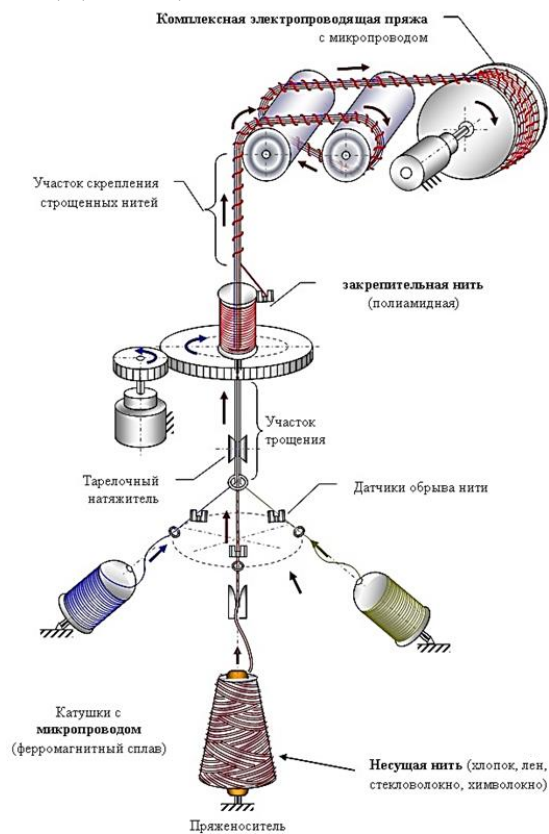


Рис. 1

Следует отметить, что сердечник вырабатываемой нити состоит из материалов, сильно отличающихся по физико-механическим свойствам, в частности по жесткости на растяжение, что может отрицательно сказаться на процессе ткачества. На рис. 2 приведена усредненная диаграмма растяжения такой нити. Она имеет вид, характерный для нитей, получаемых соединением некрученых компонентов [14].

Пик 1 на диаграмме соответствует обрыву микропровода, пик 2 – обрыву стержневой хлопчатобумажной нити, а пик 3 –

ВЫВОДЫ

обрыву полиамидной обвивочной нити. Очевидно, что для нормального протекания процесса ткачества деформация основной нити не должна доходить до разрывного удлинения наиболее слабого компонента. С учетом необходимого запаса это составляет менее 3%. Небольшая деформация вызывает трудности получения ткани.

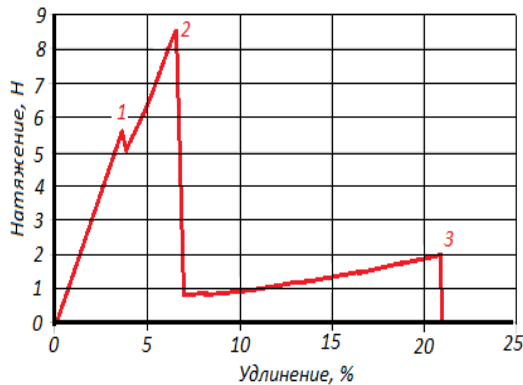


Рис. 2

Из полученной комплексной электропроводящей нити выработана СВЧ-защитная ткань саржевого переплетения с поверхностной плотностью 220 г/м². Ткань прошла окраску. Массовая доля волокон в ткани: хлопок — 88,5%; металлические нити — 7,8%; полиамид — 3,7%.

Изучение образцов ткани под микроскопом МБС 2, увеличение $\times 25$, выявило на поверхности готовой ткани по линиям основы небольшие петли микропровода, соразмерные с диаметром пряжи. По краям полотна наблюдаются значительно большие петли и обрывы микропровода. Отдельные петли есть и на уточной нити, но их мало.

В основе ткани чередуются одна комплексная нить с тремя жилами микропровода и три фоновые хлопчатобумажной нити 25×2 текс, в утке — одна комплексная нить с тремя жилами микропровода и две или три фоновые. Основные и уточные комплексные нити с тремя жилами микропровода образуют электропроводящую защитную решетку с размером ячейки в основе 1,5 мм, в утке — 1,5...2 мм. Коэффициент экранирования образцов ткани на высоких частотах от 30 до 1000 МГц составил от 18 до 25 дБ, в зависимости от частоты.

1. Технология получения комплексной электропроводящей нити путем трощения стержневой нити с несколькими жилами ферромагнитного микропровода диаметром 10...30 мкм с последующим скреплением полученного жгута обвивкой тонкой полиамидной нитью позволяет получить пряжу с хлопчатобумажной стержневой нитью, а не только со стеклянной.

2. Комплексная хлопчатобумажная электропроводящая нить позволяет выработать из нее ткань с поверхностной плотностью 220 г/м², обладающую высокими физиолого-гигиеническими и СВЧ-защитными свойствами.

3. Для повышения качества ткани в части исключения петель микропровода на поверхности ткани необходимо продолжить работу в направлении совершенствования структуры комплексной электропроводящей нити путем доработки оборудования, определения оптимальных режимов изготовления и параметров стержневой несущей нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников А.В. Действие электромагнитных полей и излучений на человека. — Уфа, 2011.
2. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды. — М.: Абрис, 2012.
3. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах".
4. Воробьев А.Ю. Индивидуальные экранирующие комплекты для защиты от электромагнитных излучений радиочастотного диапазона. <http://energoform.ru/files/pdf/1.pdf>
5. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2015, № 6. С. 59...63.
6. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Металлизированные ткани для защитных костюмов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2016, № 1. С. 79...84.
7. Патент РФ № 2124596, 10.01.1999, Косульников А.В., Лаврентьева Е.П., Полякова Д.А., Помогаев И.И., Строев А.П. Способ получения армированной нити с металлосодержащим сердечником // Патент России № 97121462/12 от 04.12.1997.
8. Патент РФ № 2318931, 10.03.2008, Родионов В.А., Додонкин Ю.В., Курамшин А.Р., Артемов О.О. Способ получения комбинированной электропроводящей нити // Патент России № 2006144112/04 от 13.12.2006, Бюл. № 7.

9. Костин П.А., Замостоцкий Е.Г., Коган А.Г. Технология получения комбинированной электропроводящей пряжи большой линейной плотности для ковровых изделий // Химические волокна. – 2010, № 1. С. 37...39.

10. Костин П.А., Замостоцкий Е.Г., Коган А.Г. Технология получения комбинированных термостойких электропроводящих пряжи и нитей для тканей специального назначения // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2011. Вып. 20. С. 56...64.

11. Палочкин С.В., Гаврилова А.Б., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Обоснование структуры и компонентов бескруточной ровницы, получаемой обвивкой волокнистого сердечника // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 3. С.35...40.

12. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Влияние обвивочных волокон на прочность некрученной ровницы из льна // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2010, № 1 (23). С. 34...37.

13. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. Деponированная рукопись № 82-V2010 17.02.2010.

14. Киселев А.М., Рудовский П.Н., Киселев М.В., Ишматов А.Б. Моделирование разрывной нагрузки трощеных нитей натурального шелка численными методами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 38...41.

REFERENCES

1. Solodovnikov A.V. Deystvie elektromagnitnykh poley i izlucheniya na cheloveka. – Ufa, 2011.

2. Vetoshkin A.G. Teoreticheskie osnovy zashchity okruzhayushchey sredy. – M.: Abris, 2012.

3. SanPiN 2.2.4.3359-16 "Sanitarno epidemiologicheskie trebovaniya k fizicheskim faktoram na rabochikh mestakh".

4. Vorob'ev A.Yu. Individual'nye ekraniruyushchie komplekty dlya zashchity ot elektromagnitnykh izlucheniya radiochastotnogo diapazona. <http://energiform.ru/files/pdf/1.pdf>

5. Sil'chenko E.V., Nikolaev S.D. Novaya tkan' dlya zashchity cheloveka ot vozdeystviya elektromagnitnykh poley // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 6. С. 59...63.

6. Sil'chenko E.V., Nikolaev S.D. Metallizirovannyye tkani dlya zashchitnykh kostyumov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 1. С. 79...84.

7. Patent RF № 2124596, 10.01.1999, Kosulnikov A.V., Lavrent'eva E.P., Polyakova D.A., Pomogaev I.I., Stroeв A.P. Sposob polucheniya armirovannoy niti s metallosoderzhashchim serdechnikom // Patent Rossii № 97121462/12 ot 04.12.1997.

8. Patent RF № 2318931, 10.03.2008, Rodionov V.A., Dodonkin Yu.V., Kuramshin A.R., Artemov O.O. Sposob polucheniya kombinirovannoy elektroprovodyashchey niti // Patent Rossii № 2006144112/04 ot 13.12.2006, Byul. № 7.

9. Kostin P.A., Zamostotskiy E.G., Kogan A.G. Tekhnologiya polucheniya kombinirovannoy elektroprovodyashchey pryazhi bol'shoy lineynoy plotnosti dlya kovrovyykh izdeliy // Khimicheskie volokna. – 2010, № 1. С. 37...39.

10. Kostin P.A., Zamostotskiy E.G., Kogan A.G. Tekhnologiya polucheniya kombinirovannykh termostoykikh elektroprovodyashchikh pryazhi i nitey dlya tkaney spetsial'nogo naznacheniya // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2011. Vyp. 20. С. 56...64.

11. Palochkin S.V., Gavrilova A.B., Rudovskiy P.N., Sorokin A.P. Obosnovanie struktury i komponentov beskrutochnoy rovnitsy, poluchaemoy obvivkoy voloknistogo serdechnika // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1999, № 3. С. 35...40.

12. Rudovskiy P.N., Smirnova S.G. Vliyanie obvivochnykh volokon na prochnost' nekruchenoy rovnitsy iz l'na // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2010, № 1 (23). С. 34...37.

13. Rudovskiy P.N., Smirnova S.G. Matematicheskaya model' prochnosti mokroy beskrutochnoy rovnitsy iz l'na. Deponirovannaya rukopis' № 82-V2010 17.02.2010.

14. Kiselev A.M., Rudovskiy P.N., Kiselev M.V., Ishmatov A.B. Modelirovanie razryvnoy nagruzki troshchenykh nitey natural'nogo shelka chislennymi metodami // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 4. С. 38...41.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 12.04.19.

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ КОЛОСНИКОВ
НА УПРУГИХ ОПОРАХ ОЧИСТИТЕЛЯ
ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ ХЛОПКА-СЫРЦА**

**JUSTIFICATION FOR SELECTION OF PARAMETERS OF BARS
ON ELASTIC SUPPORTS OF RAW COTTON PULP CLEANER**

А.Д. ДЖУРАЕВ, Д.С. ТАШПУЛАТОВ, А.Ф. ПЛЕХАНОВ

A.D. DZHURAEV, D.S. TASHPULATOV, A.F. PLEKHANOV

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: ssht61@mail.ru; plekhanov-af@rguk.ru

В статье приведена схема эффективной конструкции колосников на упругих опорах очистителя волокнистого материала. Рассмотрены теоретические основы расчета параметров колосника на упругой опоре при нелинейной жесткости и случайном возмущении. Приведены результаты испытаний рекомендуемой конструкции очистителя с колосниками на упругих опорах.

In the article the scheme of effective design of the bars on the elastic supports of the fibrous material cleaner is shown. The theoretical basis for calculating the grate parameters on an elastic support with nonlinear stiffness and random perturbation is considered. The results of tests of the recommended design of a cleaner with grates on elastic supports are given.

Ключевые слова: очиститель, волокнистая масса, колосник, упругая опора, колебание, жесткость, диссипация, амплитуда, частота, хлопок-сырец, испытание, эффект.

Keywords: cleaner, fibres weight, grate, elastic support, oscillation, stiffness, dissipation, amplitude, frequency, raw cotton, test, effect.

Для снижения повреждаемости хлопковых волокон и семян хлопка-сырца целесообразным является снижение кратности взаимодействия рабочих органов очистителя с волокнистой массой в процессе первичной обработки хлопка-сырца. При этом важным фактором является повышение интенсивности взаимодействия рабочих органов очистителя с хлопком-сырцом за счет совершенствования их конструкции. Нами предложена новая конструкция колосниковой решетки (рис. 1 – конический колосник на упругих опорах и его расчетная схема) очис-

тителя хлопка-сырца от крупных сорных и жестких примесей [1...5]. В рекомендуемой конструкции колосника 1 упругие втулки 2 установлены эксцентрично в боковинах 3 колосниковой решетки. При этом упругость опор будет иметь нелинейный характер. Согласно известной методике в работе [6] упругий элемент можно представить как коническую пружину с нелинейной жесткостью (рис. 1-б). При этом упругие втулки 2 выполнены также эксцентричными, имеют переменную толщину. Следует отметить, что в процессе работы положение эксцентрис-

тета может меняться (имеются некоторые круговые движения). Поэтому величина эксцентриситета e_k и разница диаметров конических колосников 1 не превышают $(2,0...3,0) \cdot 10^{-3}$ м при среднем значении диаметра колосника $2,0 \cdot 10^{-2}$ м.

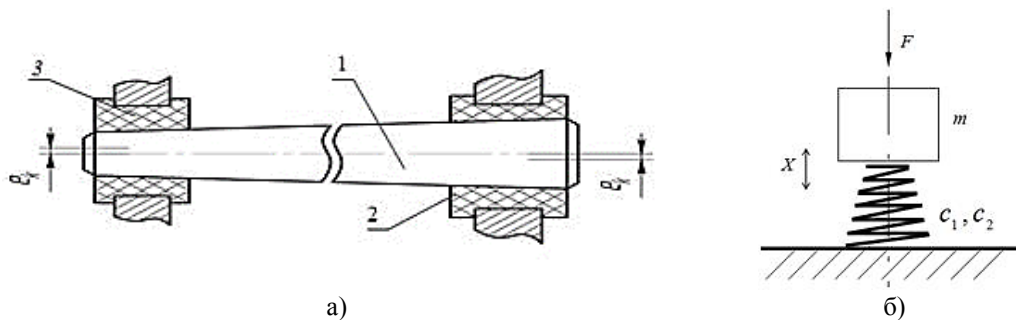


Рис. 1

Согласно расчетной схеме (рис. 1-б) составим уравнение, описывающее колебание колосника. Известно, что на колосник действует случайная возмущающая сила со стороны протискиваемого хлопка-сырца

$$F_b = (F_b) \pm \delta(F_b). \quad (1)$$

Отметим, что жесткость упругой опоры имеет нелинейный характер и восстанавливающая сила определяется из выражения:

$$P = c_1 x_1 + c_2 x_1^3, \quad (2)$$

где c_2, c_1 – значения коэффициентов жесткости упругой опоры; x_1 – перемещения колосника в вертикальном направлении.

Колебания колосника описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{x} + c_1 x + \frac{c_2}{\mu} x^3 = F_0 \sin \omega t, \quad (3)$$

где m – приведенная масса колосника; μ – постоянный коэффициент нелинейности; $F_0 \sin \omega t$ – возмущающая сила от протаскиваемого хлопка-сырца.

Решение уравнения (3) ищем по методу Бубнова-Галёркина [7] в виде:

$$x_1 = x_0 \sin \omega t. \quad (4)$$

ких колосников 1 не превышают $(2,0...3,0) \cdot 10^{-3}$ м при среднем значении диаметра колосника $2,0 \cdot 10^{-2}$ м.

Подставив выражение (4) в дифференциальное уравнение (3) и принимая интеграл равным нулю, имеем:

$$\int_0^{2\pi/10} \left[m\ddot{x}_1 + c_1 x_1 + \frac{c_2}{\mu} x_1^3 - F_0 \sin \omega t \right] x_1 dt = 0,$$

где $2\pi/10$ – период колебаний.

После интегрирования получим:

$$\frac{3}{4} \frac{c_2}{\mu} x_0^3 + (c_1 - m\omega^2) x_0 - F_0 = 0. \quad (5)$$

При этом корни уравнения (5), согласно известной методике, будут:

$$x_1 = -2r \cos \frac{\varphi}{3}, \quad x_2 = 2r \cos \left(\frac{\pi \pm \varphi}{3} \right),$$

где $r = \text{sign} \alpha \sqrt{|\eta|}$; $\varphi = \arccos \frac{\alpha}{r^3}$.

Для конкретных значений параметров можно выбирать по рекомендуемой методике необходимые значения амплитуды и частоты нелинейных колебаний колосника. Рассмотрим известный метод решения задачи.

Уравнение (3) перепишем в виде:

$$m\ddot{x} + m\omega^2 x = (m\omega^2 - c_1)x - \frac{c_2}{\mu} x^3 + F_0 \sin \omega t. \quad (6)$$

Используя метод Дуффинга [4], получим решение в качестве первого приближения:

$$x_1 = x_0 \sin \omega t . \quad (7)$$

$$m\ddot{x}_2 + m\omega^2 x = \left[(m\omega^2 - c_1)x_0 - \frac{3}{4} \frac{c_2}{\mu} x_0^3 + F_0 \right] \sin \omega t + \frac{1}{4} \frac{c_2}{\mu} x_0^3 \sin 3\omega t . \quad (8)$$

Поскольку нас интересуют только периодические колебания колосника, то для того, чтобы исключить влияние первого члена, необходимо выполнить условие:

$$(m\omega^2 - c_1)x_0 - \frac{3}{4} \frac{c_2}{\mu} x_0^3 + F_0 = 0 . \quad (9)$$

Тогда получим второе приближение решения дифференциального уравнения:

$$m\ddot{x} + m\omega^2 x = \frac{1}{4} \frac{c_2}{\mu} x_0^3 \sin 3\omega t . \quad (10)$$

Решением дифференциального уравнения (10) является

$$x = A \sin \omega t + B \cos \omega t - \frac{c_1 x_0^3}{32\omega^2 m} \sin 3\omega t .$$

Постоянные интегрирования определим из начальных условий:

$$\text{при этом } t = \frac{T}{4}; T = \frac{2\pi}{\omega}; x=0; \dot{x} = 0 ,$$

$$A = x_0 - \frac{c_2 x_0^3}{32\omega^2 m \mu}; B = 0 . \quad (11)$$

Окончательно приближенное решение имеет вид:

$$x = x_0 \sin \omega t - \frac{c_2 x_0^3}{32\omega^2 m \mu} (\sin \omega t - \sin 3\omega t) . \quad (12)$$

При этом значение x_0 определяется из уравнения (9).

С учетом исходных значений параметров системы были получены закономерности колебательного движения колосников

Подставляя x_1 в первую часть уравнения (6), получим уравнение для вычисления второго приближения:

на упругих опорах с нелинейной жесткостью. На основе обработки полученных результатов построены графические зависимости размаха колебаний колосника при вариации среднего значения коэффициента жесткости упругой опоры, массы колосника при $\omega=65\text{с}^{-1}$ и $\omega=40\text{с}^{-1}$. Анализ зависимостей показывает, что с увеличением жесткости упругой опоры Δx колебания уменьшаются по нелинейному закону, причем с уменьшением ω снижение Δx становится интенсивнее. При увеличении массы колосника влияние ω на уменьшение Δx становится незначительным. Это объясняется тем, что при большой массе колосника повышается его инерционность и значение Δx стремится к постоянной величине (2,0...2,4 мм). Именно при этих значениях Δx эффект очистки волокнистой массы становится ощутимым, что подтверждено результатами экспериментов [9]. Таким образом, используя предложенный метод, можно обосновать необходимые параметры системы, обеспечивающие повышение эффекта очистки волокнистой массы хлопка-сырца на очистителях. Для приближенного определения значения деформации опор колосника рассмотрим кинетическую энергию протаскиваемого хлопка-сырца совместно с колосником в процессе удара, переходящую в потенциальную энергию деформируемой опоры:

$$T = \frac{mV_y^2}{2}, \quad \Pi = \int_0^{x_{\max}} (c_1 x + c_2 x^3) dx , \quad (13)$$

где T – кинетическая энергия хлопка-сырца и колосника; m – суммарная масса колосника и хлопка-сырца; V_y – скорость удара хлопка-сырца о колосник; c_1 – линейная составляющая коэффициента жесткости упругой

опоры; $c = \frac{c_2}{\mu}$ – нелинейное составляющее

коэффициента жесткости; Π – потенциальная энергия деформируемой упругой опоры.

Скорость полуупругого удара хлопкосырца о колосник можно определить из принятого условия взаимодействия:

$$V_y = \sqrt{\frac{2}{m} \int_0^a c_1 x dx + \int_0^a \frac{c_2}{\mu} x^3 dx}, \quad (14)$$

где a – максимальное значение деформации.

Согласно ранее проведенным исследованиям [10] при нелинейной жесткости упругого элемента одномассовой колебательной системы при условиях от $x=0$ до $x=a$ время колебаний колосника будет составлять:

$$t = 4\sqrt{m} \left[\sqrt{\frac{1}{c_1}} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} + \sqrt{\frac{2\mu}{c_2 a^2}} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{1-\xi^4}} \right], \quad (16)$$

где μ – коэффициент, учитывающий нелинейность упругой характеристики, m^2 .

В полученном выражении (16) осуществляем интегрирование членов в скобках, при этом второе слагаемое вычисляется (интегрируется) при помощи таблиц специальных функций. Согласно работе [9] получим:

$$t_k = 4\sqrt{m} \left[6,28 \sqrt{\frac{1}{c_1}} + \frac{1,8541}{\alpha \sqrt{c_2 / \mu}} \right]. \quad (17)$$

Для частоты свободных колебаний с учетом $\rho_2 = 2\pi / T$ имеем:

$$\rho_k = \frac{0,25\alpha \sqrt{c_1 c_2 / \mu}}{\sqrt{m(2\pi\alpha \sqrt{c_2 / \mu} + 1,85\sqrt{c_1})}}. \quad (18)$$

$$m = 3,8...4,2 \text{ кг}; c_1 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}; c_2 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}; \mu = (0,5...1,0) \text{ м}^2; a = (1,0...1,2) \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$t = 4\sqrt{\frac{n}{\alpha}} \frac{1}{\alpha^{n-1}} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{1-\xi^{2n}}}, \quad (15)$$

где α и n – постоянные величины; $n=1...;$ $\xi=X/a$ при восстанавливающей силе, равной αx^{2n-1} .

В колебательных системах с нелинейной жесткостью упругого элемента существует определенная связь между периодом и амплитудой. По этой причине применительно к таким системам избегают пользоваться термином "собственная частота", поскольку частота свободных колебаний перестает быть собственным параметром системы. В таком случае восстанавливающаяся сила $c_1 x + \frac{c_2}{\mu} x^3$ и поэтому в (15) величина n принимает значения 1 и 2. Тогда период колебаний колосника на упругой опоре с нелинейной жесткостью определяется из выражения:

Анализ выведенной формулы (18) показывает, что собственная частота колебаний нелинейно уменьшается с ростом приведенной массы колосника с хлопком.

С увеличением амплитуды колебаний и коэффициентов жесткости c_1 и c_3 частота собственных колебаний изменяется по нелинейной зависимости.

Важными являются обеспечение колебаний колосника в дорезонансной зоне, так как собственная частота колебаний колосника также изменяется в зависимости от значений приведенной массы, амплитуды, а также нелинейной жесткостной характеристики упругой опоры. При численных расчетах за исходные параметры приняты:

Следует отметить, что сама амплитуда собственных колебаний зависит от величины деформаций упругой опоры, то есть от его характеристик жесткости. Исследования показали, что увеличение жесткости упругой опоры приводит к увеличению собственной частоты системы по нелинейной закономерности. Нелинейность упругой опоры зависит от расположения эксцентричной резиновой втулки, через которую конические колосники установлены в корпусе очистителя хлопка от крупного сора.

В процессе работы очистителя захваченные летучки хлопка-сырца протаскиваются пыльчатым барабаном через колосники и очищаются от крупного сора и жестких примесей. При этом каждый колосник циклически подвергается взаимодействию с летучками хлопка-сырца. Таким образом, нагрузка со стороны летучек является возмущающей силой вынужденных колебаний конических колосников на упругих опорах с нелинейной жесткостью в соответствии с переменной толщиной резиновой втулки.

$$m = 4,0 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}; c_1 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}/\text{м}; c_2 = 0,12 \cdot 10^4 \text{ Н}/\text{м}; v = 60 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}; \mu = 1,0 \text{ м}^2;$$

$$M(F_k) = 19,67 + 0,98 \sin(x + 55^{\circ}12') + 7,83 \sin(2x + 112^{\circ}14') +$$

$$+ 1,8 \sin(3x + 103^{\circ}23') + 3,37 \sin(4x + 4^{\circ}39') +$$

$$+ 6,96 \sin(5x + 93^{\circ}24') + 2,7 \cos 6x.$$

Из анализа экспериментальных данных и обработки их методом математической статистики было определено математическое ожидание силы возмущения, действующей от хлопка-сырца на колосник и его возможные вариации как по частоте, так и по амплитуде.

В результате реализации математической модели колебательной системы колосниковой решетки очистителя хлопка от крупного сора на ПЭВМ с вариациями параметров получены графические зависимости. На рис. 2 представлены фрагмент перемещения, скорости и ускорения конического колосника на упругой опоре с нелинейной восстанавливающей силой при $m=3,0 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ и $c_1 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н}/\text{м}$, $c_2 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Н}/\text{м}$, $M(F_B) = 12,5 \text{ Н}$, $\delta F_B = (0,8...1,1) \text{ Н}$.

С учетом случайной функции возмущающей силы от хлопка-сырца, нелинейности восстанавливающей силы упругой опоры ее диссипативные характеристики с учетом работ [10...12] можно записать уравнением колебательного движения конического колосника в виде:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + v \frac{dx}{dt} + c_1 x + \frac{c_2}{\mu} x^3 = M(F_B) \pm \delta(F_B), \quad (19)$$

где v – коэффициент внутреннего сопротивления упругой опоры колосника.

Решение (19) аналитическими методами представляет определенную трудность, поэтому его можно провести приближенными методами. Для проведения машинного эксперимента решение задачи осуществляем численным методом на ПЭВМ с использованием стандартных программ. При этом учитываем следующие расчетные значения параметров:

Следует отметить, что частота колебаний колосника составляет 40...55 Гц. При этом высокочастотная составляющая колебаний колосника составляет 147... 178 Гц.

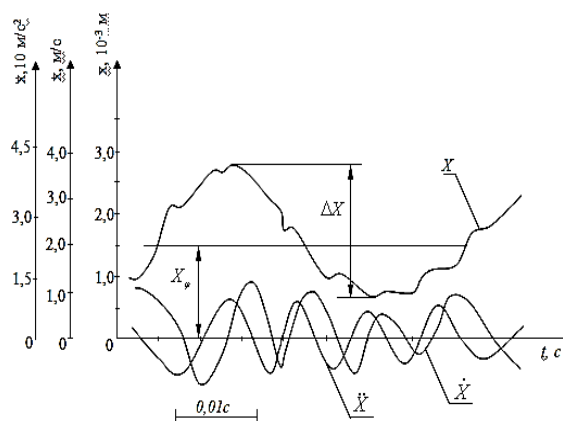


Рис. 2

Низкочастотная составляющая частоты вынужденных колебания соответствует частоте вращения пильного цилиндра агрегата УХК, а высокочастотная составляющая соответствует с учетом количества колосников в секции. Из рис. 2 видно, что при вынужденных колебаниях конический колосник отклоняется в среднем на величину $X_{cp} = (1,4 \div 1,6) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а размах колебаний при расчетных значениях параметров составляет $\Delta X = (1,8 \div 2,1) 10^{-3} \text{ м}$.

Для цилиндрических колосников на упругих опорах, согласно работе [13], размах колебаний составляет $\Delta X = (2,2 \div 2,5) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Срав-

нение полученных результатов показывает, что в предлагаемой конструкции конических колосников амплитуда колебаний уменьшается на 20...25 % за счет нелинейной жесткой характеристики упругой опоры. Диапазон колебаний скорости достигает от 0,6 м/с до 1,25 м/с, а амплитуда колебаний ускорений при расчетных параметрах системы изменяется в пределах 6,5 ÷ 10 м/с². Частоты колебаний скорости и ускорения соответствуют высокочастотной составляющей технологической загрузки от хлопка-сырца.

В табл. 1 представлены результаты сравнительных производственных испытаний.

Т а б л и ц а 1

Показатели, %	После очистителя с опытными колосниками на упругих опорах в 1-й линии УХК	После очистителя с серийными колосниками во 2-й линии УХК
Исходный хлопок-сырец		
Влажность	8,7	8,7
Засоренность после очистки	4,2	4,2
Эффект очистки	67,95	59,84
Содержание сорных и жестких примесей	1,41	1,83
Механическая поврежденность семян	2,07	3,16
Свободное волокно	0,107	0,22

По результатам проведенного полнофакторного эксперимента были рекомендованы следующие оптимальные значения параметров зоны крупной очистки: частота вращения пильчатого барабана 300 мин⁻¹; конусность колосников на упругих опорах 0,015 м; жесткость упругой опоры (марка резины) НО-68 ($c_1 = 3,0 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$; $c_2 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$). Сравнительные испытания проводились в производственных условиях. При проведении испытаний рекомендуемая конструкция колосниковой решетки с коническими колосниками на упругих опорах показала высокую надежность и стабильность работы. Результаты испытаний подтвердили, что очистительный эффект, по сравнению с существующим вариантом колосниковой решетки, увеличивается в среднем на 8,11%, механическая поврежденность семян уменьшается на 1,09%, свободное волокно в хлопке-сырце уменьшается в два раза – на 0,113%.

В Ы В О Д Ы

Рекомендованы вибрирующие колосники на упругих опорах очистителя волокнистой массы. На основе теоретических исследований получены закономерности колебаний колосника; построены графические зависимости параметров, на основе их анализа обоснованы наилучшие технологические параметры очистителя. Экспериментальными исследованиями обоснована эффективность использования рекомендуемых колосников.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Джуряев А.Д., Мавлянов А.П., Далиев Ш.Л. Разработка конструкций и методы расчета параметров колковых барабанов. – 2016, Германия : Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing.
2. Tashpulatov D.S., Djuraev A.D., Plekhanov A.F. Questions of the rationale preparation of the parameters of the kolosnikov on elastic supports of the fiber mate-

rial cleaner // European Sciences review Scientific Journal. – № 5–6, 2018 May-June, Vienna. P. 350...352.

3. *Tashpulatov D.S., Djuraev A.D., Plekhanov A.F.* Kolosnik oscillations on elastic supports with nonlinear rigidity with random resistance from cotton-raw maternity // European Sciences review Scientific Journal. – №5–6, 2018 May-June, Vienna. P. 353...355.

4. *Dzhurayev A.D., Tashpulatov D. S., Plekhanov A.F., Kayumov A.* The Substantiation of the Parameters of the Kolosnikov on Elastic Supports of the Cleaner of Fiber Material // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 5, Issue 7, July 2018, P. 6396...6405.

5. *Битус Е.И., Джураев А.Д., Плеханов А.Ф., Разумеев К.Э., Ташпулатов Д.С.* Колосниковая решетка очистителя волокнистого материала. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2017143328/12(074616) от 12.12.2017 г.

6. *Djuraev A., Daliyev Sh.L.* Development of the design and justification of the parameters of the composite flail drum of a cotton cleaner // European Sciences review Scientific Journal. – № 7–8, 2017. P.96...100.

7. *Пановко Я.Г.* Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976.

8. *Расулов Р.Х.* Обоснование параметров пильчато-колосниковой системы очистителя хлопка-сырца от крупного сора: Дис...канд. техн. наук. – Ташкент, 2008.

9. *Болтабоев С.Д.* Предварительная очистка хлопка-сырца машинного сбора от сорных примесей: Дис...канд. техн. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1949.

10. *Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Унвер У.* Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985.

11. *Джураев А.* Динамика рабочих механизмов хлопкоперерабатывающих машин. – Ташкент: Изд-во Фан УзССР, 1987. С. 142...146.

12. *Djuraev A., Mavlyanov A.P., Daliyev Sh.L., Bobomatov A.H, Radjabov O.I.* The substantiation of the parameters of the grid on elastic supports of the cotton-raw cleaner //76th Plenary meeting of the ICAC. – Tashkent, Uzbekistan, 2017. P. 246...251.

13. *Олимов К.Т.* Разработка и обоснование параметров колосников на упругих опорах очистителей хлопка-сырца от крупных сорных примесей: Дис...канд. техн. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1998.

REFERENCES

1. *Dzhurayev A.D., Mavlyanov A.P., Daliev Sh.L.* Razrabotka konstruksiy i metody rascheta parametrov kolkovykh barabanov. – 2016, Germaniya : Izd-vo LAP LAMBERT Academic Publishing.

2. *Tashpulatov D.S., Djuraev A.D., Plekhanov A.F.* Questions of the rationale preparation of the parameters of the kolosnikov on elastic supports of the fiber material cleaner // European Sciences review Scientific Journal. – № 5–6, 2018 May-June, Vienna. P. 350...352.

3. *Tashpulatov D.S., Djuraev A.D., Plekhanov A.F.* Kolosnik oscillations on elastic supports with nonlinear rigidity with random resistance from cotton-raw maternity // European Sciences review Scientific Journal. – №5–6, 2018 May-June, Vienna. P. 353...355.

4. *Dzhurayev A.D., Tashpulatov D. S., Plekhanov A.F., Kayumov A.* The Substantiation of the Parameters of the Kolosnikov on Elastic Supports of the Cleaner of Fiber Material // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 5, Issue 7, July 2018, P. 6396...6405.

5. *Bitus E.I., Dzhurayev A.D., Plekhanov A.F., Razumeev K.E., Tashpulatov D.S.* Kolosnikovaya reshetka ochistitelya voloknistogo materiala. Reshenie o vydache patenta na izobrenie po zayavke №2017143328/12(074616) от 12.12.2017 г.

6. *Djuraev A., Daliyev Sh.L.* Development of the design and justification of the parameters of the composite flail drum of a cotton cleaner // European Sciences review Scientific Journal. – № 7–8, 2017. P.96...100.

7. *Panovko Ya.G.* Osnovy prikladnoy teorii kolebaniy i udara. – L.: Mashinostroenie, 1976.

8. *Rasulov R.Kh.* Obosnovanie parametrov pильchato-kolosnikovoy sistemy ochistitelya khlopka-syrtsa ot krupnogo sora: Dis...kand. tekhn. nauk. – Tashkent, 2008.

9. *Boltaboev S.D.* Predvaritel'naya ochistka khlopka-syrtsa mashinnogo sbora ot sornykh primesey: Dis...kand. tekhn. nauk. – Tashkent: TITLP, 1949.

10. *Timoshenko S.P., Yang D.Kh., Unver U.* Kolebaniya v inzhenernom dele. – M.: Mashinostroenie, 1985.

11. *Dzhurayev A.* Dinamika rabochikh mekhanizmov khlopkopererabatyvayushchikh mashin. – Tashkent: Izd-vo Fan UzSSR, 1987. S. 142...146.

12. *Djuraev A., Mavlyanov A.P., Daliyev Sh.L., Bobomatov A.H, Radjabov O.I.* The substantiation of the parameters of the grid on elastic supports of the cotton-raw cleaner //76th Plenary meeting of the ICAC. – Tashkent, Uzbekistan, 2017. P. 246...251/

13. *Olimov K.T.* Razrabotka i obosnovanie parametrov kolosnikov na uprugikh oporakh ochistiteley khlopka-syrtsa ot krupnykh sornykh primesey: Dis...kand. tekhn. nauk. – Tashkent: TITLP, 1998.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 14.03.19.

УДК [677.024.5]:677.074.16

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ДЕФОРМИРОВАНИЯ НИТИ УТКА
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МНОГОСЛОЙНОЙ ТКАНОЙ СТРУКТУРЫ**

**MATHEMATICAL MODELING
OF THE QUASISTATIC PROCESS
OF DEFORMATION OF A WEFT YARN
DURING THE FORMATION OF A MULTILAYER WOVEN STRUCTURE**

Д.А. ПИРОГОВ, К.И. ЕВГРАФОВА

D.A. PIROGOV, K.I. EVGRAFOVA

(Ивановский государственный политехнический университет,
ОА "Государственное машиностроительное конструкторское бюро "Радуга" им. А.Я. Березняка",
Ивановский государственный энергетический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University,
OJSC "State Engineering Design Bureau "Raduga" named after A.Ya. Berezhnyak",
Ivanovo State Power University)

E-mail: pirogov81@mail.ru

В работе решается задача математического моделирования квазистатического процесса деформирования нити утка при формировании многослойной тканой структуры. Разработана геометрическая модель многослойной тканой структуры. Получена математическая модель квазистатического деформированного состояния нити утка многослойной тканой структуры, учитывающая функциональную связь между возникающими в сечениях нити утка нормальными напряжениями и ее относительным удлинением. Модель позволяет определить геометрические характеристики элемента утка и силовые характеристики в его поперечных сечениях в зависимости от геометрических и физических параметров многослойной тканой структуры.

The problem of mathematical modeling of the quasistatic deformation process of the weft thread during the formation of a multilayer woven structure is solved. A geometric model of a multilayer woven structure is developed. A mathematical model of the quasistatic deformed state of the weft thread of a multilayer woven structure is developed, which takes into account the functional relationship between the normal stresses arising in the wire sections and its relative elongation. The model

makes it possible to determine the geometric characteristics of the weft element and the power characteristics in its cross sections, depending on the geometric and physical parameters of a multilayer woven structure.

Ключевые слова: многослойная тканая структура, геометрическое моделирование, математическое моделирование, механика жестких нитей.

Keywords: multilayer woven structure, geometric modeling, mathematical modeling, mechanics of rigid threads.

Композиционные материалы (КМ) находят широкое применение в инженерной практике, так как позволяют создавать конструкции с уникальными массовыми, прочностными, диссипативными и другими характеристиками, которых практически невозможно достичь, используя традиционные конструкционные материалы [1].

В настоящее время перспективным направлением при разработке композитных материалов является использование в качестве основы объемного материала или преформы детали из различного вида технических нитей: углеродных, кремнеземных, кварцевых, стеклянных, синтетических, металлических, магнитных и др.

К основным текстильным технологиям в области создания объемных композитных материалов, армированных упрочняющими волокнами, относят ткачество и плетение. Одним из наиболее перспективных подходов для создания сложных пространственных конструкций как единого композитного материала является технология ткачества, обеспечивающая формирование трехмерной каркасной структуры требуемого вида и толщины, а современные технологии специального ткачества и оборудование позволяют получить разнообразный ассортимент объемных тканых материалов или преформ.

Разработка КМ по такой технологии невозможна без исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) многослойной тканой структуры, отправной точкой в котором является разработка и решение математической модели статики деформированного элемента утка. Модель предполагает определение формы его геометрической оси и сил, действующих в поперечных сечениях по окончании процесса деформирования.

Таким образом, цель работы – разработка математической модели квазистатического процесса деформирования нити утка при формировании многослойной тканой структуры из металлических нитей.

В качестве объекта данного исследования принята многослойная тканая структура (ткань), спроектированная на основе полотняного переплетения. Для обеспечения требуемой формы многослойной тканой структуры принимаем фазу строения, близкой к первой, при условии, что натяжение основных нитей значительно больше уточной.

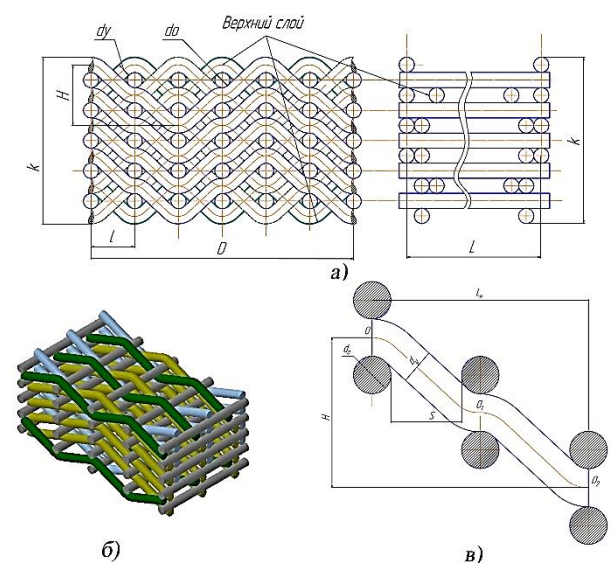


Рис. 1

На рис. 1 представлены: а) – геометрическая модель многослойной тканой структуры; б) – трехмерная модель многослойной тканой структуры; в) – геометрическая модель элемента утка в среднем слое: d_y – диаметр нити утка; d_o – диаметр нити основы; H – высота волны осевой линии нити утка; l_n – геометрическая плотность по основе в одном слое; L_n – расстояние между центрами основных нитей в крайних точках вы-

сот волн изгиба нитей утка; S – ширина ячейки тканой структуры вдоль утка; D – ширина многослойной тканой структуры; L – длина многослойной тканой структуры; k – толщина многослойной тканой структуры.

Исходную модель взаимодействия нитей в зоне формирования многослойной тканой структуры будем строить на базе механики жестких нитей, опирающейся на основные гипотезы и допущения теории изгиба стержней в соответствии с [2]. Также при решении задачи о деформации нити утка следует принять во внимание следующее: уток – абсолютно жесткий и при формировании многослойного тканого элемента не имеет проскальзывания относительно нитей основы; действительные характеристики напряжение-деформация при растяжении и сжатии одинаковы; нити работают в условиях плоского изгиба без скручивания; форма изогнутой нити утка содержит прямолинейный участок между соседними нитями основы; процесс формоизменения утка сопровождается увеличением его длины в зоне вырабатываемого полотна, которое в основном идет за счет деформации растяжения, так как выборка концов утка из зоны вне полотна ограничена рядом факторов и скольжения утка в его осевом направлении относительно нитей основы не происходит [3].

Считая известными величинами фазу строения тканой основы, диаметры основы и утка, ширину ячейки, определим угол φ_0 охвата нитью утка нитью основы и длину ℓ_n свободного прямолинейного участка элемента утка.

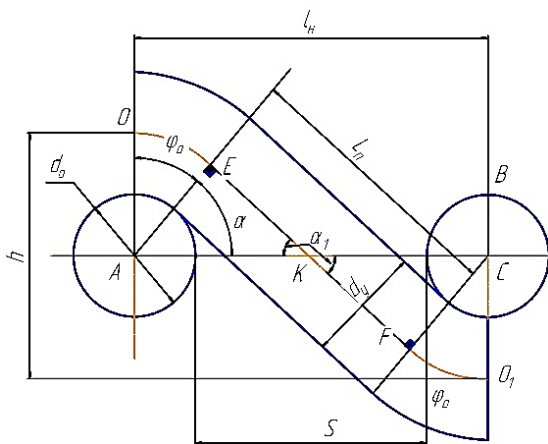


Рис. 2

Принятое тканое переплетение позволяет рассмотреть в качестве элементарного объекта переплетения фрагмент уточной нити OO_1 между соседними нитями основы (рис. 2 – геометрия деформированного элемента утка).

Тогда можно записать следующие соотношения:

$$H = 2h, L_n = 2\ell_n, \ell_n = S + d_o. \quad (1)$$

Из рис. 2 очевидно, что $\triangle AЕК$ и $\triangle CFК$ подобные, так как $AE=CF$ и $\angle AЕК=\angle CFК=\alpha_1$. Тогда:

$$AE = \frac{d_o + d_y}{2}, \quad (2)$$

$$\sin(\alpha_1) = \frac{AE}{AK} = \frac{CF}{KC}, \quad (3)$$

но $AE = CF$, тогда следует, что

$$AK = CK = \frac{\ell_n}{2}. \quad (4)$$

Угол φ_0 охвата нитью утка нитью основы находится из соотношения

$$\varphi_0 = \arcsin\left(\frac{d_o + d_y}{\ell_n}\right). \quad (5)$$

Длина деформированного элемента утка ℓ_d , с учетом $h = d_o + d_y$:

$$\ell_d = \varphi_0 h + \ell_n, \quad (6)$$

где h – высота волны осевой линии нити утка.

Длину ℓ свободного прямолинейного участка элемента утка в соответствии с расчетной схемой определим следующим образом:

$$\ell_n = \ell \cos(\varphi_0). \quad (7)$$

Относительное удлинение ε_s уточины (ее геометрической оси) будет равно:

$$\varepsilon_s = \frac{\varphi_0 h + \ell_n}{\ell_n} - 1. \quad (8)$$

Так как в зоне между выделенными сечениями внешних осевых сил, действующих на элемент утка, нет, то величина относительного удлинения его геометрической оси ϵ_s будет постоянной по всей длине.

При решении данной задачи стоит обратить внимание на то, что размеры поперечного сечения нити утка не малы, по сравнению с радиусом кривизны ее центральной оси, то есть происходит изгиб нити за пределами упругости и необходим учет изменения длин волокон нити утка в зависимости от расстояния их до центра кривизны.

В зоне изгиба относительное удлинение ϵ_s отвечает выражению:

$$\epsilon_s = \frac{r_s - r_H}{r_H}, \quad (9)$$

где r_s – радиус кривизны геометрической оси уточины; r_H – расстояние до нейтрального слоя волокон уточины.

Для рассматриваемого случая:

$$r_s = \frac{d_o + d_y}{2}.$$

Тогда расстояние до нейтрального слоя утка в зоне его изгиба на основании (9) с учетом (8) будет равно

$$r_H = \frac{r_s + l_H}{\varphi_0 h + l_H}. \quad (10)$$

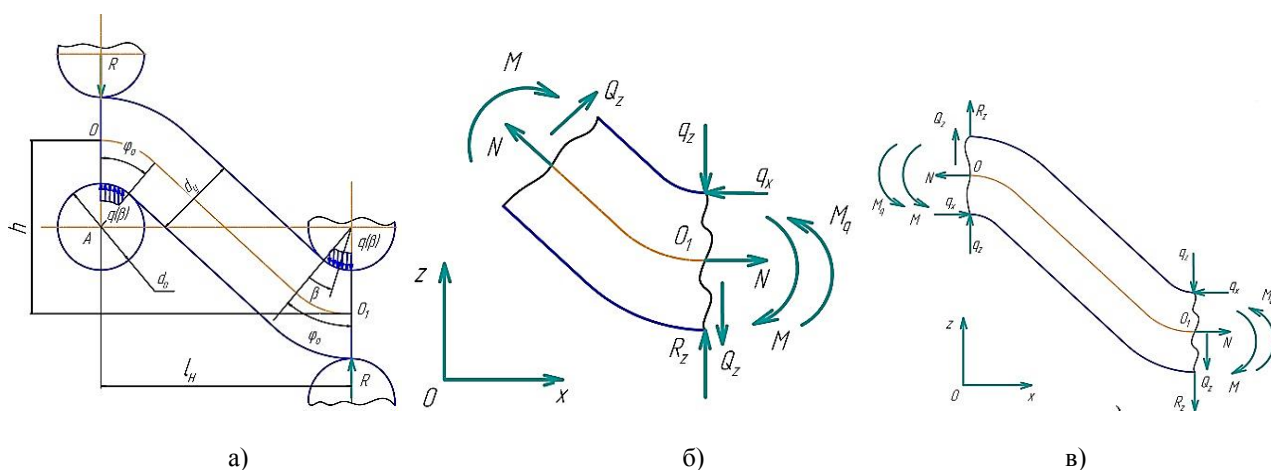


Рис. 3

Зная r_s и r_H , можно определить ϵ относительное удлинение произвольного слоя нити в зоне изгиба, нормальную силу N и изгибающий момент M в поперечном сечении уточины интегралами [2]:

$$N = \int \sigma(\epsilon) dF, \quad M = \int \sigma(\epsilon) z dF. \quad (11)$$

Для вычисления (11) необходимо экспериментальное исследование характеристики напряжение-деформация $\sigma(\epsilon)$ материала нити утка и представление ее аналитической зависимостью. Например, как в [4], в виде параболической зависимости, полученной методом наименьших квадратов. В раскрытом виде данные интегралы показаны в работе [5].

Рассмотрим элемент геометрического строения тканой структуры в разрезе вдоль нити утка среднего слоя. В зоне контакта (рис. 3-а) на элемент утка со стороны нитей основы действует распределенная нагрузка $q(\beta)$, интенсивность которой можно заменить приведенной в концевое сечение нити утка сосредоточенной силой, разложенной на две составляющие q_x и q_z , и приведенным моментом M_q .

На рис. 3 представлена расчетная схема к приближенному определению поперечных усилий Q_z .

Очевидно,

$$\begin{cases} q_x = \int_0^{\varphi_0} r_o q(\beta) \sin(\varphi_0 - \beta) d\beta, \\ q_z = \int_0^{\varphi_0} r_o q(\beta) \cos(\varphi_0 - \beta) d\beta, \\ M_q = \int_0^{\varphi_0} \frac{r_o q(\beta)}{2} \cos(\varphi_0 - \beta) d\beta. \end{cases} \quad (12)$$

Определение зависимости $q(\beta)$ представляет определенные сложности, так как необходим учет смятия нитей в зоне контакта. Предположим, что для рассматриваемого среднего слоя данной тканой структуры в месте охвата нити утка нитью основы площадка контакта невелика. Тогда в приближении можно принять:

$$q(\beta) = q(\beta = 0) = N \sin \varphi_0. \quad (13)$$

Тогда (12) можно записать:

$$\begin{cases} q_x = \int_0^{\varphi_0} r_o N \sin \varphi_0 \sin(\varphi_0 - \beta) d\beta, \\ q_z = \int_0^{\varphi_0} r_o N \sin \varphi_0 \cos(\varphi_0 - \beta) d\beta, \\ M_q = \int_0^{\varphi_0} \frac{r_o N \sin \varphi_0}{2} \cos(\varphi_0 - \beta) d\beta. \end{cases} \quad (14)$$

С другой стороны, на элемент утка со стороны нитей основы действует усилие R (рис. 3-а), полагая, что нити контактируют как при геометрическом контакте двух цилиндров с перекрещивающимися осями – в точке.

Поперечные усилия Q_z в концевых сечениях есть результат силового взаимодействия нити утка с нитями основы. Это утверждение можно доказать, выполнив промежуточное сечение нити утка плоскостью, параллельной ее поперечному сечению, и рассмотрев равновесие одной оставшейся части, например, правой (рис. 3-б). Запишем условие равенства проекций всех сил на ось OZ :

$$R_z - Q_z + Q_z \cos(\varphi_0) - q_z + N \sin(\varphi_0) = 0. \quad (15)$$

Поперечные усилия Q_z находятся из условия равновесия $\sum M=0$ для всего выделенного элемента утка (рис. 3-в). Приняв $\sum M_0=0$, имеем:

$$2M_q - Q_z l_n + R_z l_n - q_z l_n - q_x (h - r_y) + N h + q_x r_y = 0. \quad (16)$$

Решая совместно уравнения (5), (9)...(16), определим силы Q_z, R_z, q_z взаимодействия нити утка с нитями основы в зависимости от фазы строения, геометрических параметров многослойной тканой структуры, характеристики $\sigma(\varepsilon)$ материала утка при допущении о прямолинейности геометрической оси утка в зоне между двумя соседними нитями основы. Решение для уточной нити верхнего слоя может быть получено на основании формул (5), (9)...(16), исключив усилие R .

Определение сил, действующих со стороны нити утка на нити основы, открывает возможность определения требуемых показателей напряженно-деформированного состояния многослойной тканой структуры.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена геометрическая модель многослойной тканой структуры с учетом геометрических характеристик нитей утка и нитей основы.

2. Разработана математическая модель квазистатического деформированного состояния нити утка многослойной тканой структуры, учитывающая функциональную связь между возникающими в сечениях проволоки нормальными напряжениями и ее относительным удлинением.

3. Модель позволяет определить геометрические характеристики элемента утка и силовые характеристики в его поперечных сечениях в зависимости от параметров многослойной тканой структуры: высоты волны геометрической оси нитей утка, плотности по основе, диаметров нитей основы и утка.

4. Поставлена задача анализа напряженно-деформированного состояния многослойной тканой структуры.

1. *Абросимов Н.А.* Методика построения разрешающей системы уравнений динамического деформирования композитных элементов конструкций. – Н. Новгород, 2010.

2. *Беляев Н.М.* Сопrotivление материалов. – М.: Наука, 1976.

3. *Суров В.А.* Обобщенная теория динамики упругих систем батанных механизмов и ее приложение к рапирным металлотацким станкам: Дис. ...докт. техн. наук. – Иваново: ИГТА, 2005.

4. *Гао Бинь, Суров В.А.* Статика деформированной уточной металлонити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 3. С.85...88.

5. *Гао Бинь.* Совершенствование процесса приboя утка на металлотацких станках при выработке сеток полотняного переплетения: Дис. ...канд. техн. наук. – Иваново, 2003.

1. *Abrosimov N.A.* Metodika postroeniya razreshayushchey sistemy uravneniy dinamicheskogo deformirovaniya kompozitnykh elementov konstruktсий. – N. Novgorod, 2010.

2. *Belyaev N.M.* Soprotivlenie materialov. – M.: Nauka, 1976.

3. *Surov V.A.* Obobshchennaya teoriya dinamiki uprugikh sistem batannykh mekhanizmov i ee prilozhenie k rapirnym metallotkatskim stankam: Dis...dokt. tekhn. nauk. – Ivanovo: IGTA, 2005.

4. *Gao Bin', Surov V.A.* Statika deformirovannoy utochnoy metalloniti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2002, № 3. S.85...88.

5. *Gao Bin'.* Sovershenstvovanie protsessa priboya utka na metallotkatskikh stankakh pri vyrabotke setok polotnyanogo perepleteniya: Dis. ...kand. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2003.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования ИВГПУ. Поступила 24.04.18.

УДК 677.025

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУР ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТОРОНОК ЯЧЕЕК ТРИКОТАЖНЫХ СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

DESIGNING OF STRUCTURES OF THE VERTICAL PARTIES OF THE CELL OF KNITTED MESH MATERIALS

Е.С. БАБКОВА, В.А. ЗАВАРЧЕВ О.П. ФОМИНА

E.S. BABKOVA, V.A. ZAVARUEV, O.P. FOMINA

(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 проектирования структур вертикальных сторонok ячеек, и сформулирован комплекс требований, позволяющий рационализировать технологию вязания трикотажных материалов сетчатых структур.

In work the design method of structures of the vertical parties of a cell is developed and the complex of requirements allowing to rationalize technology of knitting of knitted materials of mesh structures is formulated.

Ключевые слова: основoвязанный трикотаж, филейные переплетения, уточная нить, сетеполотно, структура ячеи.

Keywords: knitted basis of knitwear, fillet interlacings, weft thread, mesh cloth, structure of a cell.

В настоящее время трикотажные полотна находят все более широкое применение в изделиях технического назначения, используемых в медицине, строительстве, рыболовстве, космической и радиолокационной технике.

Среди различных видов технического трикотажа особое место занимают трикотажные сетеполотна. Такие полотна представляют собой материал, в структуре которого образованы сквозные просветы различной величины, формы. При этом площадь просветов в таких полотнах значительно превышает площадь участков застила [1].

Несмотря на многообразие применения трикотажного сетеполотна, можно сформулировать ряд общих требований для всех типов сетеизделий:

- высокая прочность на разрыв;
- стабильность структуры при эксплуатации;
- возможность получения сквозных просветов различной величины;
- изменение размеров просветов и сетеполотна в целом путем раскрытия и закрытия площади просветов (изменение угла раскрытия ячеи);
- нераспускаемость при локальных повреждениях петельной структуры.

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяет основовязанный трикотаж филейных и уточно-филейных переплетений, в структуре которого в местах отсутствия связи между соседними петельными столбиками образуются сквозные отверстия [2]. Размер, форма и порядок расположения таких отверстий в трикотажном сетеполотне определяется его петельной структурой (видом переплетения) и ритмом проборки ушковых гребенок.

Каждый сквозной просвет образует в полотне ячейку, отделенную от соседних ячеек сторонами, состоящими из сплошных участков петельной структуры.

Очевидно, что строение и параметры таких сторон будут определять как размеры и форму самих ячеек, так и свойства трикотажного сетеполотна в целом. Следовательно, одной из основных задач при разработке трикотажного сетеполотна является

проектирование структуры сторон его ячеек.

Независимо от формы и размеров ячеек в структуре трикотажного сетеполотна можно выделить участки в виде вертикальных сторон, которые отделяют соседние ячейки друг от друга по горизонтали (по направлению петельных рядов) и участки связок, которые соединяют соседние вертикальные стороны, разделяя соседние ячейки по вертикали.

При формировании вертикальных сторон ячеи трикотажных сетеполотен необходимо, чтобы кромочные (внешние) петельные столбики каждой вертикальной стороны состояли из петель с вертикальной протяжкой (переплетение цепочка) или из петель с односторонними протяжками, направленными внутрь вертикальной стороны (переплетение трико и его производные или поворотная петля атласа). А также возможно сочетание таких петель в любой последовательности.

Ширина вертикальной стороны ячейки характеризуется числом петельных столбиков, число которых может меняться от одного до любой заданной величины. Однако следует отметить, что наиболее предпочтительно проектирование структуры вертикальных сторон с четным числом петельных столбиков, так как при формировании участков связок, соединяющих каждую вертикальную сторону с двумя соседними, структура вертикальной стороны раздваивается и для формирования равнопрочного участка связки структура ее левой и правой части должна быть одинаковой.

Петельная структура вертикальных сторон ячеи определяется видом используемых главных, производных и комбинированных основовязанных переплетений, числом нитей, образующих каждый вид переплетения, взаимным расположением и направлением кладки этих нитей в остовах петель.

Очевидно, что при формировании структуры вертикальной стороны могут быть использованы только те переплетения, которые имеют раппорт по ширине R_v , меньший или равный ширине вертикальной стороны.

Поэтому на первом этапе проектирования структуры трикотажного сетеполотна задается ширина вертикальной сторонки ячей, подбираются виды переплетений для ее формирования и определяются все возможные варианты заполнения ее структуры нитями, каждого из этих переплетений.

Так, для формирования структуры вертикальной сторонки шириной в четыре петельных столбика ($\Pi=4$) возможно использовать следующие виды основовязанных переплетений: цепочка, трико, сукно, шарме,

атлас (при условии, что раппорт переплетения по ширине R_B равен 3 или 4).

Однако следует учитывать, что даже минимальный раппорт переплетения атлас по высоте ($R_{Hmin}=4$) не позволяет плавно увеличивать или уменьшать длину сторонки ячей путем изменения числа раппортов переплетения в вертикальной сторонке. И поэтому его использование при формировании вертикальных сторонок ячеек ограниченной ширины и длины нецелесообразно и в данной статье не рассматривается.

Число нитей n в сторонке	Графическая запись расположения нитей базовых переплетений в структуре вертикальных сторонок ячеек ($\Pi=4$)			
	ЦЕПОЧКА	ТРИКО	СУКНО	ШАРМЕ
n=4				
n=3				
n=2				
n=1				

Рис. 1

На рис. 1 приведены все возможные варианты заполнения структуры вертикальных сторонки ячеи шириной в четыре петельных столбика ($Ш=4$) нитями каждого из выбранных основовязанных переплетений.

На втором этапе проектирования структуры вертикальных сторонки ячеи методом поэтапной комбинаторики формируются возможные варианты полного заполнения вертикальных сторонки различными видами основовязанных переплетений.

Очевидно, что петельная структура вертикальных сторонки ячеи может быть весьма разнообразна, причем количество возможных вариантов таких структур возрастает с увеличением ширины вертикальной сторонки ячеи.

Поэтому на третьем этапе проектирования проводится анализ полученных структур вертикальных сторонки ячеек с целью определения наиболее оптимальных вариантов для сетеполотен и рациональной технологии его вязания.

Такой анализ предлагается проводить в соответствии со структурой вертикальной сторонки ячеи по следующим требованиям:

- для обеспечения стабильной структуры трикотажных сетеполотен толщина сто-

ронки по всей ее площади должна быть постоянной, для этого число нитей в остане каждой петле должно быть одинаковым, причем для обеспечения минимальной материалоемкости сетеполотна каждый остов петли образовывается только из одной нити;

- число систем нитей (нити, образующие один вид переплетения с одинаковым направлением кладок на иглы), образующих вертикальную сторонку ячеи, должно быть минимально возможным. Это объясняется тем, что увеличение числа систем нитей не позволяет его реализовать на машинах с ограниченным числом ушковых гребенок;

- суммарное число нитей, образующих вертикальные сторонки ячеи, должно быть четным, так как при образовании участков связок нити разделяются, а структура левой и правой части связки должна быть равнопрочной;

- в структуре вертикальной сторонки предпочтительно использовать одинаковые переплетения со встречной кладкой, так как в этом случае обеспечивается одинаковая уработка этих нитей, что является необходимым условием для машин со сдвоенным управлением поворота навоев.

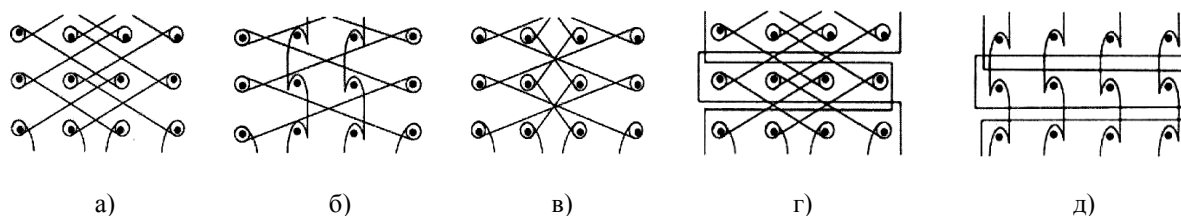


Рис. 2

На основании такого анализа возможных вариантов структур вертикальных сторонки ячеи шириной в четыре петельных столбика ($Ш=4$) были определены наиболее оптимальные структуры, графическая запись которых представлена на рис. 2-а, б, в. Для создания малорастяжимых, формоустойчивых ячеек в их структуру целесообразно вводить уточные нити со встречной кладкой в качестве каркасно-связующего элемента рис. 2-г, д. Выбор наиболее оптимального варианта вертикальной сторонки ячеи будет определяться требованиями, предъявляемыми к конк-

ретному трикотажному сетеполотну в условиях его эксплуатации.

ВЫВОДЫ

1. Использование в качестве сетеполотна технического назначения основовязанного трикотажа филейных и уточно-филейных переплетений позволяет получать сетеполотна с ячейками стабильной структуры произвольной величины и меняющимся углом раскрытия.

2. Предложенный метод проектирования обеспечивает разработку всех возможных вариантов структуры вертикальных сторонок ячеи основовязаного сетеполотна.

3. Сформулированные требования к структуре вертикальных сторонок ячеи позволяют определить наиболее оптимальные структуры, обеспечивающие равнопрочность и стабильность участков ячеек, возможность плавного изменения их размеров и рациональную технологию вязания сетеполотен.

4. Разработанный комплекс структур вертикальных сторонок ячеек можно использовать в качестве базы данных при разработке программы автоматизированного проектирования основовязанных сетеполотен.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Пивкина С.И., Заваруев 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.

R E F E R E N C E S

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 28.01.19.

УДК 677.054.39

РАСЧЕТ УРАБОТКИ В ТКАНЯХ С ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ПО УТКУ

CALCULATION OF LOSS IN TISSUES WITH VARIABLE DENSITY IN THE WEFT

Ф.А. ВЕЛИЕВ, М.Н. НУРИЕВ

F.A. VELIEV, M.N. NURIEV

(Азербайджанский государственный экономический университет)

(Azerbaijan State Economic University)

E-mail: fazil_uzbek@mail.ru; mehman62@mail.ru

Показано, что уработка тканей с переменной плотностью по утку существенно зависит от типа раппорта по плотности ткани. Получены зависимости для расчета уработки по основе и утку для разных типов раппортов по плотности ткани. Полученные зависимости являются приближенными, так как не учитывают силового взаимодействия нитей и переходных процессов при формировании ткани.

It is shown that the production of tissue with a variable density in the weft substantially depends on the type of rapport in tissue density. Dependences are obtained for calculating the work time on the basis and weft for different types of rappings according to the density of the fabric. The obtained dependences are approximate since do not take into account the force interaction of threads and transients during tissue formation.

Ключевые слова: уработка тканей, переменная плотность по утку, плотность ткани, раппорт.

Keywords: tissue processing, variable weft density, tissue density, rapport.

Существуют несколько теоретических формул [1...3] для определения уработки нитей в ткани. Все они определяют ее приближенно, так как не учитывают фактического расположения нитей в ткани, изменения формы и размеров поперечного сечения нитей в ней, а также деформации нитей.

Уработка характеризует строение ткани и является статической величиной со своими неравномерностями и ошибками измерений. Точное определение уработки теоретическим путем или с помощью математической обработки экспериментальных данных невозможно, поэтому уработка основы и утка является величиной приближенной.

Определим уработку по основе a_o , по утку a_y для тканей с переменной плотностью по утку, используя выражение при вычислении этих величин для равноплотных тканей [3]:

$$\begin{aligned} a_y &= \frac{L_y - B}{L_y} \cdot 100, \\ a_o &= \frac{L_o - L_T}{L_o} \cdot 100, \end{aligned} \quad (1)$$

где L_y , B – длина утка, ширина ткани соответственно; L_o , L_T – соответственно длина основы и ткани.

Очевидно, что при расчете уработки для тканей с переменной плотностью по утку необходимо учитывать раппорт по плотности. Пусть a_{oi} – уработка по основе на i -м участке, определяемая по формуле (1), а L_{Ti} – длина ткани i -го участка. Тогда длина нити основы, необходимая для выработки такой длины ткани, L_{oi} определится как:

$$L_{oi} = \frac{L_{Ti}}{1 - \frac{a_{oi}}{100}}. \quad (2)$$

Полная длина основы, необходимая для выработки раппорта плотности:

$$L_o = \sum_{i=1}^k \frac{L_{Ti}}{1 - \frac{a_{oi}}{100}}, \quad (3)$$

где k – количество участков в раппорте плотности.

Длина ткани в раппорте плотности:

$$L_T = \sum_{i=1}^k L_{Ti}. \quad (4)$$

Полная уработка по основе

$$a_o = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{L_i}{1 - \frac{a_{oi}}{100}} - \sum_{i=1}^k L_i}{\sum_{i=1}^k \frac{L_i}{1 - \frac{a_{oi}}{100}}} \cdot 100,$$

или

$$a_o = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k L_i}{\sum_{i=1}^k \frac{L_i}{1 - \frac{a_{oi}}{100}}} \right) \cdot 100. \quad (5)$$

Для тканей с переменной плотностью по утку I-го типа [3] полная уработка по основе может быть выражена также через плотность P_{yi} и число нитей N_i на соответствующем участке:

$$a_o = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{P_{yi}}}{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{P_{yi} \left(1 - \frac{a_{oi}}{100} \right)}} \right) \cdot 100. \quad (6)$$

Для тканей II-го типа [3], где расстояние между уточными нитями внутри участков подчиняется определенному закону или определяется уравнением на каждом участке следующим образом:

$$\ell_{ki} = f_k(i). \quad (7)$$

В этом случае длина ткани на участке:

$$L_T = \sum_{i=1}^{N_k} f_k(i). \quad (8)$$

Длина основы, необходимая для выработки этого участка ткани:

$$L_o = \sum_{i=1}^{N_k} \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2}, \quad (9)$$

где h_0 – высота волны изгиба нитей основы, характеризующая порядок фазы строения ткани.

Уработка нитей основы на k -м участке:

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^k \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2} - \sum_{i=1}^{N_k} f_k(i)}{\sum_{i=1}^{N_k} \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2}} \cdot 100. \quad (10)$$

Полная уработка нитей основы для ткани II-го типа может быть определена по формуле (6) с подстановкой в нее значений уработок нитей основы на отдельных участках, вычисленных по формуле (10):

$$a_0 = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{P_{yi}}}{\frac{\sum_{i=1}^k \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2} - \sum_{i=1}^{N_k} f_k(i)}{\sum_{i=1}^{N_k} \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2}}} \right) \cdot 100. \quad (11)$$

Для тканей с переменной плотностью по утку III-го типа полная уработка нитей основы вычисляется по формуле (6), в которую вносятся значения уработок на отдельных участках. Если на каждом из участков или на нескольких из них используются различные уточные нити, то вычисление по формуле (9) зависит от диаметра уточной нити на i -м участке, то есть

$$L_{oi} = \sum_{i=1}^{N_k} \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2}. \quad (12)$$

Полная уработка нити основы для ткани III-го типа определяется путем подстановки (12) в (6):

$$a_0 = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{P_{yi}}}{\frac{\sum_{i=1}^k \frac{N_i \sum_{i=1}^k \sqrt{f_k^2(i) + h_0^2}}{P_{yi} \sum_{i=1}^{N_k} f_k(i)}}} \right) \cdot 100. \quad (13)$$

Для тканей с переменной плотностью по утку IV-го типа уработка нитей основы может быть вычислена по формуле (12), так как она представляет собой один участок с различными расстояниями между нитями утка. Необходимо лишь иметь в виду, что k может быть сколь угодно большим. Используя рассуждения, аналогичные вышеприведенным для уработки нитей утка, получим:

$$a_y = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{B_{Ti} N_i}{1 - \frac{100}{a_{yi}}} - \sum_{i=1}^k B_{Ti} N_i}{\sum_{i=1}^k \frac{B_{Ti} N_i}{1 - \frac{100}{a_{yi}}}} \cdot 100, \quad (14)$$

или

$$a_y = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \frac{B_{Ti} N_i}{1 - \frac{100}{a_{yi}}}}{\sum_{i=1}^k \frac{B_{Ti} N_i}{1 - \frac{100}{a_{yi}}}} \right) \cdot 100, \quad (15)$$

где B_{Ti} – соответственно ширина участков ткани; a_{yi} – уработка нитей на участках; N_i – количество уточных нитей в соответствующих участках.

Если пренебречь различием в ширине участков, то формула (15) упростится и примет вид:

$$a_y = \left(\frac{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{1 - \frac{100}{a_{yi}}}}{\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{1 - \frac{100}{a_{yi}}}} \right) \cdot 100. \quad (16)$$

Полученные соотношения позволяют производить расчеты уработки тканей переменной плотности по основе и утку. Полученные соотношения являются приближенными, так как в них не учтено влияние переходных процессов при работе ткацкого станка в неустановившемся режиме работы, когда происходит переход от одной плотности к другой. Однако их точность достаточно для практических расчетов. Для уточнения могут быть введены специальные поправки, значения которых определяются экспериментально.

ВЫВОДЫ

1. Получены приближенные зависимости для расчета уработки тканей с переменной плотностью по основе и утку, без учета переходных процессов ткачества.

2. Показано, что основным фактором, влияющим на уработку, является тип раппорта ткани по плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Г.В., Степанов С.Г. Теория строения ткани. – Иваново: ИГТА, 2004.

2. Льноткачество: справочник / Р.Д. Дружинина, А.Б. Брут-Бруляко, И.М. Иваникова и др. / Под ред. Р.Д. Дружининой. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

3. Хлопкоткачество: Справочник/ Э.А. Оников, П.Т. Букаев, А.П. Алленова и др. / Под ред. Э.А. Оникова. – М.: Легкая индустрия, 1979.

REFERENCES

1. Stepanov G.V., Stepanov S.G. Teoriya stroeniya tkani. – Ivanovo: IGTA, 2004.

2. L'notkachestvo: spravochnik / R.D. Druzhinina, A.B. Brut-Brulyako, I.M. Ivanikova i dr. / Pod red. R.D. Druzhininoy. – M.: Legprombytizdat, 1985.

3. Khlopkotkachestvo: Spravochnik/ E.A. Onikov, P.T. Bukaev, A.P. Allenova i dr. / Pod red. E.A. Onikova. – M.: Legkaya industriya, 1979.

Рекомендована кафедрой стандартизации и сертификации. Поступила 24.12.18.

УДК 675.026.11

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОФИЛЬНОСТИ СМЕСОВЫХ ТКАНЕЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ**

**REGULATION OF THE HYDROPHILICITY OF MIXED FABRICS
USING LOW TEMPERATURE PLASMA**

М.В. АНТОНОВА, И.В. КРАСИНА, С.В. ИЛЮШИНА

M.V. ANTONOVA, I.V. KRASINA, S.V. ILUSHINA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan State Research Technological University)

E-mail: marisha.10@list.ru

В статье рассмотрено влияние плазменной модификации на поверхностные свойства смесовых тканей. Изучены характеристики смесовых тканей до и после плазменной модификации.

In article influence of plasma modification on the surface properties of mixed fabrics. Studied the characteristics of blended fabrics before and after plasma modification.

Ключевые слова: смесовые ткани, поверхностные свойства, низкотемпературная плазма.

Keywords: blended fabric, surface properties low-temperature plasma.

В последние годы в текстильной отрасли все чаще стали применяться альтернативные методы обработки материалов, позволяющие сохранить, а иногда даже улучшить свойства волокон и тканей. Такие методы помогают повысить экологичность производства, регулировать характеристики материалов, а также сэкономить производственные ресурсы.

К альтернативным методам можно отнести различные виды модификации материалов: электрофизическую, физическую, электрохимическую и др. Плазменная модифи-

кация в текстильной отрасли является на сегодняшний день довольно распространенным видом обработки, хотя области ее применения изучены далеко не полностью [1...5]. С помощью плазменной модификации на предприятиях текстильной промышленности добиваются интенсификации жидкостных процессов. Например, на стадиях крашения тканей, кожи и меха, обработка плазмой способствует более быстрому проникновению красителя вглубь волокна и закреплению его молекул на активных центрах полимерного материала, что приводит

к уменьшению расхода красителей [3]. Это позволяет не только снизить экологическую нагрузку, но и уменьшить себестоимость продукции.

Как известно [6], плазменную обработку можно проводить в различных средах и разрядах, каждый из которых характеризуется определенными параметрами. Одним из видов разряда, используемым в текстильной отрасли, является емкостной разряд (далее ВЧЕ). Обработка материалов в емкостном разряде показывает хорошие результаты по приданию поверхностям гидрофильных или гидрофобных свойств [1...5]. Возможность регулирования поверхностных свойств волокон и материалов открывает широкие перспективы для промышленности.

В настоящее время остается значимой проблема регулирования гидрофильности поверхностей тканей смесового состава при пропитке их препаратами на водной основе. В составе таких тканей содержатся синтетические волокна, которые приводят к гидрофобизации поверхности материала в целом. Поэтому обработка в низкотемпературной плазме пониженного давления является перспективным методом активации поверхности текстильного материала перед жидкостными обработками, пропитками, нанесением покрытий, а также для комплексного повышения потребительских и эксплуатационных свойств материала.

В качестве объектов исследований выбраны ткани состава: 1 – 80% хлопок, 20% полиэстер (далее образец 1), 2 – 65% полиэстер, 35% хлопок (далее образец 2), с полиуретановым покрытием. Необходимость придания гидрофильных свойств тканям с полиуретановым покрытием обусловлена заказом ООО "Квинта".

Определение впитывающей способности выбранных тканей оценивали временем впитывания капли воды. Капиллярность тканей оценивали по подъему столба жидкости по образцу.

Для обработки текстильных материалов использовали плазменную установку ВЧЕ-разряда пониженного давления, предназначенную для модификации длинномерных волокнистых материалов. Для реализации не-

прерывной обработки материалов внутри вакуумной камеры расположено перематывающее устройство. Данная плазменная установка состоит из вакуумной камеры с системой откачки воздуха, высокочастотного генератора, согласующего устройства и системы оборотного водоохлаждения. Входные параметры установки варьировались в следующих пределах: подаваемая мощность W_p от 0,6 до 2,2 кВт, продолжительность модификации – от 60 до 600 с, давление в рабочей камере $P=26,6$ Па; расход плазмообразующего газа $G=0,04$ г/с [7].

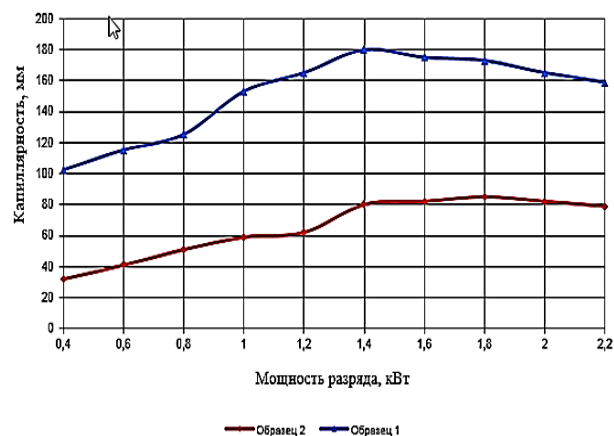


Рис. 1

Выбор конкретного режима проводили по изменению параметров гидрофильных свойств объектов исследования до и после плазменной модификации. Поиск режимов плазменной обработки, осуществляли варьированием мощности разряда плазменной модификации и вида плазмообразующего газа, остальные параметры (давление в рабочей камере $P=26,6$ Па, время обработки $t=180$ с, расход плазмообразующего газа $G=0,04$ г/с) оставались постоянными. На рис. 1 (зависимость капиллярности текстильных материалов от мощности разряда плазменной модификации; плазмообразующий газ – воздух) представлены результаты исследования влияния мощности ВЧ-разряда на параметр капиллярность. На рис. 2 показано влияние обработки ВЧ-плазмой в разных плазмообразующих газах на капиллярность тканей.

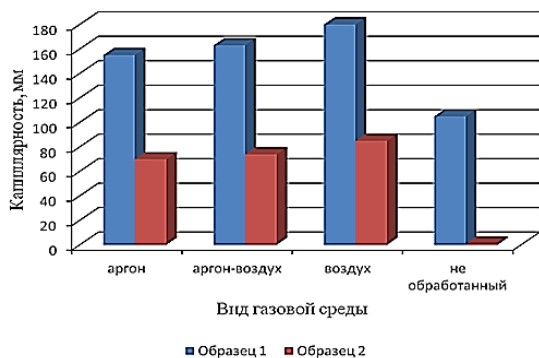


Рис. 2

Анализ полученных зависимостей показал, что максимальное значение капиллярности достигается при значении мощности разряда 1,4 кВт для образца 1 и мощности 1,8 кВт для образца 2. Дальнейшее увеличение мощ-

ности разряда нецелесообразно, так как наблюдается обратный эффект: ткани приобретают гидрофобные свойства. Наиболее оптимальным видом плазмообразующего газа для данных образцов является воздух. Смесь воздуха с аргоном также показывает хорошие результаты, по сравнению с необработанными образцами.

После проведения плазменной активации поверхности тканей проводили повторное исследование их впитывающей способности, которая показала значительное увеличение гидрофильных свойств тканей. Результаты представлены на рис. 3 (определение впитывающей способности тканей до (а, б) и после плазменной модификации (в, г)) и в табл. 1 (время впитывания капли воды поверхностью тканей).

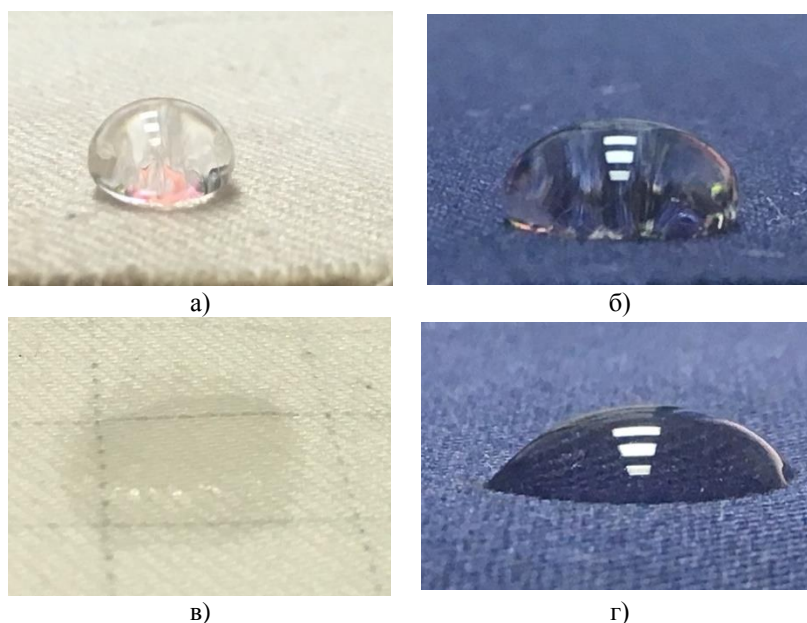


Рис. 3

Т а б л и ц а 1

Образец	Время впитывания капли воды, с	
	до ВЧ-плазменной обработки	после ВЧ-плазменной обработки
Образец №1	240	< 1
Образец №2	> 600	10

По итогам эксперимента выявлено, что не обработанные плазмой образцы 1 и 2 обладают гидрофобными свойствами, а обработанные ВЧ-плазмой – гидрофильными.

Таким образом, на основе проведенных экспериментальных исследований показано, что обработка полиуретанового покрытия высо-

кочастотной плазмой пониженного давления в среде воздуха позволяет существенно повысить гидрофильные свойства ткани в целом. Данный эффект подробно рассмотрен в работах [8], [9]. Основным механизмом является снижение надмолекулярной упорядоченности и прививка азот- и кислородо-

содержащих функциональных групп на поверхности полимерного покрытия.

ВЫВОДЫ

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что плазменная обработка способствует повышению гидрофильных свойств смесовых тканей и может быть использована как метод регулирования свойств поверхности текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Илюшина С.В.* Технология получения технических тканей с антиадгезионными свойствами // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2012, №18. С. 50...52.
2. *Ибатуллина А.Р., Букина Ю.А., Сергеева Е.А., Абдуллин И.Ш.* Регулирование свойств поверхности волокон и текстильных материалов бытового, технического и медицинского назначения ионами плазмы // Сб. докл. XXI Междунар. конф.: Взаимодействие ионов поверхностью. – Ярославль, 22-26 августа 2013. – М., 2013. С. 143.
3. *Антонова М.В., Кулецов Г.Н., Абдуллин И.Ш., Исрафилов И.Х.* Применение низкотемпературной плазмы пониженного давления для повышения качества процессов отбеливания шубной овчины // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2009, №4. С.114...117.
4. *Антонова М.В., Красина И.В.* Исследование влияния низкотемпературной плазмы на гигиенические свойства ткани специального назначения // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2014. Т.17, № 23. С.97...99.
5. *Антонова М.В., Красина И.В., Парсанов А.С., Илюшина С.В.* Оценка возможности применения плазменной модификации тканей в процессе придания им антибактериальных свойств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С.78...81.
6. *Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Кашипов Н.Ф.* Высококачественная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2000.
7. *Тимошина Ю.А.* Разработка трикотажных и нетканых волокнистых материалов с антибактериальными свойствами: Дис....канд. техн. наук. – Казань, 2014.
8. *Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Вишневецкая О.В., Осипов Н.В., Вишневецкий В.В.* Оптимизация и моделирование параметров плазменной обработки мембранных материалов // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2016. Т.19, № 17. С.82...84.

9. *Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Вишневецкая О.В., Вишневецкий В.В., Осипов Н.В.* Повышение прочности материалов с мембранным покрытием с помощью неравновесной низкотемпературной плазмы // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2014. Т.17, № 16. С.46...49.

REFERENCES

1. *Ilyushina S.V.* Tekhnologiya polucheniya tekhnicheskikh tkaney s antiadgezionnymi svoystvami // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2012, №18. S. 50...52.
 2. *Ibatullina A.R., Bukina Yu.A., Sergeeva E.A., Abdullin I.Sh.* Regulirovanie svoystv poverkhnosti volokon i tekstil'nykh materialov bytovogo, tekhnicheskogo i meditsinskogo naznacheniya ionami plazmy // Sb. dokl. XXI Mezhdunar. konf.: Vzaimodeystvie ionov poverkhnost'yu. – Yaroslavl', 22-26 avgusta 2013. – M., 2013. S. 143.
 3. *Antonova M.V., Kulevtsov G.N., Abdullin I.Sh., Israfilov I.Kh.* Primenenie nizkotemperaturnoy plazmy ponizhennogo davleniya dlya povysheniya kachestva protsessov otbelivaniya shubnoy ovchiny // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2009, №4. S. 114...117.
 4. *Antonova M.V., Krasina I.V.* Issledovanie vliyaniya nizkotemperaturnoy plazmy na gigienicheskie svoystva tkani spetsial'nogo naznacheniya // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2014. T.17, № 23. S.97...99.
 5. *Antonova M.V., Krasina I.V., Parsanov A.S., Ilyushina S.V.* Otsenka vozmozhnosti primeneniya plazmennoy modifikatsii tkaney v protsesse pridaniya im antibakterial'nykh svoystv // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №2. S.78...81.
 6. *Abdullin I.Sh., Zheltukhin V.S., Kashapov N.F.* Vysokochastotnaya plazmenno-struynaya obrabotka materialov pri ponizhennykh davleniyakh. Teoriya i praktika primeneniya. – Kazan': Izd-vo Kazan. gos. un-ta, 2000.
 7. *Timoshina Yu.A.* Razrabotka trikotazhnykh i netkanykh voloknistykh materialov s antibakterial'nymi svoystvami: Dis....kand. tekhn. nauk. – Kazan', 2014.
 8. *Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Vishnevskaya O.V., Osipov N.V., Vishnevskiy V.V.* Optimizatsiya i modelirovanie parametrov plazmennoy obrabotki membran'nykh materialov // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2016. T.19, № 17. S.82...84.
 9. *Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Vishnevskaya O.V., Vishnevskiy V.V., Osipov N.V.* Povyshenie prochnosti materialov s membrannym pokrytiem s pomoshch'yu neravnovesnoy nizkotemperaturnoy plazmy // Vestnik Kazanskogo tekhnolog. un-ta. – 2014. T.17, № 16. S.46...49.
- Рекомендована кафедрой технологии химических и натуральных волокон и изделий. Поступила 25.04.18.

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАМЕЩЕНИЯ
ПЕРВИЧНЫХ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ГРУПП
В МОЛЕКУЛЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ
НА КОЛОРИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАПЕЧАТАННЫХ ТКАНЕЙ**

**THE INFLUENCE OF DEGREE OF SUBSTITUTION
OF PRIMARY HYDROXYL GROUPS IN THE MOLECULE
OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE
FOR COLOR FIGURES PRINTED FABRICS**

Ш.Э. АЛИЕВ, Е.В. ПАНКРАТОВА, В.В. САФОНОВ

SH.E. ALIEV, E.V. PANKRATOVA, 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: k_htvm@mail.msta.ac.ru

Изучено влияние степени замещения карбоксиметилцеллюлозы, применяющейся в качестве загустителя, на насыщенность и устойчивость отпечатка к физико-механическим воздействиям и степень проникновения печатной краски на изнаночную сторону.

The influence of the degree of substitution of carboxymethylcellulose used as a thickener on the saturation and stability of the print to physical and mechanical effects and the degree of penetration of printing ink on the reverse side.

Ключевые слова: карбоксиметилцеллюлоза, манутекс RS, активные красители, прочность окрасок хлопчатобумажной ткани, вязкость.

Keywords: carboxymethyl cellulose, manutex RS, active dyes, strength of cotton fabric stains, viscosity.

Выбор загустителя является очень важным моментом в технологии печатания активными красителями из-за возможности активных красителей вступать в реакцию с нуклеофильными группами, содержащимися в молекуле загустителя. Это нежелательный процесс, который приводит к снижению степени полезного использования красителя. Кроме того, напечатанные участки ткани приобретают жесткость из-за образования труднорастворимой в воде пленки загустителя, а это также снижает устойчивость окрасок к трению и мокрым обработкам.

Для печатания активными красителями традиционно использовались загустки на основе альгината натрия. Однако в ряде исследований [1...3], авторы показали, что

один из самых высоких процентов ковалентной фиксации красителя на хлопчатобумажной ткани дают загустки на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Целью исследования является проведение сравнительного анализа модифицированного альгината натрия (манутекс RS) и КМЦ, как более дешевого, недефицитного отечественного аналога. Кроме того необходимо изучить влияние степени замещения первичных гидроксильных групп в молекуле КМЦ на выход цвета, насыщенность и устойчивость отпечатка к физико-механическим воздействиям.

В эксперименте использовали активный краситель фирмы Bazilen (Активный красный 2 С.І.), фиксацию осуществляли при

температуре 100°C в среде насыщенного водяного пара в течение 10 мин. Промывку проводили сначала проточной холодной водой, затем – горячей (85...95°C), в растворе моющего препарата концентрацией 2 г/л при температуре 85...90°C и снова горячей (85...90°C), теплой водой (60°C).

В первую очередь определяли загущающую способность (табл. 1) и реологические свойства у исследуемых загустителей (рис. 1: D – вязкость, Па·с; t – степень тиксотропного восстановления).

Т а б л и ц а 1

Загуститель	Вязкость, Па·с	Концентрация массовая, %
КМЦ $\gamma=45$	2,16	4,5
КМЦ $\gamma=60$	1,96	5,5
КМЦ $\gamma=80$	2,18	5,0
Манутекс RS	1,95	3,0

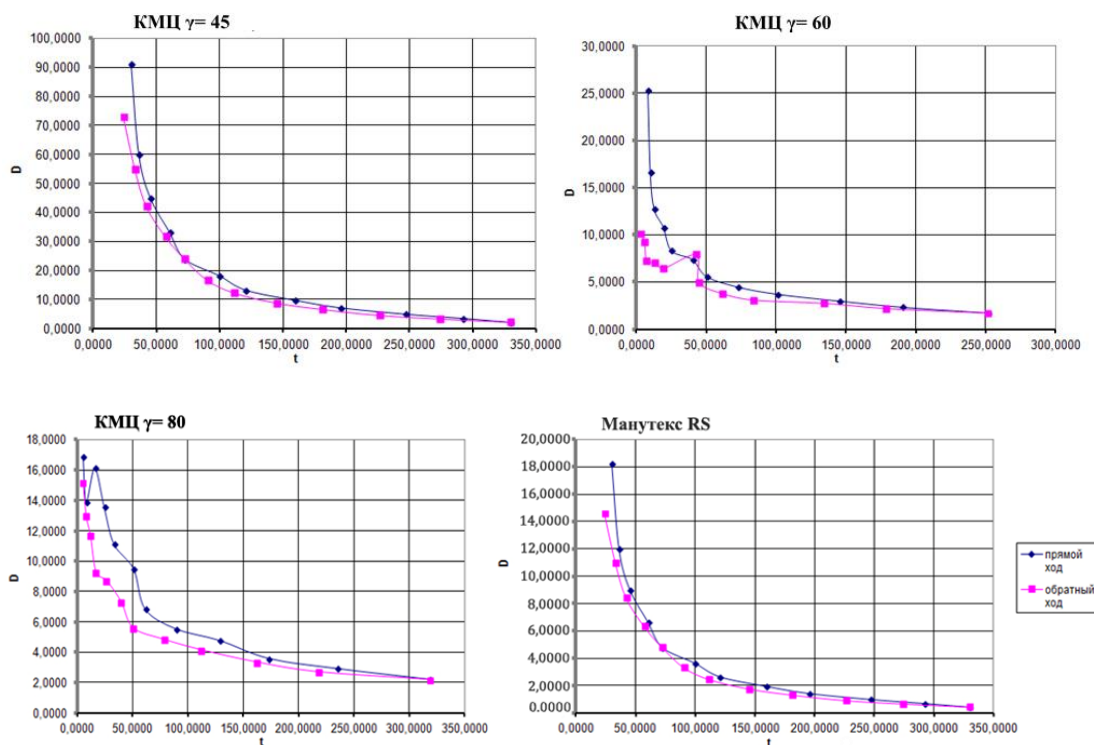


Рис. 1

По этим показателям все загустки на основе КМЦ можно признать пригодными для использования в качестве загустителей для печатных композиций. Исследования показали, что реологические свойства загустки на основе КМЦ $\gamma=80$ не уступают загустке манутекс RS.

В работе определили колористические характеристики образцов, напечатанных исследуемыми композициями (табл.2). Для этого определяли координаты цвета на приборе Компаратор цвета КЦ-3, затем рассчиты-

вали насыщенность С и ΔE , показывающие общее цветовое различие между лицевой стороной и изнаночной.

Анализ колористических характеристик показал, что при степени замещения первичных гидроксильных групп в молекуле КМЦ больше 80%, печатные краски на их основе превосходят традиционные загустки на основе альгината натрия по насыщенности и степени проникновения печатной краски на изнаночную сторону.

Т а б л и ц а 2

Лицевая сторона							
	L	a	b	C	ΔE	H	ΔL
КМЦ $\gamma = 45$	38	58	7	58,42	10,44	0,12	-6,00
КМЦ $\gamma = 60$	39	61	1	61,00	13,47	0,01	-7,00
КМЦ $\gamma = 80$	39	61	3	61,07	13,08	0,05	-7,00
Манутекс RS	32	50	4	50,16	0,00	0,08	0,00
Изнаночная сторона							
	L	a	b	C	ΔE	H	ΔL
КМЦ $\gamma = 45$	85	9	-3	9,49	58,93	-0,32	-39,00
КМЦ $\gamma = 60$	38	54	5	54,23	9,00	0,09	8,00
КМЦ $\gamma = 80$	40	58	6	58,31	9,27	0,10	6,00
Манутекс RS	46	53	1	53,01	0,00	0,02	0,00

Определение качества печати проводили по ГОСТ 9733.27–83, ГОСТ 9733.4–83. В табл. 3 представлены значения баллов ус-

тойчивости к сухому трению и устойчивости окраски к стиркам.

Т а б л и ц а 3

Вид прочности	Закрашивание белого миткала при сухом трении			
Загустка	Манутекс RS	КМЦ $\gamma=45$	КМЦ $\gamma=60$	КМЦ $\gamma=80$
Балл	5/5	5/5	5/5	5/5
Вид прочности	Закрашивание белого миткала при сухом трении			
Состав обрабатывающей ванны, г/л	Мыло олеиновое – 5 Карбонат натрия – 2			
Время обработки, мин	30			
Модуль	50:1			
Загустка	Манутекс RS	КМЦ $\gamma=45$	КМЦ $\gamma=60$	КМЦ $\gamma=80$
Балл	5/5/5	3/4/4	5/5/5	5/5/5

Из результатов видно, что наилучшие показатели устойчивости к физико-механическим воздействиям наблюдались у образцов, напечатанных манутексом RS и КМЦ со степенью замещения 60 и 80%. У образцов, напечатанных с использованием КМЦ $\gamma = 45$, низкие показатели устойчивости к стиркам можно объяснить образованием на поверхности образца труднорастворимой пленки красителя и загустителя, которая и ухудшает прочностные показатели окрасок.

ВЫВОДЫ

1. В работе доказано, что при использовании в качестве загустителя карбоксиметилцеллюлозы со степенью замещения первичных гидроксильных групп больше чем на 60%, получаемый печатный рисунок не уступает образцам, напечатанным с использованием альгината натрия по ряду показателей: устойчивости к сухому и мокрому трению, насыщенности и степени проникновения печатной краски на изнаночную сторону.

2. При использовании КМЦ с низкой степенью замещения (меньше 45%) отпечатки

имеют недостаточную устойчивость к мокрым обработкам из-за образования пленки на поверхности волокна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов Р.П., Мельников Б.Н., Воробьева С.М., Бородкин Ф.В., Леонова Н.А. Химия и технология крашения, синтеза красителей и полимерных материалов. – Иваново, 1973. Вып. 1. С. 20...23.
2. Мельников Б.Н., Виноградова Г.И. Применение красителей. – М., 1986.
3. Карпов В.В., Пачева Н.А. Активные красители сегодня // Текстильная промышленность. – 2002, №10. С. 16...18.

REFERENCES

1. Smirnov R.P., Mel'nikov B.N., Vorob'eva S.M., Borodkin F.V., Leonova N.A. Khimiya i tekhnologiya krasheniya, sinteza krasiteley i polimernykh materialov. – Ivanovo, 1973. Vyp. 1. S. 20...23.
2. Mel'nikov B.N., Vinogradova G.I. Primeneniya krasiteley. – M., 1986.
3. Karpov V.V., Pacheva N.A. Aktivnyye krasiteli segodnya // Tekstil'naya promyshlennost'. – 2002, №10. S. 16...18.

Рекомендована кафедрой реставрации и химической обработки материалов. Поступила 01.04.19.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ПРИРОДНЫХ
ПРИМЕСЕЙ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН***

**RESEARCH OF THE PROCESS OF EXTRACTION
OF NATURAL IMPURITIES OF BASIS FIBERS**

Н.С. ДЫМНИКОВА, Е.В. ЕРОХИНА, А.П. МОРЫГАНОВ, С.В. ГРИГОРЬЕВ

N.S. DYMNIKOVA, E.V. EROKHINA, A.P. MORYGANOV, S.V. GRIGORIEV

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново,
Федеральный исследовательский центр – Всероссийский институт
генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова)

(G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS, Ivanovo,
Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resource)

E-mail: nsd@isc-ras.ru *

Изучено влияние условий экстракции природных примесей (пектиновых соединений, гемицеллюлозы и лигнина) из двух сортов конопляного волокна и льноволокна в процессе химической модификации волокнистой массы. Показано, что для максимального извлечения примесей необходимо повышение температуры обработки волокна до 100°C и концентрации гидроксида натрия до 10 г/л. Методом потенциометрического титрования определен окислительно-восстановительный потенциал экстрактов лубяных волокон и доказано, что образующийся в растворе комплекс редуцирующих веществ даже при низкой температуре экстракции может выступать в качестве восстановителя ионов серебра.

The influence of extraction conditions of natural impurities (pectin compounds, hemicellulose and lignin) from two varieties of hemp fiber and flax fiber in the process of chemical modification of the pulp was studied. It was shown that for maximum extraction of impurities it is necessary to increase the temperature of fiber processing to 100° C and the concentration of sodium hydroxide to 10 g/l. Using the potentiometric titration method, the redox potential of bast fiber extracts was determined and it was proved that the complex of reducing substances formed in the solution, even at a low extraction temperature, can act as a silver ion reductant.

Ключевые слова: конопляное волокно, льноволокно, экстракция, природные примеси, окислительно-восстановительный потенциал.

Keywords: hemp fiber, flax fiber, extraction, natural admixtures, redox potential.

В последнее десятилетие наблюдается экспоненциальный рост в фундаментальных и прикладных областях науки, связанный с синтезом наночастиц (НЧ) благородных металлов, изучением их свойств и практическим

применением. Одним из перспективных направлений использования НЧ является получение биологически активных текстильных материалов.

* Работа выполнена в рамках госконтракта с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации №01201260484 и гранта РФФИ № 13-03-12065 офи_м.

Наибольший интерес вызывает разработка нанокompозитных материалов с иммобилизованными частицами серебра, поскольку одно из важнейших свойств наноразмерного серебра – бактерицидная и противовирусная активность как к грамотрицательным, так и к грамположительным бактериям, а также вирусам, спорам и грибам [1].

Однако не следует забывать, что серебро относится к тяжелым металлам, а эти металлы токсичны. Еще древние целители отмечали: "Все есть яд, и все лекарство". Поэтому очень многое зависит от вида, состава, концентрации, дозы НЧ металлов, условий и способа их применения. Известно, что хорошо растворимые соли серебра обладают бактерицидным, противовирусным, выраженным противогрибковым и антисептическим действием, но, в то же время, имеют и высокую реакционную способность, оказывают некротизирующее и раздражающее действие на кожу и слизистые [2]. Данное обстоятельство привело к разработке более безопасных и безвредных форм серебряных препаратов, а именно коллоидного и кластерного серебра (наносеребра). Они имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра с бактериями или вирусами, значительно улучшая его бактерицидные действия. Таким образом, применение серебра в виде наночастиц позволит во много раз снизить концентрацию металла с сохранением всех бактерицидных свойств [3].

Наиболее перспективными и приемлемыми для практического применения являются способы химического восстановления солей серебра в присутствии природных высокомолекулярных соединений (так называемый "зеленый синтез"), которые могут выступать одновременно в роли восстановителя металла до нульвалентного состояния и наностабилизирующей матрицей образующихся частиц. Более того, обладая собственной биологической, а иногда и физиологической активностью, природные полимеры снижают токсичность металлов, сообщают им лечебные свойства.

Одним из методов является синтез, основанный на восстановлении ионов благо-

родных металлов в водных экстрактах различных растений в условиях, благоприятствующих последующей агрегации атомов и ионов с образованием наночастиц. Этот способ имеет ряд преимуществ перед химическими методами, главными из которых являются мягкие условия синтеза и отсутствие в конечном растворе более или менее ядовитых побочных продуктов или примесей, которые неизбежно появляются при использовании химических восстановителей.

Среди природных полисахаридов наиболее известен арабиногалактан, выделенный из древесины лиственницы сибирской, в которой он содержится в количестве 10...15% [4], [5]. Авторами доказано, что восстановление ионов серебра до нульвалентного состояния осуществляется за счет альдегидных групп арабиногалактана, которые появляются в результате щелочной деструкции макромолекулы полисахарида. Размеры образующихся частиц составляют 14...16 нм. Сочетание наноразмерных свойств серебра с физиологически активной макромолекулой арабиногалактана позволило разработать бактерицидные материалы с высокой антимикробной активностью.

Аналогичный результат зарегистрирован для экстрактов из листьев Aloe Vera и Brassica juncea, листьев березы, крапивы, цветов ромашки, плодов шиповника и др. [6...9].

Ранее проведенными в ИХР РАН исследованиями показана возможность получения ультрадисперсных частиц серебра в присутствии природных примесей льняного волокна. Было установлено, что экстрагируемые из волокна соединения способны обеспечивать агрегативную устойчивость коллоидных растворов серебра, а при создании необходимых условий – участвовать и в окислительно-восстановительных процессах. Показана возможность применения синтезированных золь для обеспечения текстильным материалам антимикробной активности или биозащитности при минимальном содержании в них наночастиц (0,07%) [10].

Для расширения спектра реагентов "зеленой химии", используемых в качестве прекурсоров, и оптимизации получаемых результатов представляется целесообразным

оценить возможность и эффективность использования при формировании НЧ серебра экстрактов других лубяных культур, в частности конопляного волокна.

Целью данной работы является оптимизация условий извлечения природных примесей конопляных волокон и оценка возможности использования экстрактов в реакции восстановления ионов серебра.

Многочисленными исследованиями доказана высокая восстановительная способность полисахаридов по отношению к ионам серебра [4], [11]. Восстановление ионов до нульвалентного состояния осуществляется концевыми альдегидными, карбоксильными и спиртовыми группами полисахаридов [12]. Высокую редуцирующую способность проявляют продукты гидролиза полисахаридов в результате ретроальдольного распада моносахаров, протекающего при нагреве в щелочной среде [13...15]. Установлена ярко выраженная зависимость процесса от рН среды, температуры, количества восстанавливающих фрагментов макромолекулы полисахарида.

Для исследований были взяты короткое льноволокно номер 3, полученное на льноперерабатывающем заводе ЗАО "Знаменский лен" (пос. Знаменское, Омской обл.), и два сорта конопляного волокна (растение рода *Cannabis*) из селекции Института лубяных культур, произведенные в фермерском хозяйстве Симанцино (Пензенской обл.): среднерусский сорт Диана и южносозревающий – ЮСО-31. Данные растения конопля относятся к безнаркотическим, поскольку содержание в них психотомиметически активного каннабиноидного соединения ТГК составляет 0,011...0,020 % (норма - не выше 0,1%).

Необходимые для восстановительного процесса альдегидные, карбоксильные и спиртовые группировки содержатся в естественных спутниках целлюлозы лубяных культур: пектиновых соединениях, гемицеллюлозе и лигнине, большая часть которых (~ 70%) дислоцирована в срединных пластинках, соединяющих элементарные волокна. Необходимым этапом облагораживания лубяных волокон перед белением или крашением (после механического разволокнения и очистки) является извлечение этих спут-

ников в процессе отварки (химической очистке от примесей и модификации) волокнистой массы. Как правило, варочный раствор с экстрагируемыми примесями направляется в стоки.

Накопленный в ИХР РАН опыт получения химически модифицированных лубяных волокон показал, что основные примеси наиболее эффективно растворяются и удаляются из волокна при щелочной обработке сурового механически очищенного волокна, где в качестве щелочного реагента используется гидроксид натрия [16]. Сорбция щелочи волокном обеспечивает протекание процессов ее взаимодействия с примесями, вызывает глубокие трансформации в их структуре, что в итоге способствует извлечению примесей из волокна.

Экстракцию примесей из предварительно очищенного от костры и промытого сурового волокна проводили в растворе гидроксида натрия концентрации 2...10 г/л при температуре 40...100°C в течение 30 мин, при модуле ванны 10. Увеличение концентрации щелочного агента в варочном растворе выше 10 г/л нецелесообразно во избежание существенной элементаризации волокна в результате быстрого разрушения срединных пластинок. Кроме того, значительная часть гидроксида натрия будет оставаться в растворе, что нерационально как с экологической, так и с экономической точки зрения [16].

Нами проведено исследование изменения остаточного содержания щелочного агента в модифицирующих растворах (табл. 1) при обработке лубяных волокон в совокупности с изменением степени выхода в раствор их основных примесей (табл. 2).

Определение количества остаточной щелочи в растворе при химической модификации лубяных волокон проводили путем кислотно-основного титрования по методике, указанной в [17]. Содержание лигнина в волокне определяли сернокислотным методом согласно ГОСТ 11960–79. Содержание пектиновых веществ определяли весовым методом [18]. Содержания гемицеллюлоз определяли согласно методике, описанной в [19].

Сравнительная оценка представленных данных показала, что сорбция гидроксида натрия волокном и экстракция примесей из

исследуемых сортов конопляного волокна при щелочной обработке проходит практически одинаково. Льноволокно заметно от-

личается от конопляных как по сорбции щелочного агента, так и по показателям остаточного содержания примесей.

Т а б л и ц а 1

Начальная концентрация гидроксида натрия в растворе, г/л	Название волокна						
	Диана	ЮСО-31	Диана	ЮСО-31	Диана	ЮСО-31	льняное
	Температура обработки, °С						
	40		80		100		
Остаточное содержание щелочи в растворе, г/л							
2	1,50	1,45	0,89	0,92	0,16	0,14	0,30
4	2,84	2,90	1,52	1,66	0,40	0,48	0,60
6	3,20	3,33	2,65	2,80	0,80	1,04	1,22
8	4,50	4,48	3,90	3,95	1,50	1,20	1,56
10	5,90	5,96	5,0	5,28	2,0	2,48	2,90

Из табл. 1 следует, что увеличение температуры обработки приводит к резкому снижению содержания гидроксида натрия в растворе. Так, при концентрации щелочи 2 г/л и температуре обработки 40°С остается ее в растворе 72...75%, а при температуре 100°С – лишь 7...8% при обработке конопляного волокна и 15% – льняного, то есть практически вся щелочь сорбируется

волокном и связывается примесями. При концентрации щелочи 10 г/л и температуре обработки 40°С остается ее в растворе 59...60%, а при температуре 100°С – 20...25% при обработке конопляного волокна и 29% – льняного.

Насколько целесообразно повышение концентрации щелочного агента в варочном растворе, можно судить по данным табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Примеси	Концентрация гидроксида натрия, г/л	Остаточное содержание в волокне, %, к абсолютно сухому механически очищенному волокну		
		Диана	ЮСО-31	льняное
Лигнин Класона	до обработки	7,0	7,5	5,5
	2	6,7	6,6	4,4
	4	5,0	6,3	2,8
	6	4,8	5,0	2,6
	8	4,6	4,2	2,2
	10	4,2	3,6	2,0
Пектиновые вещества	до обработки	4,3	4,0	4,4
	2	4,0	3,9	2,5
	4	3,5	3,1	1,3
	6	3,0	2,9	0,9
	8	2,2	2,0	0,5
	10	1,7	1,4	0,2
Гемицеллюлозы	до обработки	11,3	11,0	10,2
	2	10,2	9,9	8,2
	4	5,9	5,0	5,9
	6	4,0	3,8	4,0
	8	2,8	2,5	3,2
	10	1,3	1,0	2,8

В конопляном волокне действие гидроксида натрия распространяется главным образом на примеси углеводного характера – гемицеллюлозы. Значительная часть кислото-нерастворимого лигнина Класона (48...60%),

даже при высокой концентрации щелочи, остается в волокне, препятствуя растворению срединных пластинок и дроблению комплексного волокна. Напротив, лигнин льняного волокна проявляет меньшую устойчи-

вость к щелочному гидролизу и при обработке раствором щелочи 10 г/л льняное волокно теряет 64% лигнина.

Половина пектиновых веществ экстрагируется из льняного волокна даже при минимальной концентрации гидроксида натрия, а при увеличении содержания щелочи до 10 г/л эти вещества практически полностью переходят в экстракт.

Из пеньковых волокон даже при высокой концентрации щелочного агента переходит в раствор только 60...65% пектинов. Напротив, гемицеллюлозы легче удаляются из конопли, но только при максимальной концентрации гидроксида натрия, в льняном же волокне их остается довольно много – около 30 %.

Таким образом, для максимальной экстракции природных примесей из лубяных

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}^0} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}^0} + 0,059 \lg [\text{Ag}^+] = 0,80 + 0,059 \lg [0,6 \cdot 10^{-2}] = +0,66 \text{ В,}$$

где E и E° – электродный и стандартный электродный потенциал, В.

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) экстрактов лубяных волокон рассчитать невозможно из-за сложного состава раствора, поэтому мы определяли его на автоматическом титраторе АТП-02 с платиновым и хлорсеребряным электродами (рис. 1). Контроль ОВП проводили в динамике изменения температуры экстракции: от 20 до 100 °С, концентрация гидроксида натрия во всех растворах была 10 г/л.

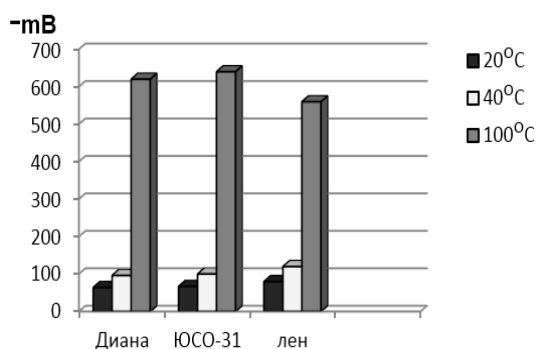


Рис. 1

Данные диаграммы свидетельствуют, что для всех лубяных волокон динамика роста ОВП

волокон необходимо повышение концентрации щелочного агента до 10 г/л.

Теоретически определить возможное направление окислительно-восстановительной реакции между нитратом серебра и экстрактом из лубяных волокон можно, сопоставляя потенциалы сопряженных пар. Известно, что реакция восстановления пройдет только в том случае, когда потенциал восстановителя в конкретных условиях (рН среды, температура) будет меньше потенциала окислителя.

Электродный потенциал окисленной формы вещества позволяет рассчитать уравнение Нернста [20]. Для реакции $\text{Ag}^+ + e \leftrightarrow \text{Ag}^0$ при концентрации нитрата серебра $0,6 \cdot 10^{-2}$ моль/л уравнение имеет вид:

в системе аналогична. Значение ОВП для экстрактов, полученных при 40 °С, составляет порядка -100...- 120 мВ, а при увеличении температуры экстракции этот показатель уменьшается до -620...640 мВ для конопляных волокон и -560 мВ для льноволокна. Смещение ОВП в отрицательную область характеризует нарастание восстановительной способности системы. Разница ОВП в 60...80 мВ между экстрактами конопляных и льняного волокон связана, очевидно, с тем, что, как известно, наиболее высокими восстановительными свойствами из экстрагируемых примесей лубяных волокон обладают α - β -глюкоза, ксилоза, альдопентозы, входящие в состав гемицеллюлозных соединений лубяных культур [21], которые наиболее полно удаляются из волокон конопли.

Представленные данные дают основание полагать, что образующийся в растворе комплекс редуцирующих веществ даже при низкой температуре экстракции может выступать в качестве восстановителя. Но чем больше разница Redox потенциалов пары восстановитель (раствор экстракта) - Ag^+/Ag^0 , тем полнее и быстрее будет проходить реакция восстановления.

ВЫВОДЫ

1. Исследование влияния щелочного агента на извлечение лигнина, гемицеллюлоз и пектиновых соединений из лубяных волокон показало, что действие гидроксида натрия в конопляном волокне распространяется главным образом на примеси углеводного характера – гемицеллюлозы, в то время как 35...39% пектиновых соединений и 48...60 % лигнина остается в волокне даже при жестких условиях химической модификации волокна. Из льноволокна пектиновые вещества полностью переходят в экстракт, а лигнин и гемицеллюлозы остаются в волокне порядка 30%.

2. Методом потенциометрического титрования определены окислительно-восстановительные потенциалы экстрактов из лубяных волокон. Показано, что с ростом температуры экстракции происходит резкое смещение значения ОВП в отрицательную область, связанное с существенным увеличением экстрагируемых примесей в растворе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В., Крутяков Ю.А. Фотохимический синтез наночастиц серебра, обладающих высокой антибактериальной активностью // Российские нанотехнологии. – 2010. Т. 5, №7-8. С.125...130.

2. Щербачев А.Б., Корчак Г.И., Сурмашева Е.В. Препараты серебра: вчера, сегодня и завтра // Фармацевтический журнал. – 2006, №5. С.45...57.

3. Глущенко Н.Н., Богословская О.А., Ольховская И.П. Физико-химические закономерности биологического действия высокодисперсных порошков металлов // Химическая физика. – 2002. Т.21(4). С.79...85.

4. Грищенко Л.А., Медведева С.А., Александрова Г.П., Феоктистова Л.П., Сапожников А.Н., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. Окислительно-восстановительные реакции арабиногалактана с ионами серебра и формирование композитов // Журнал общей химии. – 2006. Т.76, №7. С.1159...1165.

5. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Остроухова Л.А. Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. – 2003, №1. С. 27...37.

6. Varma R.S., Nadagouda M.N. Green synthesis of silver and palladium nanoparticles at room temperature using coffee and tea extract // Green Chem. – V.10, 2008. P. 859...862.

7. Ravindra S., Murali Mohan Y., Narayana Reddy N., Mohana Raju K. Fabrication of antibacterial cotton fibres loaded with silver nanoparticles via "Green Approach" // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. – V.367, 2010. P.31...40.

8. Begum N.A., Mondal S., Basu S., Laskara R.A., Mandal D. Biogenic synthesis of Au and Ag nanoparticles using aqueous solutions of Black Tea leaf extracts // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – V.71, 2009. P.113...118.

9. Nadagouda M.N., Varma R.S. Green synthesis of silver and palladium nanoparticles at room temperature using coffee and tea extract // Green Chem. – V.10, 2008. P.859...862.

10. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Морыганов А.П. Модифицирование целлюлозных волокон золями серебра, синтезированными в экстрактах природных примесей льна // Перспективные материалы. – 2017, № 6. С. 29...38.

11. Котельникова Н.Е., Вегенер Г., Пааккари Т., Серима Р. Применение методов рентгеновского рассеяния, ЯМР ¹³С в твердой фазе и ИК спектроскопии, рентгенофотоэлектронной и рамановской спектроскопии для исследования интеркалирования серебра в целлюлозную матрицу // Журнал общей химии. – 2003. Т.23. Вып.3. С.447...453.

12. Вишнякова Е.А., Сайкова С.В., Жарков С.М., Лихацкий М.Н., Михлин Ю.Л. Определение условия образования наночастиц серебра при восстановлении глюкозой в водных растворах // Журнал Сибирского федерального университета (серия «Химия»). – 2009. Т. 2, №1. С. 48...55.

13. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Comparison of the reducing power of aldose solutions // Russian Journal of Organic Chemistry. – V. 48, №1, 2012. P.83...88.

14. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials // Russian Journal of General Chemistry. – V.82, №13, 2012. P. 2279...2293.

15. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // Autex Research Journal. – V.15, №3, 2015. P. 215...225.

16. Стокозенко В.Г., Неманова Ю.В. Исследование кинетики гидролитической деструкции различных видов целлюлоз под действием гидроксида натрия // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2009. Т. 52, №5. С. 56...59.

17. Отделка хлопчатобумажных тканей: Справочник / Под ред. Б.Н. Мельникова. – Иваново.: "Талка", 2003.

18. Пектиновые вещества и методы их определения / Под ред. Г.Б. Аймухамедова, Н.П. Шелухина. – Фрунзе.: ИЛИМ, 1964.

19. Аналитический контроль производства искусственных волокон / Под ред. А.К. Дибровой, В.С. Матвеева. – М.: Химия, 1986.

20. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1971. Т. 2.

21. Lepilova O.V., Spigno G., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Study of the Ability of Reducing Saccharides to Chemically Transform Lignin // Eurasian Chemico-Technological Journal. – V.19, №1, 2017. P.31...40.

REFERENCES

1. Olenin A.Yu., Lisichkin G.V., Krutyakov Yu.A. Fotokhimicheskiy sintez nanochastits serebra, obladayushchikh vysokoy antibakterial'noy aktivnost'yu // Rossiyskie nanotekhnologii. – 2010. T. 5, №7-8. S.125...130.

2. Shcherbakov A.B., Korchak G.I., Surmasheva E.V. Preparaty serebra: vchera, segodnya i zavtra // Farmatsevticheskiy zhurnal. – 2006, №5. S.45...57.

3. Glushchenko N.N., Bogoslovskaya O.A., Ol'khovskaya I.P. Fiziko-khimicheskie zakonomernosti biologicheskogo deystviya vysokodispersnykh poroshkov metallov // Khimicheskaya fizika. – 2002. T.21(4). S.79...85.

4. Grishchenko L.A., Medvedeva S.A., Aleksandrova G.P., Feoktistova L.P., Sapozhnikov A.N., Sukhov B.G., Trofimov B.A. Okislitel'no-vosstanovitel'nye reaktsii arabinogalaktana s ionami serebra i formirovanie kompozitov // Zhurnal obshchey khimii. – 2006. T.76, №7. S.1159...1165.

5. Medvedeva E.N., Babkin V.A., Ostroukhova L.A. Arabinogalaktan listvennitsy – svoystva i perspektivy ispol'zovaniya (obzor) // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. – 2003, №1. S. 27...37.

6. Varma R.S., Nadagouda M.N. Green synthesis of silver and palladium nanoparticles at room temperature using coffee and tea extract // Green Chem. – V.10, 2008. P. 859...862.

7. Ravindra S., Murali Mohan Y., Narayana Reddy N., Mohana Raju K. Fabrication of antibacterial cotton fibres loaded with silver nanoparticles via "Green Approach" // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. – V.367, 2010. P.31...40.

8. Begum N.A., Mondal S., Basu S., Laskara R.A., Mandal D. Biogenic synthesis of Au and Ag nanoparticles using aqueous solutions of Black Tea leaf extracts // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – V.71, 2009. P.113...118.

9. Nadagouda M.N., Varma R.S. Green synthesis of silver and palladium nanoparticles at room temperature using coffee and tea extract // Green Chem. – V.10, 2008. P.859...862.

10. Dymnikova N.S., Erokhina E.V., Moryganov A.P. Modifitsirovanie tsellyuloznykh volokon zolyami sereb-

ra, sintezirovannymi v ekstraktakh prirodnykh primesey l'na // Perspektivnye materialy. – 2017, № 6. S. 29...38.

11. Kotel'nikova N.E., Vegener G., Paakkari T., Serima R. Primenenie metodov rentgenovskogo rassseyaniya, YaMR 13S v tverdoy faze i IK spektroskopii, rentgenofotoelektronnoy i ramanovskoy spektroskopii dlya issledovaniya interkalirovaniya serebra v tsellyuloznoy matritsu // Zhurnal obshchey khimii. – 2003. T.23. Vyp.3. S.447...453.

12. Vishnyakova E.A., Saykova S.V., Zharkov S.M., Likhatskiy M.N., Mikhlin Yu.L. Opredelenie usloviya obrazovaniya nanochastits serebra pri vosstanovlenii glyukozoy v vodnykh rastvorakh // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta (seriya "Khimiya"). – 2009. T. 2, №1. S. 48...55.

13. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Comparison of the reducing power of aldose solutions // Russian Journal of Organic Chemistry. – V. 48, №1, 2012. P. 83...88.

14. Aleeva S.V., Koksharov S.A. Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials // Russian Journal of General Chemistry. – V. 82, №13, 2012. P. 2279...2293.

15. Koksharov S., Aleeva S., Lepilova O. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // Autex Research Journal. – V.15, №3, 2015. P. 215...225.

16. Stokozenko V.G., Nemanova Yu.V. Issledovanie kinetiki gidroliticheskoy destrukttsii razlichnykh vidov tsellyuloz pod deystviem gidroksida natriya // Izv. vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – 2009. T. 52, №5. S. 56...59.

17. Otdelka khlopchatobumazhnykh tkaney: Spravochnik / Pod red. B.N. Mel'nikova. – Ivanovo.: "Tal'ka", 2003.

18. Pektinovy veshchestva i metody ikh opredeleniya / Pod red. G.B. Aymukhamedova, N.P. Shelukhina. – Frunze.: ILIM, 1964.

19. Analiticheskiy kontrol' proizvodstva iskusstvennykh volokon / Pod red. A.K. Dibrovoy, V.S. Matveeva. – M.: Khimiya, 1986.

20. Kreshkov A.P. Osnovy analiticheskoy khimii. – M.: Khimiya, 1971. T. 2.

21. Lepilova O.V., Spigno G., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Study of the Ability of Reducing Saccharides to Chemically Transform Lignin // Eurasian Chemico-Technological Journal. – V.19, №1, 2017. P.31...40.

Рекомендована научно-техническим семинаром отдела "Химия текстильных материалов" Института химии растворов РАН. Поступила 11.03.19.

УДК 677.025

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ФОРМ ИЗ ТРИКОТАЖНОГО СЕТЕПОЛОТНА**
**DESIGNING SURFACES
WITH PARABOLIC SHAPES OF KNITTED MESH CATALOG PAINTINGS**

Е.С. БАБКОВА, В.А. ЗАВАРУЕВ, Е.Н. КОЛЕСНИКОВА

E.S. BABKOVA, V.A. ZAVARUEV, E.N. KOLESNIKOVA

(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

Для обеспечения высокоточной поверхности покрытия параболических форм предложен расчетный метод, согласно которому достигается формообразование сетематериала, а также расчет точек крепления полотна под натяжением на жесткий каркас заданной поверхности без его членения на детали.

To ensure a high-precision surface of the coating of parabolic forms, a calculation method is proposed, according to which the formation of a mesh material is achieved by attaching the web under tension to a rigid frame of a given surface without its division into parts.

Ключевые слова: основовязанный трикотаж, параболическая поверхность, трикотажное сетеполотно.

Keywords: basic knitted fabric, parabolic surface, knitted mesh fabric.

Одна из основных задач, решаемых в процессе формообразования из трикотажного сетеполотна, является создание устойчивой пространственной формы изделия из плоскостного материала, каким является трикотажное сетеполотно [2].

Наиболее широко трикотажное сетеполотно, в качестве покрытия поверхностей, используется в строительной и ракетно-космической промышленности, в том числе и

при создании отражающей поверхности рефлектора космического аппарата [3].

Для достижения эффективного формообразования сетеполотна заданной формы необходимо определить местоположение точек крепления сетематериала на каркасе параболической поверхности покрытия и определить линейные размеры сетематериала с учетом его натяжения.

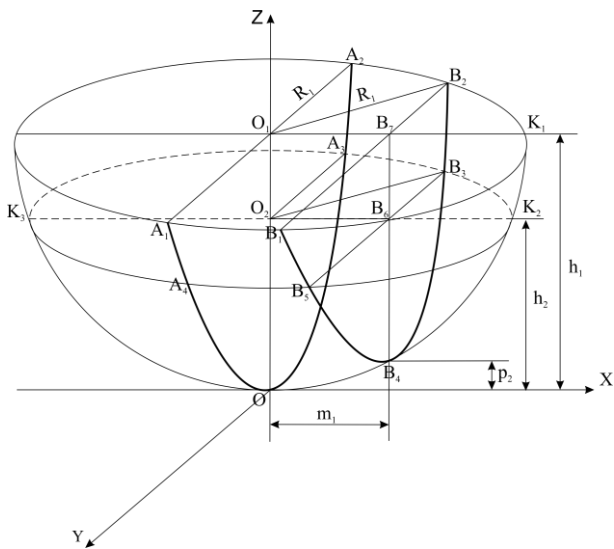


Рис. 1

На рис. 1 изображена параболическая поверхность, где каждая плоскость, параллельная плоскости XOY , пересекает ее по окружностям. Например, на максимальной высоте OO_1 , равной h_1 , образуется окружность с центром O_1 и максимальным заданным радиусом параболической поверхности O_1A_2 .

В соответствии с каноническим уравнением параболы [1] уравнение максимальной параболы A_1OA_2 можно записать в виде:

$$Z_n = k_1 Y_n^2, \quad (1)$$

где Y_n – максимальный радиус R_1 заданной параболической поверхности; Z_n – максимальная высота h_1 параболической поверхности.

То есть уравнение (1) параболы, проходящей через точки A_1OA_2 можно записать в виде:

$$h_1 = k_1 R_1^2. \quad (2)$$

При известных геометрических параметрах параболической поверхности из формулы (2) можно определить коэффициент k_1 максимальной параболы A_1OA_2 :

$$k_1 = h_1 / R_1^2.$$

Для определения расхода материала для покрытия параболической поверхности необходимо определить уравнения парабол, на-

ходящихся в плоскостях, параллельных плоскости A_1OA_2 и расположенных на определенном расстоянии m_1 от плоскости A_1OA_2 . Например, такой плоскостью может быть плоскость, проходящая через точки $B_1B_2B_3B_4$. Парабола $B_1B_4B_2$, находящаяся в плоскости $B_1B_2B_3B_4$, будет иметь максимальную ширину B_7B_2 , а ее вершина B_4 будет приподнята относительно плоскости XOY на величину p_2 .

Чтобы найти точки крепления материала на всех параболах, находящихся в плоскостях, параллельных плоскости A_1OA_2 , необходимо найти уравнения парабол и координаты точек крепления, расположенные на этих параболах.

В общем виде уравнение парабол, находящихся в плоскостях, параллельных плоскости A_2OA_2 , можно записать в виде:

$$Z_n - p_n = k_n Y_n^2, \quad (3)$$

где $p_n = h_z$ – величина, на которую приподнята вершина любой из этих парабол относительно плоскости XOY .

Каждая точка, находящаяся на параболе $B_1B_4B_2$, имеет свои координаты. Так, точка B_2 будет иметь координаты: Y_{1B} – равный максимальной ширине этой параболы и Z_{1B} – равная высоте расположения точки B_2 относительно плоскости XOY , расположенной на высоте $Z_{1B} = h_1$.

Анализируя уравнение (3), видим, что известными являются только значения Z_{1B} , а Y_{1B} можно определить из $\Delta O_1B_2B_7$:

$$B_2B_7 = Y_{1B} = \sqrt{R_1^2 - m_1^2}.$$

Два других параметра уравнения (3) p_n и k_n являются неизвестными. Поскольку они принадлежат второй параболе $B_1B_4B_2$, назовем их соответственно p_{2B} и k_{2B} .

Для нахождения значений p_{2B} и k_{2B} зададимся точкой B_3 , расположенной на той же параболе $B_1B_2B_4$, но на высоте h_2 , равной Z_{2B} . Причем $h_2 < h_1$, например на 1 метр, тогда $Z_{2B} = h_2 = Z_{1B} - 1 = h_1 - 1$.

Составив два уравнения для точек B_2 и B_3 , лежащих на параболе $B_1B_4B_2$, получим

систему двух уравнений, имеющих два неизвестных:

$$\begin{cases} Z_{1B} - p_2 = k_2 Y_{1B}^2, \\ Z_{2B} - p_2 = k_2 Y_{2B}^2. \end{cases} \quad (4)$$

Так как в данном случае для точки B_2 , $Z_1 = h_1$, а $Z_{2B} = Z_{1B} - 1$, то систему (4) можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} Z_{1B} - p_2 = k_2 Y_{1B}^2, \\ (Z_{1B} - 1) - p_2 = k_2 Y_{2B}^2. \end{cases} \quad (5)$$

Y_{2F} равен радиусу R_2 окружности, расположенной в плоскости $A_4B_5K_2B_3A_3$ с центром O_2 , параллельной плоскости $A_1OB_1K_1A_2$ с центром O_1 .

Так как плоскость пересекается $A_4B_5K_2B_3A_3$ с известной параболой $Z_n = k_1 Y_n^2$ в точке A_3 , то, зная коэффициент k_1 параболы A_1OA_2 и высоту расположения плоскости $A_4B_5K_2B_3A_3$, можно определить Y_{2A} – для точки A_3 из уравнения (2):

$$Y_{2A} = \sqrt{Z_{2A}/k_1},$$

или

$$Y_{2A} = \sqrt{\frac{Z_{1A}-1}{k_1}},$$

причем $Y_{2A}=R_2$ радиусу окружности $K_3A_4B_5K_2B_3A_3$ с центром O_2 .

Затем из $\Delta O_2B_3B_6$ определим значение $B_6B_3 = Y_{2B}$ для точки B_3 :

$$Y_{2B} = \sqrt{(O_2B_3)^2 - m_1^2} = \sqrt{R_2^2 - m_1^2}.$$

Подставив известные значения Z_{1B} , Z_{2B} и Y_{1B} , Y_{2B} в систему уравнений (4), можно найти значения k_2 и p_2 .

Из уравнения $Z_{1B} - p_2 = k_2 Y_{1B}^2$:

$$k_2 = \frac{Z_{1B}-p_2}{Y_{1B}^2}.$$

Подставив значение k_2 во второе уравнение системы (4), получим:

$$Z_{2B} - p_2 = \frac{Z_{1B}-p_2}{Y_{1B}^2} Y_{2B}^2. \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно p_2 , запишем:

$$p_2 = \frac{Z_{2B}Y_{1B}^2 - Z_{1B}Y_{2B}^2}{Y_{1B}^2 - Y_{2B}^2},$$

где $Z_{2B} = Z_{1B} - 1$.

Зная величину p_2 , из уравнения $(Z_{1B} - 1) - p_2 = k_2 Y_{2B}^2$ можно найти k_2 :

$$k_2 = \frac{(Z_{1B}-1)-p_2}{Y_{2B}^2}.$$

В результате для параболы $B_1B_4B_2$ были получены неизвестные значения величин $p_2=h_2$ и коэффициента k_2 .

Аналогично можно найти уравнения и для других парабол, расположенных в плоскостях, параллельных плоскости A_1OA_2 и удаленных от нее на расстояние m_n .

Зная значение p_n и k_n парабол $Z_n - p_n = k_n Y_n^2$, задаваясь значениями координат Z_n , например через 1 метр, можно найти соответствующие им значения координат Y_n для любой точки, расположенной на параболах, а затем, используя уравнение (7), через полученные координаты точек определить длины хорд N_nN_{n-1} на параболе:

$$N_nN_{n-1} = \sqrt{(Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2}, \quad (7)$$

где Y_n ; Y_{n-1} ; Z_n ; Z_{n-1} – координаты точек N_nN_{n-1} , расположенных на параболах.

Сумма длин участков хорд ΣN_nN_{n-1} каждой параболы составляет длину необходимого материала по каждой параболе:

$$\Sigma_1^n N_nN_{n-1} = \Sigma_1^n \sqrt{(Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2}.$$

Значения координат точек N_n и N_{n-1} соответствуют местам крепления сетеполотна по хордам. Зная длину материала на каждой хорде параболы, можно рассчитать необходимое число ячеек сетеполотна и места

крепления материала на остовах каркаса заданной поверхности.

Таким образом, разработанная методика расчета позволит по рассчитанным длинам хорд определить лекала для раскроя сете-

материала и точки его крепления на заданном каркасе параболической формы.

ВЫВОДЫ

1. Предложен метод расчета, позволяющий с высокой степенью точности определить расход материала, количество и местоположение точек крепления для проектирования трикотажного сетематериала, используемого в качестве покрытия поверхностей параболических форм.

2. Разработанная методика позволяет выполнить расчет поверхностей параболической формы любых геометрических параметров.

3. Данный расчет можно достаточно точно выполнить для четверти окружности параболоида, что значительно сокращает время расчетов и дает возможность прогнозировать конструктивные особенности деталей кроя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляева З.В., Митюшов Е.А.* Геометрическое моделирование пространственных конструкций // Вестник Томского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2010, №1(26). С. 53...63.

2. *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.

3. *Тур В.И.* Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности. – М.: АСВ, 2004.

REFERENCES

1. *Belyaeva Z.V., Mityushov E.A.* Geometricheskoe modelirovanie prostranstvennykh konstruksiy // Vestnik Tomskogo gos. arkhitekt.-stroit. un-ta. – 2010, №1(26). S. 53...63.

2. *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.

3. *Tur V.I.* Kupol'nye konstruksii: formoobrazovanie, raschet, konstruirovanie, povyshenie effektivnosti. – М.: ASV, 2004.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 21.01.19.

УДК 687.01

АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА МУЖСКОЙ ОДЕЖДЫ

ANALYSIS OF THE RANGE OF MEN'S CLOTHING

М.Л. ПОГОРЕЛОВА, И.А. СУСЛОВ

M.L. POGORELOVA, I.A. SUSLOV

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: pogorelovam@yandex.ru

Предложены признаки и представлена классификация мужского костюма, дана характеристика видов костюма. Выполнен ретроспективный анализ и реконструкция мужского костюма торжественного назначения.

The signs and the classification of the male costume are offered, the characteristics of the costume types are given. The retrospective analysis and reconstruction of the men's suit for solemn appointment is made.

Ключевые слова: мужской костюм, классификация, характеристика, ретроспективный анализ, реконструкция.

Keywords: men's suit, classification, characteristics, retrospective analysis, reconstruction.

Ассортимент мужской одежды принято считать стабильным по номенклатуре и качественным характеристикам. На протяжении длительного времени мужская мода оставалась в тени интереса к моде женской. Однако в последние годы именно мужская мода, переживая существенные трансформации, занимает в мире лидирующие позиции. Естественное следствие этого – повышенное внимание общества к истории мужского костюма [1...5].

Мужской костюм относится к верхней одежде и представляет собой комплект, сос-

тоящий из двух предметов – пиджака и брюк, или из трех – пиджака, брюк и жилета.

Классификацию мужского костюма можно выполнить по ряду признаков: по назначению, стилю, конструкции (виду застежки) (рис. 1).

Деловой костюм является одним из основных элементов мужского гардероба. Индивидуальность мужчины основывается на выборе цвета и стиля костюма.

На сегодняшний день сформировалось несколько основных видов классического костюма: английский, итальянский, фран-

цузский и американский. Каждый вид характеризуется стилевыми особенностями,

деталью, степенью прилегания, оформлением плечевого пояса и др.



Рис. 1

Показателем качества пиджака костюма является степень его формоустойчивости, определяемая технологией изготовления изделия. В настоящее время существует три основных способа придания жесткости полочки мужского пиджака: клеевой, полупрошивной, прошивной.

Клеевой способ предполагает придание формоустойчивости деталям полочки пиджака методом дублирования термоклеевыми прокладочными материалами различной структуры и волокнистого состава. Использование многозональных материалов позволяет уменьшить количество внутренних слоев, снижая общую толщину и массу пакета материалов. Применение клеевого способа изготовления мужского пиджака обусловлено снижением себестоимости и используется для изготовления изделий сегмента масс-маркет.

Полупрошивной способ предполагает использование клеевых и ниточных способов соединения прокладочных деталей с полочкой пиджака. Данная технология характерна для изделий среднего ценового сегмента.

Прошивной способ обработки полочки пиджака применяется в одежде премиум-класса и предполагает использование ниточного соединения бортовой прокладки из волосистой, шерстяной ткани, что позволяет наилучшим образом формировать и сохранять силуэт изделия, обеспечивая при этом высокую степень воздухопроницаемости па-

кета материалов. Данная технология с более чем вековой историей сохраняет актуальность в настоящее время. Проведенный анализ рынка показал, что около 60% производителей мужского костюма используют прошивной, 35% – клеевой, 5% – полупрошивной способ обработки пиджака.

Неформальный костюм строится на той же основополагающей базе, что и деловой, только предполагает более креативную современную стилистическую концепцию. Данный вид мужской одежды в большей степени отвечает модным тенденциям, предназначен для эксплуатации вне деловой обстановки.

В настоящее время возрастает интерес к мужской одежде формального или торжественного назначения, таким как смокинг, фрак, визитка. Однако особенности данного ассортимента изделий наименее изучены и практически не представлены в специальной литературе.

Первые упоминания о фраке встречаются в середине XVIII в. во французском трактате, посвященном портновскому искусству как о легкой разновидности жюстокора [1]. В начале XIX в. фрак являлся универсальным и наиболее распространенным видом мужского костюма. Конструктивное решение фрака, а также технологические особенности обеспечивали его владельцу безупречную осанку, практически конструировали силуэт.

С 1816 г. фрак стал официальным видом мужской одежды, прилегающего силуэта с шалевым воротником, центральной застежкой, пуговицами до уровня талии, очень широкими лапами, свисающими вертикально спереди до уровня несколько выше колен, с разрезом сзади, боковыми складками и пуговицами на бедрах. К 1823 г. он кроился со средним швом на спинке, обеспечивающим еще большую степень прилегания, воротником с лацканами, а также карманами с клапанами на бедрах. Такая форма с незначительными изменениями сохранялась на протяжении XIX в. В 1860-1880 гг. конструкция фрака становится отрезной по линии талии.

В начале XX в. фрак становится исключительно парадной одеждой, обязательной для балов и светских мероприятий. Изменения в конструкции костюма этого периода были незначительны, особое внимание уделялось качеству материалов и мастерству изготовления ансамбля. Реконструкция фракного ансамбля 1910-1912 гг. представлена на рис.2 (автор – Суслов И.А.).



Рис. 2

В настоящее время фрак является обязательным видом мужской одежды согласно правилам дресс-кода "white tie" для статусных торжественных мероприятий и приемов. Несмотря на возрастающий интерес к данному ассортименту мужской одежды, в Рос-

сии отсутствует промышленное производство костюма торжественного назначения, фракный ансамбль изготавливается преимущественно индивидуальным способом.

В Ы В О Д Ы

1. Предложены признаки и представлена классификация мужского костюма.
2. Дана характеристика технологических особенностей изготовления мужского костюма.
3. Выполнен ретроспективный анализ конструктивного и стилистического решения мужского костюма торжественного назначения, позволяющий определить несколько периодов, характеризующихся незначительным изменением конструктивного решения полочки, угла борта фрака, а также детализации ансамбля при сохранении общей формы данного вида мужской одежды на протяжении середины XIX -начала XX вв.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Красавец мужчина. Русский модник середины XVIII - начала XIX века / Авт.-сост. Н.М.Виноградова. – М.: Исторический музей, 2017.
2. Погорелова М.Л., Денисова О.И., Петрова Т.В. Исследование формообразования и реконструкция комплекса мужской плечевой и поясной одежды XVII века // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2010, №3(25). С.88...90.
3. Погорелова М.Л., Денисова О.И. Выполнение реконструкции исторического костюма в рамках научно-исследовательской работы студентов // Мат. Междунар. научн.-практич. конф.: Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика. – 2013. С.157...158.
4. Денисова О.И., Погорелова М.Л., Лезина И.А. Системный подход к исторической реконструкции швейных изделий // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2010. Т.16, №24. С.57...60.
5. Погорелова М.Л., Суслов И.А. Способы формирования познавательного интереса к историческому костюму // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С.146...150.

REFERENCES

1. Krasavets muzhchina. Russkiy modnik serediny XVIII - nachala XIX veka / Avt.-sost. N.M.Vinogradova. – M.: Istoricheskiy muzey, 2017.
2. Pogorelova M.L., Denisova O.I., Petrova T.V. Issledovanie formoobrazovaniya i rekonstruktsiya kompleksa muzhskoy plechevoy i poyasnoy odezhdy XVII

veka // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2010, №3(25). S.88...90.

3. Pogorelova M.L., Denisova O.I. Vypolnenie rekonstruktsii istoricheskogo kostyuma v ramkakh nauchno-issledovatel'skoy raboty studentov // Mat. Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Vzaimodeystvie vysshey shkoly s predpriyatiyami legkoy promyshlennosti: nauka i praktika. – 2013. S.157...158.

4. Denisova O.I., Pogorelova M.L., Lezina I.A. Sistemnyy podkhod k istoricheskoy rekonstruktsii shvey-

nykh izdeliy // Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova.– 2010. T.16, №24. S.57...60.

5. Pogorelova M.L., Suslov I.A. Sposoby formirovaniya poznavatel'nogo interesa k istoricheskomu kostyumu // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 5. S.146...150.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 27.12.17.

УДК 687.016

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОСТЮМА ДЛЯ ПОДВОДНОГО ПЛАВАНИЯ*

ALGORITHM OF DIVING SUIT DESIGN

СИНЬЧЖОУ У, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ

XINZHOU WU, V.E.KUZMICHEV

(Уханьский текстильный университет, Китай,
Ивановский государственный политехнический университет)

(Wuhan Textile University, China,
Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: xinzhouwu@qq.com, wkd37@list.ru

Поскольку существующие направления исследования костюмов для подводного плавания имеют много ограничений, то направление нашего исследования базируется на комплексном изучении морфологии человеческого тела, показателей свойств материалов и чертежей конструкции. После измерения размерных признаков фигур в динамике под водой, тестирования материалов и измерения давления под материалами на различные участки фигур мы оптимизировали классификацию фигур, конструктивные прибавки и усовершенствовали чертеж конструкции костюма. Путем использования 2D- и 3D-технологий мы разработали чертеж модельной конструкции и виртуальную систему "аватар - костюм" для проверки конструкции гидрокостюма.

The current researches on diving suits have many limitations, but our research is a comprehensive system based on human bodies morphology, material properties and making of pattern blocks. By measuring the dynamic sizes of human bodies under water, testing the materials properties, and collecting the data of compression pressure under elongated materials on different human body parts, we optimized the classification of body sizing system, dynamic ease, and obtained the developed pattern. By using 2D- and 3D-simulation technologies, we drawn 2D-pattern block and created the virtual system "avatar – diving suit" to check design of wetsuit.

* 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: костюм для подводного плавания, динамические позы, конструктивная прибавка, чертеж, виртуальная примерка.

Keywords: wetsuit, dynamic postures, ease, pattern block, virtual try-on.

Дайвинг, как вид активного отдыха, становится все более распространенным в мире, и спрос на гидрокостюмы со стороны любителей дайвинга постепенно увеличивается. Однако качество и эксплуатационные характеристики гидрокостюмов требуют значительного улучшения по целому ряду причин.

Первая причина состоит в необходимости совершенствования антропометрической базы данных. В результате акселерационных процессов изменяются морфология и размерные характеристики фигур, что требует поиска новых идей и подходов к построению типологии и повышения удовлетворенности пользователей. Существующие антропометрические стандарты основаны на традиционных или новых измерениях, полученных с помощью 3D-сканеров, которые используют для построения чертежей конструкций для разных групп потребителей. Фактически традиционные методы могут просто удовлетворять требованиям к стандартным торсам, но требуют серьезной адаптации к особенностям нетиповых фигур. Например, различия в пластике между передней и задней частями тела отражают реальную морфологию фигур, а разность между двумя аналогичными измерениями спереди и сзади может быть более 4 см [1]. Такие различия не учитывают, например, японские или китайские методы конструирования плечевой одежды при построении чертежей стана и его разделении между спинкой и передом [2].

Вторая причина обусловлена условиями эксплуатации костюмов для подводного плавания. Люди в этих костюмах могут находиться в различных позах, испытывать гидростатическое давление, в результате чего мягкие ткани тела деформируются [3], [4], что влияет на способность воды перемещаться между кожей и костюмом во время ныряния [5]. Очевидно, что при проектировании таких костюмов необходимо учитывать возможную деформацию мягких тканей, а

динамические изменения размерных признаков необходимо предусматривать в конструкции для достижения высоких критериев функциональности, защиты и подвижности одежды за счет рациональных прибавок. Изменение размерных признаков в динамических положениях происходит по сложной схеме, которая должна учитывать морфологические параметры тела [6]. Игнорирование этой причины вызывает дискомфорт при нырянии.

Третьей причиной является правильный выбор величин компрессионного сжатия мягких тканей спортсменов разной этнической принадлежности. В частности, для китайских фигур такая база данных еще не сформирована. Исследования женских гидрокостюмов проводились крайне редко, поэтому теоретические и практические научные основы слабы. Эмпирические значения обычно используются в дизайне, и менее теоретический анализ не способствует улучшению инновационной структуры гидрокостюмов. Для того, чтобы спроектировать хорошо сидящий гидрокостюм и защитить организм человека, необходимо оптимизировать параметры существующих базовых конструкций при рациональных значениях конструктивных прибавок [7].

Таким образом, для совершенствования процесса проектирования гидрокостюма необходимо создать новые базы антропометрической информации для построения чертежа с учетом статического и динамического соответствия; выявить соотношения между конструктивными прибавками; установить приемлемые диапазоны давлений и влияния показателей свойств.

Целью нашего исследования является улучшение конструкции гидрокостюма. Рис. 1 показывает основные этапы разрабатываемого процесса проектирования гидрокостюма на основе формирования новых баз данных, относящихся к фигурам, материалам и конструкции, использования цифровых двойников (обозначенными как *new*) дополни-

тельно к существующим (old). На рис. 1 сокращение ПиР обозначает экспериментальный процесс измерения давления на поверхности тела под растянутыми материалами в различных динамических позах в

воздушной и водной средах. Блоки алгоритма показывают нынешнее состояние проводимого исследования: белый цвет использован для обозначения новых этапов, серый – для существующих.

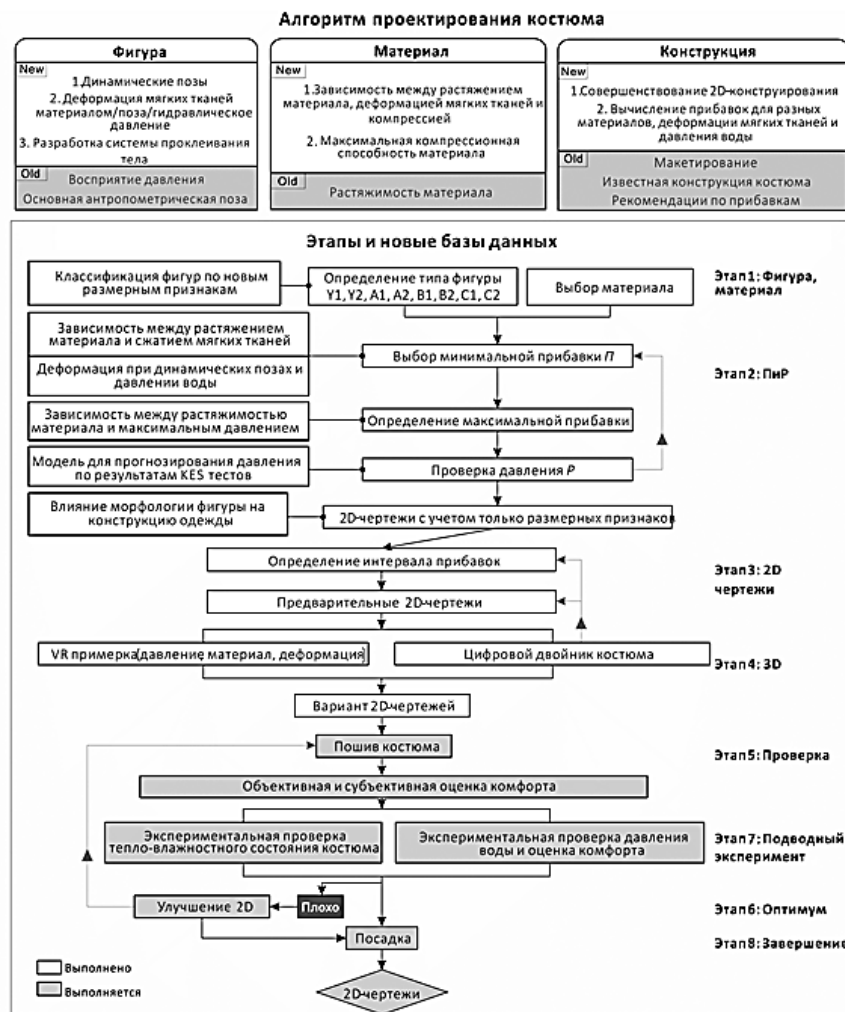


Рис. 1

На первом этапе нами была разработана новая антропометрическая базы данных после проведения исследований женских фигур в статике и динамике. Мы создали новую классификацию торсов женских фигур в статике для того, чтобы согласовать конструктивные параметры чертежей гидрокостюмов и новые размерные признаки. Новые размерные признаки были получены из значений обхватов груди, талии и бедер и разделены между передней и задней частями фигуры с помощью специальной программы 3D-бодисканирования [8]. Для более точного описания морфологии фигур мы разделили полуобхваты груди $C_{Г3}$, талии C_T

и бедер C_6 на передние ($C_{Г3п}$, $C_{Тп}$, $C_{6п}$) и задние ($C_{Г3з}$, $C_{Тз}$, $C_{6з}$) части и после статистической обработки результатов антропометрических измерений мы установили, что разность $C_{Г3п}$ и $C_{Г3з}$ является самой значимой. На основании этого мы классифицировали женские фигуры по соотношениям между передними и задними частями обхватов, чтобы точнее строить чертежи конструкций спинки и переда. На основе существующей китайской классификации женских фигур Y , A , B , C [9] мы создали 8 новых подтипов $Y1$, $Y2$, $A1$, $A2$, $B1$, $B2$, $C1$ и $C2$, которые отражают морфологию торсов по распределению полуобхвата груди третьего между пе-

редней ($C_{r3п}$) и задней ($C_{r3з}$) частями. Выделенные подтипы имеют следующие соотношения: для Y1, A1, B1, C1 ($C_{r3п} < C_{r3з}$), для Y2, A2, B2, C2 ($C_{r3п} > C_{r3з}$), что позволяет правильно рассчитать ширины деталей и обеспечить соразмерность гидрокостюмов и фигур в статике.

Далее были проведены исследования женских фигур в динамике. Необходимость такого исследования обусловлена наличием ограниченной динамической информации, относящейся только к базовым антропометрическим позам [10], [11]. Поскольку дайверы чаще плавают в горизонтальном положении, то наше исследование было сфокусировано на изменениях обхватов в соответствующих динамических позах под водой.

В нашем эксперименте мы измеряли 31 размерный признак для 57 женских фигур всех четырех типов (возраст 22...25 лет) при изменении типичных поз дайверов. Испытуемые дайверы принимали позы – стоя и лежа на полу, а также под водой. Мы использовали следующие аббревиатуры для обозначения поз:

- P1 – основная антропометрическая поза (естественное вертикальное положение),
- P2 – положение стоя, руки подняты вверх,
- P3 – положение лежа на полу, лицом вниз, руки вытянуты вперед,
- P4 – положение лежа на полу, лицом вниз, руки вытянуты вперед, ноги согнуты на 90°;

P5 – так же, как и P3, но под водой;

P6 – так же, как и P4, но под водой.

Фигуры фотографировали во всех перечисленных позах. Для измерения изменений мы последовательно совмещали абрисы фигуры во фронтальной и профильной проекциях P2 + P1, P3 + P1, P4 + P1, P5 + P1, P6 + P1. На рис. 2 показаны значения различий между обхватами груди BG, талии WG, бедер HG, бедра TG и условной длиной боковой линии SL для фигур типа А.

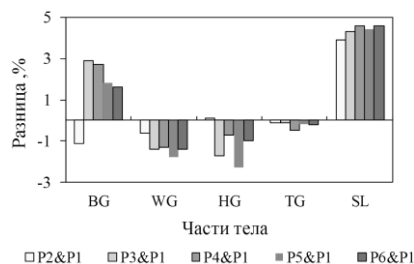


Рис. 2

Максимальная разница имела место для измерений BG, WG, HG, TG и SL между позами P5+P1. При поднятии рук линия обхвата груди движется вверх, боковой шов смещается вперед, выпуклости живота и бедер смещаются. Максимальные значения полученных результатов будут использованы при построении чертежей.

Таблица 1

Композиционный материал	Химический состав		Показатели свойств, измеренные на комплексе KAWABATA			Класс материала
	липевой слой/изнаночный слой (уточновязанный трикотаж)	внутренний слой толщиной 2,5 мм, %	гистерезис момента изгиба 2НВ. сН·см/см, основа/уток	полная деформация удлинения ЕМТ под стандартной нагрузкой 500 сН/см. %, основа/уток	толщина ткани. мм: в числителе Тм под нагрузкой 50 сН/см ² . в знаменателе Т ₀ – под нагрузкой 0,5 сН/см ²	
M1	Нейлон/нейлон	100% CR	-0,63/-0,58	42,6/22,5	2,66/2,87	Высокий
M2	Полиэстер/полиэстер	SCR (30% CR + 70% SBR)	-0,64/-0,68	30,0/26,0	2,85/3,19	Средний
M3	Полиэстер/полиэстер	SBR	-0,68/-0,47	27,8/11,7	2,73/2,94	Низкий
M4	Нейлон/нейлон	SCR (30% CR + 70% SBR)	-0,71/-0,64	30,6/25,0	3,08/3,35	Средний

Примечание. 1. Гистерезис момента изгиба показывает способность пробы материала возвращаться в исходное положение (чем больше абсолютная величина, тем хуже выражена эта способность). 2. Буквенные обозначения для обозначения качества внутреннего слоя: CR (chloroprene-rubber, хлоропеновый каучук, торговая марка Neoprene) – каучук высокого уровня качества (мягкий, хорошие термозащитные свойства, эластичный); SBR (styrene-butadiene rubber, бутадиен-стирольный каучук) – каучук низкого уровня качества; SCR (styrene-chloroprene rubber, хлоропеновый каучук) – каучук спелого уровня качества, получаемый путем смешивания CR и SBR (удовлетворительная гибкостью, эластичность и показатели комфорта в зависимости от содержания CR).

На втором этапе мы испытывали и анализировали показатели свойств композиционных материалов для гидрокостюмов с помощью комплекса KES для выбора тех показателей, критические значения которых влияют на давление под гидрокостюмом (давление измеряли с помощью датчика АМІ, Япония) и величины конструктивных прибавок. В качестве материалов были выбраны трехслойные композиционные материалы с характеристиками, представленными в табл. 1.

После погружения дайвер испытывает давление под влиянием костюма, сконструированного с отрицательными прибавками, и воды. Поэтому установление допустимого давления требует учета обоих факторов.

Сначала после проведения экспериментов нами получены уравнения для описания соотношений между удлинением материалов, деформацией мягких тканей тела и достигаемым максимальным давлением. Мы измеряли уменьшения обхватов торса на 11 уровнях (количество измерений составило 15) с вычленением их долей спереди, сбоку и сзади. Мы испытывали четыре вида материалов в направлениях основы и утка для того, чтобы определить максимальное удлинение E_M и максимально возможное давление P в каждом случае. Удлинение E_M составило от 13,1 до 18,2% и его можно рассматривать как значения конструктивной прибавки в гидрокостюме.

Затем для имитации максимального гидравлического давления мы измерили давление, возникающее после удлинения контрольного неэластичного материала для максимального уменьшения обхватов фигур по описанной выше схеме. Установлено, что при среднем удлинении материалов 15,7% можно достигнуть максимального уменьшения значений обхватов тела ΔG 12,5% и среднего значения давления 2,05 кПа. Рис. 3 показывает максимальное удлинение материалов и оказываемое ими давление.

Однако максимальные значения трех факторов могут ограничить возможности драйвера совершать движения, поэтому необходимо согласовать минимальные значения отрицательных конструктивных прибавок с динамическими изменениям фигур.

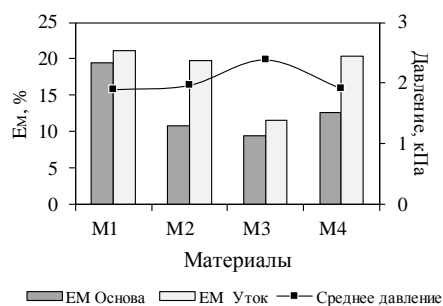


Рис. 3

На третьем этапе мы формализовали результаты экспериментов для расчета конструктивных прибавок. Нами впервые получены соотношения между удлинением материала и деформацией мягких тканей в условиях динамических поз и действия гидравлического давления для определения минимальной конструктивной прибавки E_D . Основываясь на выполненных экспериментах, мы получили отношение:

$$RC = (E_M / \Delta G), \quad (1)$$

где RC – показатель компрессионной способности материала, который может быть использован для расчета среднего удлинения при уменьшении обхвата тела на 1%; E_M – удлинение материала, %; ΔG – уменьшение обхвата тела, %.

Для исследованных материалов среднее значение RC составило $-2,45 \pm 0,8$. На основании (1) были определены минимальные поперечные и продольные конструктивные прибавки с учетом допустимого уменьшения обхватов на уровнях груди (-9,5 %), талии (-3,2 %), бедер (-4,4 %), бедра (-0,5 %) и вдоль условной боковой линии 4,4 %.

На четвертом этапе мы разработали метод 2D-проектирования чертежей конструкций гидрокостюма в САПР Richrease. Сначала мы построили чертеж базовой конструкции (БК) плотно облегającego комбинезона с минимальными конструктивными прибавками, затем его модифицировали в модельную конструкцию МК1, используя экспериментально определенные значения конструктивных прибавок. При растяжении всех материалов до максимальной длины в одном направлении происходит их укорочение в другом направлении не менее, чем на 3%.

Поэтому мы разработали новую модельную конструкцию МК2, основанную на МК1, но с изменением покроя (вместо втачного мы использовали покрой реглан [12]), введением новых линий членения в соответствии с морфологией тела и особенностями поз для дайвинга и уменьшением продольных размеров. Схема преобразования МК1 и МК2 показана на рис. 4. Величины на рис. 4 показывают величины корректировки МК1 на основе установленных зависимостей.

На четвертом этапе мы провели виртуальное моделирование костюма для проверки новых чертежей, имитации реальных материальных свойств и измерения давления. Мы скорректировали показатели свойств виртуальных материалов, отметили 174 ключевые точки для измерения давления в CLO3D на примере материала M2. Мы измеряли дав-

ление в восьми точках тела на поверхности цифрового двойника женской фигуры. В табл. 2 приведены результаты виртуальных примерок двух костюмов, сгенерированных с использованием БК и МК2, на женском аватаре.

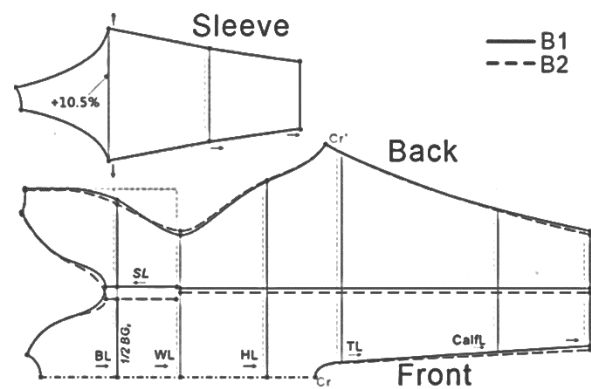


Рис. 4

Таблица 2

Участки поверхности аватара	Давление, кПа, возникающее под гидрокостюмами, построенными по чертежам		Разность, %
	БК	МК 2	
Грудь	1,15 ± 0,58	1,92 ± 0,82	67
Талия	1,52 ± 0,86	1,89 ± 0,20	24,3
Живот	2,09 ± 1,13	2,28 ± 0,40	9,1
Ягодицы	1,91 ± 0,23	2,26 ± 0,29	18,3
Плечо	0,98 ± 0,11	1,95 ± 0,07	99
Предплечье	1,39 ± 0,11	2,13 ± 0,13	53,2
Бедро	1,81 ± 0,42	2,03 ± 0,11	12,2
Икра	2,30 ± 0,39	2,48 ± 0,25	7,8
Среднее давление	1,64 ± 0,48	2,12 ± 0,28	29,3

Как видно из табл. 2, разность между создаваемыми давлениями значительна и в среднем составляет 29,3%. Новый чертеж МК2 обеспечивает относительно более высокие значения давления и более плотное прилегание. Общее распределение давления под новым костюмом относительно сбалансировано: разность между допускаемыми отклонениями в 1,7 раза меньше ($\pm 0,48$ и $\pm 0,28$).

Таким образом, разработан алгоритм нового метода построения чертежа гидрокостюма на основе использования новых баз данных, который может быть реализован в программном обеспечении CLO3D в соответствии с характерными особенностями виртуального 3D-аватара.

ВЫВОДЫ

1. Получены значения динамических приращений к размерным признакам женских фигур типа А для различных поз дайвера, находящегося под водой.

2. Проведены испытания композиционных материалов для гидрокостюма на полуавтоматическом комплексе KES, определены показатели их компрессионной способности и получены соотношения между ними и конструктивными прибавками.

3. Проверен алгоритм правильности построения чертежей гидрокостюма с помощью технологий 3D-моделирования на цифровых двойниках, включающий виртуаль-

ЛИТЕРАТУРА

1. Peng Tian. Research on the classification of young women's body based on front and back body differences // Wuhan Textile University. – 2016. P.53.
2. Li Lan. Discussion on the modern design method of dress with waistline shape // Wuhan Textile University. – 2016. P.33.
3. Wu X., Du Jinsong. Dynamics analysis of submersible sports and design essentials of wetsuits // Journal of Wuhan Textile University. – № 5, 2015. P.29...33.
4. Nakahashi M. An effect of a compressed region on a lower leg on the peripheral skin blood flow // Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses. – № 39, 1998. P.64...69.
5. Troynikov O., Ashayeri et al. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports // Procedia Engineering. – №2, 2010. P.2823...2829.
6. Petrak S., Naglic M. Dynamic anthropometry – Defining protocols for automatic body measurement // Tekstilec. – № 60, 2017. P.254...262.
7. Mielicka E., Napieralska L., Jasińska I. et al. Individual 3D measurements of end users to personalize work wear clothing // IOP Publishing: IOP Conference Series-Materials Science and Engineering. – № 17, 2017. P.172017.
8. Wu X., Kuzmichev V., Peng T. Development of female torso classification and method of patterns shaping // Autex Research Journal. – 2018. P. 10.
9. GB/T 1335.2-1997, Standard sizing systems for garments - Women.
10. Naglic M., Petrak S. Analysis of dynamics and fit of diving suits // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – № 254, 2017. P.152007.
11. Корнилович А.В., Кузьмичев В.Е. Мэй Шунци. Разработка принципов проектирования костюмов для парашютных видов спорта // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6.
12. Кузьмичев В.Е., Стрельцова М.С., Цан Н. Классификация формы рукавов покроя реглан // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6. С. 150...155.

REFERENCES

1. Peng Tian. Research on the classification of young women's body based on front and back body differences // Wuhan Textile University. – 2016. P.53.
2. Li Lan. Discussion on the modern design method of dress with waistline shape // Wuhan Textile University. – 2016. P.33.
3. Wu X., Du Jinsong. Dynamics analysis of submersible sports and design essentials of wetsuits // Journal of Wuhan Textile University. – № 5, 2015. P.29...33.
4. Nakahashi M. An effect of a compressed region on a lower leg on the peripheral skin blood flow // Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses. – № 39, 1998. P.64...69.
5. Troynikov O., Ashayeri et al. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports // Procedia Engineering. – №2, 2010. P.2823...2829.
6. Petrak S., Naglic M. Dynamic anthropometry – Defining protocols for automatic body measurement // Tekstilec. – № 60, 2017. P.254...262.
7. Mielicka E., Napieralska L., Jasińska I. et al. Individual 3D measurements of end users to personalize work wear clothing // IOP Publishing: IOP Conference Series-Materials Science and Engineering. – № 17, 2017. P.172017.
8. Wu X., Kuzmichev V., Peng T. Development of female torso classification and method of patterns shaping // Autex Research Journal. – 2018. P. 10.
9. GB/T 1335.2-1997, Standard sizing systems for garments - Women.
10. Naglic M., Petrak S. Analysis of dynamics and fit of diving suits // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – № 254, 2017. P.152007.
11. Kornilovich A.V., Kuz'michev V.E. Mey Shuntsi. Razrabotka printsipov proektirovaniya kostyumov dlya parashyutnykh vidov sporta // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №6.
12. Kuz'michev V.E., Strel'tsova M.S., Tsan N. Klasifikatsiya formy rukavov pokroya reglan // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №6. S. 150...155.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий ИВГПУ. Поступила 21.01.19.

УДК 677.052.3

**ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ
МЕХАНИЗМА ВЫПУСКНЫХ ВАЛОВ
ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ**

**FORCED OSCILLATION
OF THE DRAWING-OFF ROLLER MECHANISM
OF THE PNEUMO-MECHANICAL SPINNING MACHINE**

Т.М. КОКИНА

T.M. KOKINA

(Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета)

(Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan Federal University)

E-mail: dtp777@mail.ru

В статье разработаны методы определения амплитуд вынужденных крутильных колебаний механизма выпускных валов на базе модели с распределенными параметрами. Выявлены искажение идеальной функции углового перемещения выпускного вала и дополнительная неравномерность его вращения. Предложены мероприятия по снижению колебаний рабочего органа и, как следствие, неровноты пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения.

In the article the determination methods of the forced oscillation of the drawing-off roller mechanism on the basis of the pattern with the distributed parameters are worked out. The distortion of the ideal function of the angular displacement of the drawing-off roller and the additional irregularity of its rotation are revealed. The measures of the decrease of the working part oscillation and the unevenness of yarn, obtained by a pneumo-mechanical spinning method, are proposed.

Ключевые слова: пневмопрядильная машина, механизм выпускных валов, вынужденные колебания.

Keywords: pneumo spinning frame, mechanism torsional oscillation, forced oscillation.

Искажения идеальных кинематических функций механизмов прядильных машин приводят к неровноте выпускаемого продукта [1...3]. Исследование точности воспроизведения движения рабочего вала выпускных валов пневмомеханической прядильной машины дает гарантию правильности процесса прядения.

Исследование проведено на основе выбранной модели с распределенными параметрами. Для перехода к моделям первого уровня используется аппарат квазинормальных координат. При этом производится учет внешних возмущений.

Локальная модель представляется в виде одномассовой системы с переменными параметрами (3), описываемой дифференциальным уравнением:

$$\dot{\eta} = 2n_r \dot{\eta}_r + p_r^2 \eta_r = \frac{F_r(\tau, t)}{J_r(\tau)}, \quad (1)$$

где τ – медленно изменяющийся параметр.

Для определения коэффициента рассеяния необходимо выполнить учет диссипативных факторов, который осуществляется членом, содержащим коэффициент n_r , определяемый отношением:

$$n_r \approx \frac{\psi_r p_r}{4\pi}$$

где ψ_r – приведенный к форме r коэффициент рассеяния.

На основании (3) для данной динамической модели (рис. 1) он определяется выражением:

$$\psi_r = \frac{C_1 l_1 \psi_1 + C_2 l_2 \psi_2 + G \Pi_4^2 S_r \psi_3}{C_1 l_1 + C_2 l_2 + G \Pi_4^2 S_r}, \quad (2)$$

где

$$S_r = 0,5\theta_r(1 + \operatorname{tg}^2 \theta_r) + 0,5 \sin 2\theta_r (\operatorname{tg}^2 \theta_r - 1) - \operatorname{tg} \theta_r (1 - \cos 2\theta_r).$$

Моменты сопротивления по местам машины, каждый из которых с учетом потерь

на трение, определится:

$$M_i = F_i d_b, \quad (3)$$

где F_i – результирующая сила натяжения нити; d_b – диаметр вала.

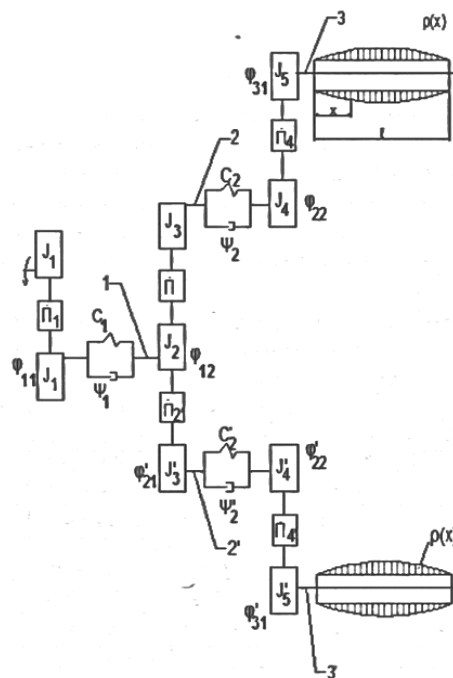


Рис. 1

При этом, исходя из схемы распределения усилий, натяжение нити, определится результирующей силой $F_1 = F_{1i} - F_{2i}$, F_{1i} , принятой равной 70% от разрывного усилия нити, таким образом, $M_i = 1,7 \text{ Н}$.

$$M_{Ti} = N_i \left(f + \mu \frac{d_{ц}}{2} \right) \frac{d_b}{2}.$$

Подставляя данные, при усиллии сжатия пружины $N_i = 19,6 \text{ Н}$, коэффициенте трения в цапфе роликоопоры $f = 0,002$, коэффициенте трения качения ролика 2 по валу 1 $\mu = 0,007$ и диаметре цапфы $d_{ц} = 16 \text{ мм}$, момент сопротивления определится: $M_{Ti} = 13,75 \cdot 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Момент сопротивления опор качения вала 1, распределенный на единицу длины вала, запишется:

$$m_0 = 10\mu \frac{d_k}{2l} \sum_{i=1}^{100} N_i + \sum_{i=1}^{100} \frac{M_i}{l}.$$

После подстановки в уравнение значения диаметра дорожек качения подшипников $d_k=28$ мм и остальных значений, которые указаны выше, величина $m_0 = 2,67 \cdot 10$ Н.

$$F_r(\tau, t) = m_0 \int_0^\ell \tilde{X}_r(x) dx + \sum_{i=1}^K M_i \tilde{X}_r(x) - \rho \ddot{\varphi}_{31} \int_0^\ell \tilde{X}_r(x) dx - J_5 \ddot{\varphi}_{31} \tilde{X}_r(0) - J_4 \ddot{\varphi}_{22} \alpha_{14r} - J. \quad (4)$$

Взяты с обратным знаком слагаемые выражения (4) представляют моменты инерционных сил в переносном движении. По данным расчетов коэффициенты форм α_r незначительны, что делает правомерным пренебрежение моментами силы инерции промежуточных элементов.

$$\int_0^\ell \tilde{X}_r(x) dx = \frac{R}{p_r} \left[\sin\left(\frac{p_r \ell}{R}\right) - \text{tg} \frac{p_r \ell}{R} \left(\frac{\cos(p_r \ell)}{R} - 1 \right) \right] = \frac{R}{p_r} \text{tg} \frac{p_r \ell}{R}, \quad (5)$$

$$\int_0^\ell \tilde{X}_r^2(x) dx = \frac{R}{2p_r} \left[\left(1 + \text{tg}^2 \frac{p_r \ell}{R} \right) \frac{p_r \ell}{R} + \frac{0,5 \left(1 - \text{tg}^2 \frac{p_r \ell}{R} \right) \sin(2p_r \ell)}{R} + \left(1 - \frac{\cos(2p_r \ell)}{R} \right) \right].$$

Знаменатель правой части выражения (1) определится выражением:

$$J_r = \int_0^\ell \rho \tilde{X}_r^2(x) dx + \sum_{j=1}^n J_j X_r^2(x),$$

где j – число элементов; J_j – сосредоточенные моменты инерции масс. Для нашей модели знаменатель переписывается:

$$J_r(\tau) = \rho \int_0^\ell \tilde{X}_r^2(x) dx - J_5 \tilde{X}_r(0) - J_4 \alpha_{14r}. \quad (6)$$

В выражении (4) угловое ускорение $\ddot{\varphi}_{31}$ определяется двойным дифференцированием по времени угла поворота φ_{31} диска J_5 и главного вала, который изменяется по гармоническому закону:

$$\varphi_{31} = \varphi_{22} + \frac{2\delta\varphi_\Sigma}{d_\partial U} \sin \omega t + \frac{2\delta\varphi_f}{d_\partial U} \sin(Z\omega t + \gamma), \quad (7)$$

Для выявления характера возмущений колебаний выпускного вала опишем правую часть уравнения (1) равенством:

Значения m_0 и M_i определены выше, K в нашем случае равно восемьдесят и ста для одной стороны машины.

Определенные интегралы, взятые для функции \tilde{X}_r , запишутся так:

$$\ddot{\varphi}_{31} = -\frac{2\omega^2 \delta\varphi_\Sigma}{d_\partial U} - \frac{2\delta\varphi_f Z^2 \omega^2}{d_\partial U} \sin(Z\omega t + \gamma). \quad (8)$$

В выражениях (7) и (8) U – передаточное число; d_∂ – диаметр делительной окружности зубчатого колеса с моментом инерции J_5 . С учетом выражений (7) и (8) правая часть уравнения (8) преобразуется к виду:

$$\frac{F(\tau, t)}{J(\tau)} = A - B[K_1 \sin \omega t + K_2 \sin(Z\omega t + \gamma)] \quad (9)$$

при значениях A и B , равных:

$$A = \frac{m_0 \int_0^\ell \tilde{X}_r(x) dx + \sum_{i=1}^K M_i \tilde{X}_r(x)}{\rho \int_0^\ell \tilde{X}_r^2(x) dx - J_5 \tilde{X}_r(0)}, \quad (10)$$

$$B = \frac{\rho \int_0^\ell \tilde{X}_r(x) dx + J_5 \tilde{X}_r(0)}{\rho \int_0^\ell \tilde{X}_r^2(x) dx - J_5 \tilde{X}_r^2(0)}. \quad (11)$$

Для определения угловых перемещений выпускного вала решение уравнения (1) представится в виде известной суммы:

$$\eta_{r0} = e^{n_r} (C_1 \cos P_r t + C_2 \sin P_r t), \quad (12)$$

где $P_r = \sqrt{p_r^2 - n_r^2}$.

С достаточной для практических расчетов точностью $P_r = p_r$, а C_1 и C_2 можно определить из начальных условий.

Частное решение, описывающее вынужденные колебания системы, найдем в виде:

$$\eta_i = a + b \sin \omega t + c \cos \omega t + d \sin Z \omega t + h \cos Z \omega t. \quad (13)$$

Взяв первую и вторую производные по времени $\dot{\eta}_i$ и подставив в уравнение (1) с учетом (9), приравниваем коэффициенты при одинаковых членах, после чего определяются искомые значения d , a , b , c и h :

$$a = \frac{A}{p_r^2}, \quad (14)$$

$$b = -\frac{BK_1(p_r^2 - \omega^2)}{(p_r^2 - \omega^2)^2 + 4n_r^2\omega^2}, \quad c = \frac{2n_r BK_1}{(p_r^2 - \omega^2)^2 + 4n_r^2\omega^2}, \quad (15)$$

$$h = \frac{2n_r Z \omega BK_1}{(p_r^2 - Z^2 \omega^2)^2 + 4n_r^2 Z^2 \omega^2}, \quad d = -\frac{BK_2(p_r^2 - Z^2 \omega^2)}{(p_r^2 - Z^2 \omega^2)^2 + 4n_r^2 Z^2 \omega^2} \quad (16)$$

при $K_1 = \frac{2\omega^2 \delta \varphi_\Sigma}{d_\rho U}$, $K_2 = \frac{2\omega^2 Z^2 \delta \varphi_f}{d_\rho U}$, $\delta \varphi_\Sigma = 11698$ мкм, $\delta \varphi_f = 20$ мкм.

Подставляя выражения (14) и (15) с учетом выражения (16) в уравнение (13), при начальных условиях $t=0$, $\eta_r = 0$, $\dot{\eta}_r = 0$ и

$\dot{\eta}_r = 0$ определяем значения C_1 и C_2 :

$$C_1 = \frac{a + c + h}{e^{n_r}}, \quad C_2 = \frac{\omega(b + Zd)}{e^{n_r} p_r}. \quad (17)$$

Решение уравнения (1) запишется:

$$\eta_r(t) = a + b \sin \omega t + c \cos \omega t + d \sin Z \omega t + h \cos Z \omega t - (a + c + h) \cos p_r t - \frac{\omega(b + Zd)}{p_r t} \sin p_r t. \quad (18)$$

Т а б л и ц а 1

Собственная частота P_k , с						$\sum R \tilde{X}_r \cdot 10^6$, рад	
		413,38	945,50	1130,41	1984,54	сеч. $x = 0$	сеч. $x = 0,7\ell$
Составляющие амплитуд, рад	А	-35,29	-2,257	97,202	90,75	-	-
	Б	0,1025	-1,96	1,0230	0,05228	-	-
	а, 10^6	-206,0	-2,50	76,0	23,7	-108,8	-
	с, 10^6	-213,0	-0,7	50,0	15,2	-	4061,4
	d, 10^6	0,070	1,11	0,040	0,016	-0,984	0,146
	h, 10^6	-136,0	4053,7	2278,5	237,24	4011,9	19935,6
	h, 10^6	-0,04	-6,36	0,83	0,415	33,88	15,45
	$c_1 e^{n_r}$, 10^6	-206,0	2,75	75,21	2,787	-	-
	$c_2 e^{n_r}$, 10^6	-213,0	4,55	49,21	1,937	-	-
	$c_2 e^{n_r}$, 10^6	-567,0	7422,0	3492,0	211,1	-	-

Угловые перемещения вала определяются суммой:

$$q = \sum_{r=1}^{\infty} X_r(x) \eta_r(t). \quad (19)$$

Подставляя исходные данные в выражения (14), (15) и (16), с учетом \tilde{X}_r определяются значения амплитуд крутильных колебаний угловых перемещений выпускных валов, которые для машины ППМ 160 (БД-200) представлены в табл. 1.

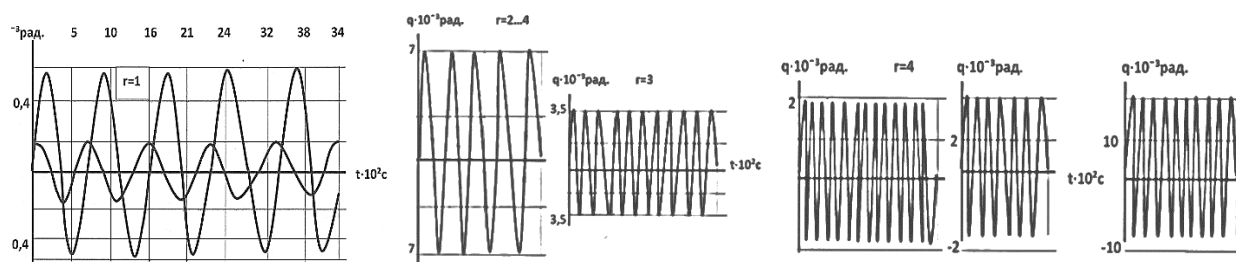


Рис. 2

Результаты расчетов угловых перемещений выпускных валов позволили провести расчет максимального угла закручивания выпускного вала, который составляет в сечении $x=0$ величину $1,2^\circ$, а в сечении $x=0,7l - 2,9^\circ$.

ВЫВОДЫ

1. При исследовании вынужденных колебаний выпускных валов выведена зависимость амплитуд угловых перемещений $q(x,t)$ от времени t и длины вала x . Зависимость $q(x,t)$ представляет собой сумму гармонических составляющих.

2. Угловые перемещения выпускных валов $q(x,t)$ по времени имеют гармонические составляющие с частотами, равными частоте вращения выпускного вала (низкочастотные составляющие) и с частотами, равными собственным p_r и зубцовой f_z частотам (так называемые высокочастотные составляющие угловых перемещений по названию сменных шестерен). Высокочастотные составляющие примерно на два порядка преобладают перед низкочастотными.

3. При исследовании уровня колебаний выпускных валов отмечается: на четвертой собственной частоте $p_4 = 1984,54 \text{ с}^{-1}$ возмо-

жен режим работы, близкий к резонансному, ввиду близости этой частоты к возможной зубцовой частоте. При расчетах величин амплитуд высокочастотных составляющих крутильных колебаний (на второй и третьей собственных частотах p_2 и p_3) выявлено существенное влияние расположенного близко к рабочим органам момента инерции зубчатого колеса J_5 , входящего в выражение для определения величины V . Это влияние играет роль при небольших значениях определенных интегралов функций \tilde{X}_r и \tilde{X}_r^2 , то есть при незначительном изменении форм колебаний по длине вала.

Несмотря на благоприятные с точки зрения собственных форм режимы работы, величины угловых перемещений на второй собственной частоте превышают остальные из-за возможного неправильного выбора параметров механизма выпускных валов.

4. Максимально возможный угол закручивания выпускного вала для исследуемой модели составляют величины для различных сечений вала от $1,2$ до $2,9^\circ$ для пневмомеханических машин марки ППМ 160 (БД-200) на машинах, имеющих некоторый износ шестерен.

5. Крутильные колебания выпускных валов создают искажение идеальной функции углового перемещения вала $\varphi(t)$ и вызывают дополнительную неравномерность вращения выпускных валов на величину до 1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов М.Ф. Влияние крутильных колебаний цилиндров вытяжных приборов на неровноту продуктов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1974, №1. С.43...45.

2. Коритыцкий Я.И. Колебания в текстильных машинах. – М.: Машиностроение, 1973.

3. Вульфсон И.И. Динамика цикловых машин. – СПб.: Политехника, 2013.

REFERENCES

1. Belov M.F. Vliyanie krutil'nykh kolebaniy tsilindrov vytyazhnykh priborov na nerovnotu produktov pryadeniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1974, №1. S.43...45.

2. Koritysskiy Ya.I. Kolebaniya v tekstil'nykh mashinakh. – M.: Mashinostroenie, 1973.

3. Vul'fson I.I. Dinamika tsiklovykh mashin. – SPb.: Politekhnik, 2013.

Рекомендована кафедрой механики и конструирования. Поступила 25.11.16.

УДК 677.057

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАВИСИМОСТИ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ НА ПРИВОД ВАЛКОВОГО МОДУЛЯ ОТ ФАКТОРОВ

DETERMINATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE DEPENDENCE OF CONSUMPTION POWER ON THE DRIVE OF THE ROLL MODULE FROM FACTORS

A.V. KRYLOV, A.A. TUVIN, I.YU. SHAKHOVA, YU.G. FOMIN

A.V. KRYLOV, A.A. TUVIN, I.YU. SHAKHOVA, YU.G. FOMIN

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт,
Ивановский государственный университет)

(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute,
Ivanovo State University)

E-mail: Alekseykrylov9237@gmail.com

В статье выполнен анализ влияния факторов на потребляемую мощность приводом валкового модуля. В результате экспериментальных исследований определены графики этих зависимостей и получена математическая модель.

This article analyzes the influence of factors on the power consumption of the roller drive module. As a result of experimental studies, the graphs of these dependencies are determined and a mathematical model is obtained.

Ключевые слова: валковый модуль, привод, потребляемая мощность, факторы технологические и конструктивные, математическая модель.

Keywords: roll module, drive, power consumption, technological and structural factors, mathematical model.

Для оценки влияния технологических и конструктивных факторов на потребляемую приводом модуля мощность используем методику планирования эксперимента [1...4], позволяющую получить математическую модель зависимости входных параметров X_1, X_2, X_3 от выходного параметра оптимизации N_B .

С целью выбора факторов и определения диапазона их изменений проведены экспериментальные исследования приводов валковых машин (отжимы ОС-140-1 и ОТ-140-11 и плюсовка ПД-140-21) в производственных условиях.

В результате были отобраны технологические и конструктивные факторы, влияющие на параметр оптимизации в большей степени.

Факторы, определяющие затраты мощности на привод валкового модуля:

- (x_1) q – интенсивность нагрузки в жале валов, кН/м;
- (x_2) V – скорость обработки материала, м/мин;
- (x_3) HS – твердость покрытия вала, ед. по Шору А;
- (x_4) δ_n – толщина покрытия вала, мм;
- (x_5) D_B – диаметр приводного вала, мм.

При проведении исследований в опытах изменялись 5 факторов. Шестой фактор Δq (неравномерность распределения интенсив-

ности нагрузки) поддерживался на постоянном уровне.

Таким образом, в результате исследований должна быть получена математическая модель, связывающая указанные факторы:

$$N = f(q \ V \ HS \ \delta_n \ D_B). \quad (1)$$

Данная модель может быть представлена в виде уравнения первого порядка:

$$\hat{y} = b + \sum_{i=1}^k b_i x_i + b_{ij} x_i x_j, \quad (2)$$

где \hat{y} – расчетное значение параметра оптимизации.

Для получения линейной модели при проведении исследований использован дробный факторный эксперимент типа 2^{k-1} с общим числом опытов N :

$$N = 2^{k-p}. \quad (3)$$

Здесь k – число факторов; p – число генерирующих соотношений; 2 – число уровней.

Уровни и интегралы варьирования факторов определены экспериментальными исследованиями и приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
X1	30	50	70	20
X2	30	60	90	30
X3	65	80	95	15
X4	20	35	50	15
X5	210	330	450	120

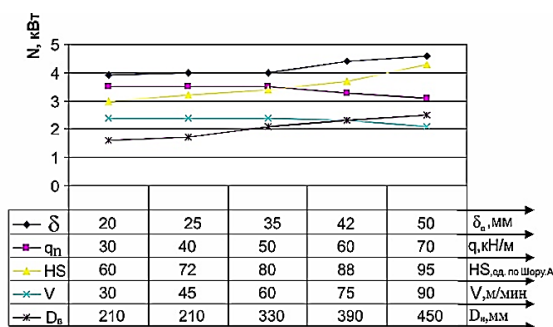


Рис. 1

Результаты экспериментальных исследований зависимости потребляемой мощности от технологических и конструктивных факторов δ_n представлены графиками на рис. 1.

Создаем рабочую и расширенную матрицы планирования эксперимента, используя результаты экспериментов, и проводим обработку экспериментальных данных по методике А. Г. Севостьянова [5].

Получаем математическую модель в кодированных значениях факторов со значи-

$$N=2,54+0,76x_1+1,026x_2-0,48x_3+0,160x_4-0,39x_5+0,257x_{12}-0,048x_{14}-0,198x_{23}+0,07x_{24}-0,124x_{25}+0,078x_{35}. \quad (4)$$

Проверка значимости коэффициентов регрессии проводилась методом построения доверительного интервала (по критерию Стьюдента) [6].

Адекватность полученной модели оценивалась с помощью критерия Фишера.

ВЫВОДЫ

1. Затраты мощности на привод валковых машин повышаются с ростом нагрузки в жале модуля и ее неравномерности, скорости машины и толщины покрытия вала. Для уменьшения потерь мощности рекомендуется применять в модулях конструкции малопрогибных валов диаметром 250...350 мм с опорой посередине и твердыми покрытиями (типа полиуретана) толщиной 20...40 мм.

2. Получена математическая модель зависимости потребляемой валковыми машинами мощности от технологических и конструктивных факторов в виде полинома первого порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахназарова С.Л., Кадаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высшая школа, 1987.

2. Фомин Ю.Г., Удвал Л. Определение энергозатрат на привод модуля // Сб. научн. тр. – Улан-Батор: МонТУ, 1996, №1/23. С. 86...87.

3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976.

мыми коэффициентами:

4. Крылов А.В., Фомин Ю.Г., Туцкая Т.П., Хосровян Г.А. Фрикционное взаимодействие валов модулей в зоне контакта // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №5. С.181...184.

5. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

6. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973.

REFERENCES

1. Akhnazarova S.L., Kadarov V.V. Optimizatsiya eksperimenta v khimii i khimicheskoy tekhnologii. – M.: Vysshaya shkola, 1987.

2. Fomin Yu.G., Udval L. Opredelenie energozatrat na privod modulya // Sb. nauchn. tr. – Ulan-Bator: MonTU, 1996, №1/23. S. 86...87.

3. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskiy Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy. – M.: Nauka, 1976.

4. Krylov A.V., Fomin Yu.G., Tutskeya T.P., Khosrovyan G.A. Friksionnoe vzaimodeystvie valov moduley v zone kontakta // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 5. S. 181...184.

5. Sevost'yanov A.G. Metody i sredstva issledovaniya mekhaniko- tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti. – M.: Legkaya industriya, 1980.

6. Vedenyapin G.V. Obshchaya metodika eksperimental'nogo issledovaniya i obrabotki opytnykh dan'nykh. – M.: Kolos, 1973.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования ИВГПУ. Текстильный институт. Поступила 03.12.18.

АНАЛИЗ ИЗНАШИВАНИЯ КРЮКОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ПРИ КОНТАКТИРОВАНИИ С ТЕКСТИЛЬНЫМИ СТРОПАМИ

ANALYSIS OF WEAR CRANE HOOKS IN CONJUNCTION WITH TEXTILE SLINGS

Е.В. КРИВОШЕЙНА, Г.К. БУКАЛОВ, П.Н. РУДОВСКИЙ, Д.Ю. МАРТЫНОВА

E.V. KRIVOSHEINA, G.K. BUKALOV, P.N. RUDOVSKIY, D.YU. MARTYNova

(Костромской государственный университет,
Сургутский государственный университет)

(Kostroma State University,
Surgut State University)

E-mail: elena-ot56@mail.ru; gk.bukalov44@yandex.ru; martinova@inbox.ru

В статье анализируется изнашивание крюков текстильными стропами, которое приводит к снижению несущей способности крюков, что может служить причиной падения груза и несчастного случая. В статье указаны причины изнашивания крюков стропами, а именно раскачивание грузов на грузозахватных приспособлениях, что обуславливает скольжение строп по поверхности крюка. Предложены аналитические зависимости для описания величины изнашивания крюков текстильными стропами.

This article analyzes the fraying lifting hooks textile slings, which leads to a decrease in bearing capacity of hooks that can serve the cause of falling cargo and accident. In the article the reasons of wear hooks slings, namely swinging of loads on lifting devices, resulting in slipping the sling along the surface of the hook. Analytical dependences are suggested to describe the magnitude of wear lifting hooks textile slings.

Ключевые слова: текстильные стропы, крюки, несущая способность, грузозахватные приспособления.

Keywords: textile slings, hooks, load-bearing capacity, lifting devices.

Известно, что при производстве погрузо-разгрузочных работ грузоподъемными машинами широко используются различные грузозахватные устройства и приспособления. К грузозахватным устройствам относят: крюки, грузовые захваты, а также одинарные канатные стропы, такелажные скобы и пр. К грузозахватным приспособлениям относятся: различные виды захватов, кольцевые стропы, траверсы и др., в том числе в виде крюков, к которым крепятся текстильные стро-

пы, стальные канаты и другие изделия, на которых в свою очередь прикрепляется груз.

В процессе работы стропы или канаты огибают крюки, и при их контактировании происходит взаимное изнашивание, которое ведет к снижению несущей способности крюка, что может способствовать падению груза и несчастному случаю. С целью поддержания необходимого уровня безопасности при первых признаках опасного изнашивания [1, Приложение №7] стропы и канаты выбраковываются.

Наиболее опасно возникновение канавок изнашивания стропами или канатами на крюках (рис. 1 – крюки, имеющие признаки недопустимого изнашивания).

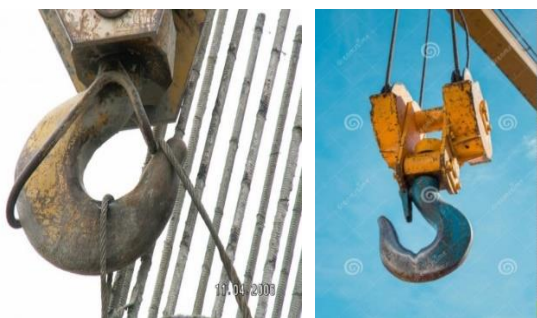


Рис. 1

Текстильные стропы, которые используются при грузоподъемных работах, взаимодействуют и изнашивают крюки и другие грузозахватные приспособления при различных схемах строповки грузов [3]. При появлении канавок изнашивания на крюках происходит ослабление вертикального сечения крюка, то есть сечения А-А (рис. 2 – конструкция и размеры крюков) [2], которое приво-

дит к повышению риска разрушения крюка, падению груза, материальным и человеческим потерям. Крюк выбраковывается, если: износ зева крюка составляет 10% и более от первоначальной высоты сечения А-А (рис. 2). С другой стороны, известно [7], что изнашивание нитеподобными объектами может происходить как при продольном, так и поперечном движении нити или стропы. Так как на рис. 1 видно, что изнашивание происходит при продольном движении стропы, далее будем рассматривать только такое ее движение.

На рис. 2 можно видеть, что величина износа, а именно глубина канавок износа, отличается на краю контакта стропы с крюком, то есть в т. А и т. С и в центре линии контакта, то есть в т. В. Такой неравномерный износ крюка может привести к потере прочности крюка на изгиб до того, как износ в центре контакта со стропой, то есть в т. А, достигнет предельно допустимых 10% согласно [1]. Для выяснения причины такого неравномерного износа крюка стропами необходимо проанализировать процесс изнашивания.

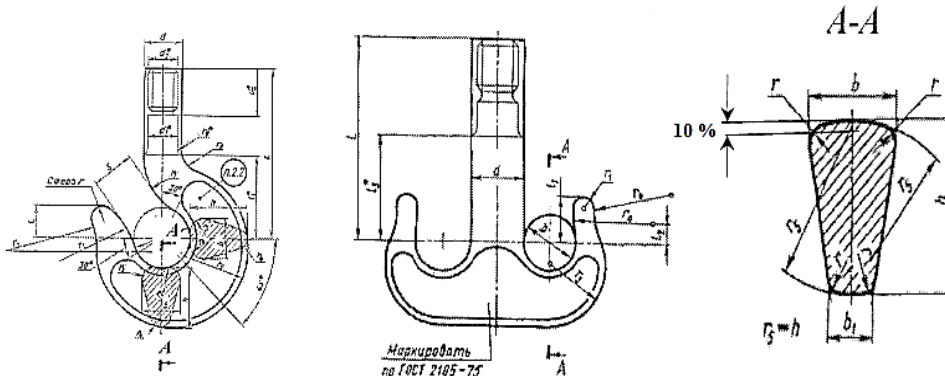


Рис. 2

Для простоты рассмотрим взаимодействие стропы с крюком, используя для описания стропы модель гибкой нити. При расчете изнашивания крюка полагаем, что стропа круглая и при взаимодействии с крюком находится в плоскости сечения крюка А-А (рис. 3 – схема взаимодействия крюка и стропы (а) и распределения нормальных давлений при движении влево (б)). Изнашивание крюка происходит при раскачивании груза, прикрепленного к стропе, в плоскости

вертикального сечения крюка А-А (рис. 3). В расчетах полагаем угол раскачивания груза малым. Отметим, что изнашивание крюка носит абразивный характер вследствие большой концентрации абразивных частиц в зоне работы подъемно-транспортных машин. Из рис. 2 видно, что сечение А-А поверхности зева крюка изнашиваемого стропами и канатами представляет собой сочетание дуг окружностей с радиусами r_5 и r . Величина r_5 менее r в 6...8 раз, то есть вели-

чина r_5 значительно превышает величину r . Максимальный угол между стропами, охватывающими крюк α (рис. 3) определяется технической документацией и равняется $\varphi = 90^\circ$ [3].

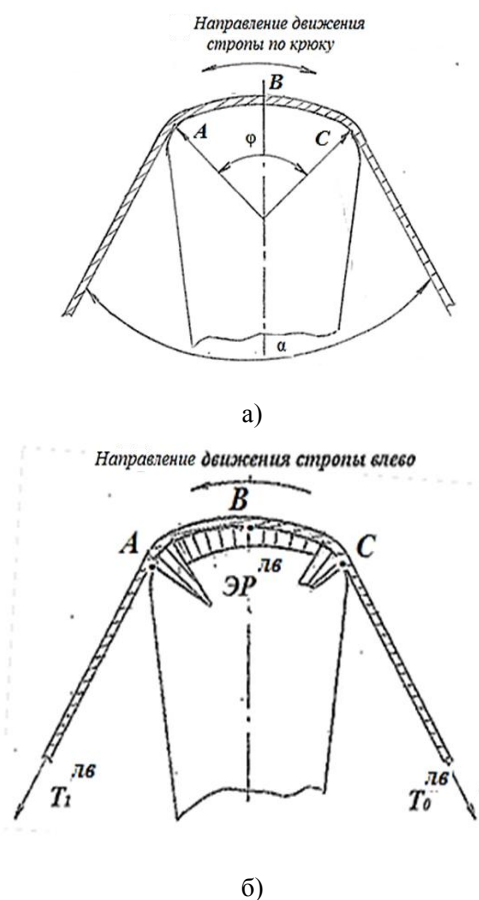


Рис. 3

Точки А, В, С были выбраны для анализа нормального давления на линии контакта, так как по отношению нормальных давлений в этих точках можно характеризовать неравномерность нормального давления по линии контакта стропа с крюком.

В производственных условиях груз раскачивается на стропах, что вызывает возвратно-поступательные движения стропа по крюку.

А, С – точки на краях линии взаимодействия крюка и стропа, В – точка в центре линии взаимодействия крюка и стропа, φ – угол охвата крюка стропами; α – угол между ветвями строп, огибающих тело крюка; $\text{ЭР}^{\text{лб}}$ – эпюра распределения нормальных давлений при движении стропа влево.

Для расчета изнашивания поверхности крюка стропой рассчитаем величину нормально-

го давления стропа на крюк при движении сначала в одном направлении, например, вправо, потом влево, а затем при возвратно-поступательном движении.

Рассмотрим взаимодействие стропа с крюком при движении влево (рис. 3). Полагаем, что стропа не совершает поперечных перемещений по крюку и зависимость ее натяжения от угла охвата определяется следующей формулой:

$$T_1^{\text{лб}} = T_0^{\text{лб}} e^{\mu\varphi}, \quad (1)$$

где $T_0^{\text{лб}}$ – натяжение набегающей ветви стропа при движении влево; $T_1^{\text{лб}}$ – натяжение сбегающей ветви стропа при движении влево; μ – коэффициент трения стропа – крюк; зависит от материалов стропа и крюка.

Из механики нити известно, что нормальное давление на единицу длины контакта нити в точке рассчитывается по формуле [4]:

$$p_i = T_i / R_i, \quad (2)$$

где T_i – натяжение нити в данной точке, Н; R_i – радиус кривизны поверхности крюка в данной точке, м.

Соответственно нормальное давление в т. А при движении стропа влево рассчитывается по следующей формуле:

$$P^{\text{лб}}_A = T_1^{\text{лб}} / r = T_0^{\text{лб}} e^{\mu\varphi} / r, \quad (3)$$

нормальное давление в т. В при движении стропа влево рассчитывается по формуле:

$$P^{\text{лб}}_B = T_0^{\text{лб}} e^{\mu\varphi/2} / r_5, \quad (4)$$

нормальное давление в т. С при движении стропа влево определяется следующей зависимостью:

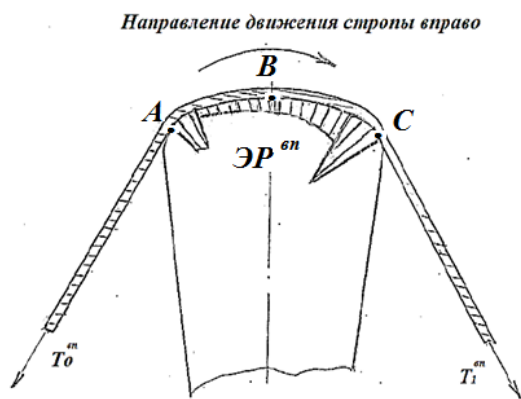
$$P^{\text{лб}}_C = T_0^{\text{лб}} / r. \quad (5)$$

По аналогии при движении стропа вправо (рис. 4 – распределение нормальных давлений при движении стропа по крюку: а) – вправо; б) – при реверсивном движении: $\text{ЭР}^{\text{лб}}$ – эпюра нормальных давлений при движении стропа по крюку вправо; $\text{ЭР}^{\text{лб}}$ – эпюра нормальных давлений при реверсивном

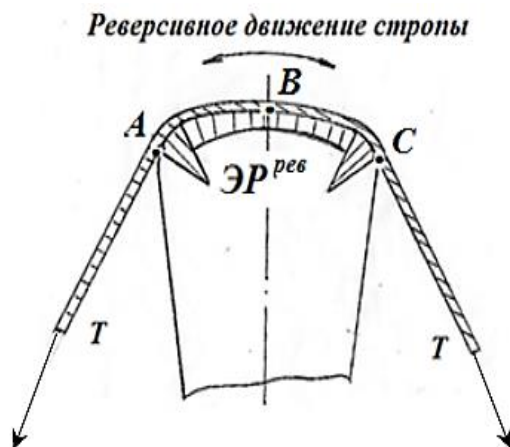
движении стропы по крюку) зависимость ее натяжения от угла охвата определяется следующей формулой:

$$T_1^{вп} = T_0^{вп} e^{\mu\phi}, \quad (6)$$

где $T_0^{вп}$ – натяжение набегающей ветви стропы при движении вправо; $T_1^{вп}$ – натяжение сбегающей ветви стропы при движении вправо.



а)



б)

Рис. 4

Соответственно нормальное давление в т. А при движении стропы вправо рассчитывается по следующей формуле:

$$P^{вп}_A = T_0^{вп}/r, \quad (7)$$

нормальное давление в т. В при движении стропы вправо рассчитывается по формуле:

$$P^{вп}_B = T_0^{вп} e^{\mu\phi/2} / r_5, \quad (8)$$

нормальное давление в т. С при движении стропы вправо рассчитывается по следующей формуле:

$$P^{вп}_C = T_1^{вп}/r = T_0^{вп} e^{\mu\phi}/r. \quad (9)$$

Распределение нормальных давлений при движении стропы по крюку реверсивно (рис. 4) определяется суммой нормальных давлений в данной точке при движении стропы по крюку вправо и влево.

При дальнейших расчетах учитываем, что $T_0^{лв} = T_0^{вп} = T_0$. Соответственно нормальное давление в т. А при движении стропы реверсивно рассчитывается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} P^{рв}_A &= P^{лв}_A + P^{вп}_A = \\ &= T_0^{лв} e^{\mu\phi}/r + T_0^{вп}/r = T_0(e^{\mu\phi} + 1)/r. \end{aligned} \quad (10)$$

Нормальное давление в т. В при реверсивном движении стропы рассчитывается по формуле:

$$P^{рв}_B = T_0^{лв} e^{\mu\phi/2} / r_5 = 2T_0 e^{\mu\phi/2} / r_5, \quad (11)$$

нормальное давление в т. С при реверсивном движении стропы рассчитывается по следующей формуле:

$$P^{рв}_C = T_0^{лв}/r + T_0^{вп} e^{\mu\phi}/r = T_0(1 + e^{\mu\phi})/r. \quad (12)$$

Видно, что значения $P^{рв}_B = P^{рв}_C$.

Необходимо отметить, что важной характеристикой изнашивания поверхности имеет неравномерность ее износа [5], [6]. Для характеристики неравномерности изнашивания крюка по длине контакта со стропой будем использовать отношение износа в центре кривой, по которой движется стропа, и на краю. Полагаем, что износ носит абразивный характер. Рассчитываем его по формуле для абразивного изнашивания:

$$U = npL, \quad (13)$$

где n – коэффициент изнашивания, характеризующий материалы стропы и крюка и условия изнашивания, м/Н; L – путь трения, м; p – нормальное давление, Н/м.

Учитывая приведенные зависимости, формула (13) может быть преобразована к следующему виду:

$$U_i = nLT_i/R_i. \quad (14)$$

Рассчитаем величину износа в следующих зонах: начале, середине и конце контакта стропы с крюком. Отметим, что с учетом реверсивного движения стропы величина износа одинакова в начале, то есть в т. А, и конце контакта, то есть в т. С (рис. 4).

Величина износа в т. А и т. С выражается зависимостью:

$$U_{AC} = nLT_0/r + nLT_0 e^{\mu\varphi}/r = nLT_0(1 + e^{\mu\varphi})/r. \quad (15)$$

Величина износа в т. В выражается следующей зависимостью:

$$U_B = 2 nLT_0 e^{\mu\varphi/2}/r_5. \quad (16)$$

Интересующее нас отношение износов на краях и в середине линии контакта стропы с крюком U_{AC}/U_B после упрощения будет выражаться следующей зависимостью:

$$U_{AC}/U_B = \frac{1 + e^{\mu\varphi}}{2e^{\mu\varphi/2}} \frac{r_5}{r}. \quad (17)$$

Получено выражение, характеризующее неравномерность износа крюка с сечением стандартной геометрии при трении стропой, движущейся продольно реверсивно.

ВЫВОДЫ

1. Изучение изнашивания крюков гибкими грузозахватными приспособлениями является актуальным.

2. При выбраковке изношенных крюков необходимо учитывать вид грузозахватного приспособления, вызвавшей износ (стропы, такелажные скобы и пр.).

3. Износ крюка существующей конструкции стропой носит неравномерный характер.

4. Получено выражение, характеризующее неравномерность износа крюка при реверсивном движении стропы.

1. Приказ Ростехнадзора "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" от 12.11.2013 № N533 ред. от 12.04.2016 // Российская газета. Российская газета, 2013, г. № 39.

2. ГОСТ 6628–73. Крюки двурогие. Заготовки. Типы. Конструкция и размеры. Дата введения 01.01.1975.

3. СТО 43.99.90. Погрузо-разгрузочные работы и схемы строповки грузов. От 29 декабря 2012. – Челябинск, 2012.

4. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. – М.: Наука, 1980.

5. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К., Булатов В.В., Сусоева И.В. Анализ изнашивания пластин тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С.139...141.

6. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Повышение износостойкости пластины тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 120...123.

7. Букалов Г.К., Рудовский П.Н., Кривошеина Е.В., Горюнов А.А. Классификация деталей, контактирующих с текстильными стропами, входящими в состав СИЗ при работе на высоте // Механизация строительства. – 2017. Т. 78, № 2. С. 48...52.

REFERENCES

1. Prikaz Rostekhnadzora "Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Pravila bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov, na kotorykh ispol'zuyutsya pod'emnye sooruzheniya" ot 12.11.2013 № N533 red. ot 12.04.2016 // Rossiyskaya gazeta. Rossiyskaya gazeta, 2013, g. № 39.

2. GOST 6628–73. Kryuki dvurogie. Zagotovki. Tipy. Konstruktsiya i razmery. Data vvedeniya 01.01.1975.

3. STO 43.99.90. Pogruzo-razgruzochnye raboty i skhemy stropovki грузов. Ot 29 dekabrya 2012. – Chelyabinsk, 2012.

4. Merkin D.R. Vvedenie v mekhaniku gibkoy niti. – M.: Nauka, 1980.

5. Krivosheina E.V., Bukalov G.K., Bulatov V.V., Susoeva I.V. Analiz iznashivaniya plastin tormoza utочноy niti stanka STB // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 3. S. 139...141.

6. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Povyshenie iznosostoykosti plastiny tormoza utочноy niti stanka STB // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 4. S. 120...123.

7. Bukalov G.K., Rudovskiy P.N., Krivosheina E.V., Goryunov A.A. Klassifikatsiya detaley, kontaktiruyushchikh s tekstil'nymi stropami, vkhodyashchimi v sostav SIZ pri rabote na vysote // Mekhanizatsiya stroitel'stva. – 2017. T. 78, № 2. S. 48...52.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности КГУ. Поступила 24.01.19.

УДК 687.05

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ АССОРТИМЕНТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОДЕЖДЫ**

**APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY
IN THE DEVELOPMENT OF CLOTHING RANGE OF PRODUCTION**

И.А. ГАДЖИБЕКОВА, Ф.В. ТАГИРОВА

I.A. GADZHIBEKOVA, F.V. TAGIROVA

(Дагестанский государственный технический университет)

(Dagestan State Technical University)

E-mail: naina.92@mail.ru

В статье рассматриваются возможности использования информационных технологий для повышения оперативности и качества формирования ассортимента производственной одежды. При этом акцентируется внимание на то, что при формировании ассортимента производственной одежды следует ориентироваться на подробную проработку логических моделей процесса функционирования ассортимента с структурированием информационных и материально-технических связей между участниками данного процесса.

The article discusses the possibilities of using information technology to improve the efficiency and quality of the formation of the assortment of industrial clothing. At the same time, attention is focused on the fact that when forming the assortment of industrial clothes, one should focus on a detailed study of the logical models of the assortment functioning process with structuring information and material-technical relations between the participants in this process.

Ключевые слова: информационные технологии, ассортимент производственной одежды, логические модели, структурирование информационных и материально-технических связей.

Keywords: information technologies, assortment of industrial clothing, logical models, structuring information and material-technical relations.

Процесс функционирования ассортиментных групп производственной одежды (далее ПО), обеспечивающих решение различных задач, можно представить в виде последовательности большого количества разных, хотя часто и взаимосвязанных, событий. Эффективное моделирование этого процесса при проектировании ассортиментных групп ПО для предприятий различных отраслей экономики предполагает необходимость оперативного получения постадийной выборочной информации. Именно поэтому, начиная с 80-х годов, при проектировании рациональной структуры ассортимента ПО начали использовать новые информационные технологии, позволяющие хранить полученную информацию, обмениваться ею и группировать в зависимости от поставленной задачи [1], [2]. Как было установлено, наиболее эффективное описание событий функционирования ассортимента ПО возможно благодаря данным, зафиксированным с помощью конкретных средств на конкретном носителе совместно с их интерпретацией (семантикой), при этом данные и семантика обычно разделены. Так, ассортимент ПО предприятий-изготовителей (то есть тот функционально-модельный ряд изделий, которым располагает конкретная фирма для обеспечения заказов предприятий) может быть представлен в виде табл. 1, в верхней части которой

(отдельно от данных) приводится их интерпретация (здесь и далее используется кодирование данных в соответствии с классификацией характеристик (признаков) изделий, принятой в работе [3], [4]). Такое разделение не может отрицательным образом сказаться на работе с данными. Получение оперативной информации из нижней части таблицы традиционным способом весьма затруднительно, и это притом, что в табл. 1 представлена лишь небольшая часть интерпретации данных о товарном ассортименте фирмы. Обычно функционально-модельный ряд изделий фирмы-изготовителя одежды насчитывает более 200 коллекционных единиц, каждая из которых описывается 8 объективными (функциональными) характеристиками и не менее чем 10 субъективными (художественно-конструктивными) характеристиками. Если при этом необходимо сделать направленную выборку моделей для конкретного заказа, то есть, например, выбрать мужские всепогодные костюмы, защищающие от жидкости, а именно от кислоты концентрацией до 50%, на это потребуется значительное время. Таким образом, вполне закономерной является постановка задачи поиска способов повышения эффективности процессов хранения больших массивов информации и формирования направленных выборок при проектировании ассортимента ПО.

Т а б л и ц а 1

Интерпретация							
Номер модели	Защитная группа	Конкретизация защиты от ОВПФ	Сезонность	Вид изделия	Половозрастное назначение	Группа базовой конструкции	Стоимость модели, руб.
Данные							
106	Тн+Ж	НмВп	У	Костюм	М	Пут (17-21/7,5)	750
115	ПЗ	ПЗ	В	Куртка	М	Пвс(12-15/3,5)	450
116	ПЗ	ПЗ	В	Куртка	Ж	Пвс (12-15/3,5)	400
44	Ж	НмВиЭс	В	Костюм	М	Пвс (12-15/3,5)	800

В первых исследованиях, посвященных разработке ассортимента производственной одежды [1], для решения поставленной задачи использовались ЭВМ, которые не обладали достаточными возможностями для обработки интерпретации данных. Так, ограниченный объем памяти мог быть использован только для хранения самих данных, используемые языки программирования не позволяли вводить

семантику, и, следовательно, ЭВМ имела дело с данными как таковыми, а интерпретация полностью возлагалась на пользователя. Применение таких ЭВМ для введения и обработки данных приводило к еще большему разделению данных и интерпретации. Большая часть интерпретирующей информации вообще не фиксировалась в явной форме. Однако, как положительный момент, следует от-

метить, что в первых работах по функционированию ассортимента ПО интерпретация закладывалась в программу, которая "знала", например, что седьмое вводимое значение связано с группой базовых конструкций (табл. 1). Это существенно повышало роль программы, так как вне интерпретации данные представляли не более чем совокупность битов на запоминающем устройстве. Другим недостатком первых работ по производственному ассортименту, связанным с ограниченными возможностями ЭВМ, являлась жесткая зависимость между данными и использующими их программами, которая создавала серьезные проблемы в ведении данных и делала их использование менее гибким.

Появление специальных программных комплексов "Систем управления базами данных" (СУБД) привело к качественному скачку в оперативном управлении непрерывно растущим объемом информации в сфере всего жизненного цикла ассортимента ПО. Основная особенность СУБД – это наличие процедур для ввода и хранения не только самих данных, но и описаний их структуры. Файлы, снабженные описанием хранимых в них данных и находящиеся под управлением СУБД, являются "Базами данных". Так, например, для хранения информации о товарном ассортименте моделей ПО фирмы (табл. 1) и ряда других данных, связанных с функционированием ассортимента ПО на предприятии, в базе данных (БД) "Ассортимент", разработанной в Microsoft Access, подготовлено и введено вместе с данными следующее описание ассортимента (рис. 1 – создание таблицы "Товарный ассортимент моделей ПО") [2].

```
СОЗДАТЬ ТАБЛИЦУ Товарный_ассортимент_моделей_ПО
(Номер_модели Целое Защитная_группа Текст (7)
Конкретизация_защиты_от_ОВПФ Текст (10)
Сезонность Текст (1) Вид_изделия Текст(14)
Половозрастное_назначение Текст( 1)
Группа_базовой_конструкции Текст (14)
Стоимость_модели Валюта);
```

Рис. 1

Основными инструментами СУБД или, иначе говоря, средствами управления данными являются структурированные запросы и запросы по образцу. Создание запросов спо-

собствует выбору оптимального варианта решения задачи. Язык запросов позволяет обращаться за данными как из программ, так и с терминалов. Сформировав соответствующий запрос, то есть задав условия отбора соответствующей информации в бланк запроса, можно оперативно получить выборку из товарного ассортимента ПО, например, осуществить выборку всех изделий для защиты от жидкостей, с конкретизацией "для защиты от нефтяных масел", стоимостью не выше 500 руб. (рис. 2 – создание запроса на выборку). Этот запрос не потеряет актуальности и при расширении таблицы (рис. 3 – расширение таблицы "Товарный ассортимент моделей ПО").

```
ВЫБРАТЬ Номер_модели, Вид_изделия, Группа_базовой_конструкции
ИЗ ТАБЛИЦЫ Товарный_ассортимент_моделей_ПО
ГДЕ Защитная_группа = 'Ж'
И Конкретизация_защиты_от_ОВПФ = 'Нм'
И Стоимость_модели < 500;
```

Рис. 2

```
ДОБАВИТЬ В ТАБЛИЦУ Товарный_ассортимент_моделей_ПО
Минимальное_количество_изделий_в_партии Целое;
```

Рис. 3

Связи программ и данных при использовании СУБД представлены на рис. 4.

Первым этапом проекта баз данных, повышающих эффективность разработки любых ассортиментных групп ПО, является анализ информационного поля – предметной области, характеризующей разрабатываемый объект, и выявление требований к ней. Подробно этот этап представлен в работе [2]. Объединив частные представления отдельных пользователей (сотрудников организации, для которых создается база данных) о содержимом базы данных, полученные в результате опроса пользователей, и свои представления о данных, которые могут потребоваться в будущих приложениях, автором сделано предположение о существовании объективных и субъективных характеристик, описывающих каждое изделие ПО отдельно и весь ассортимент в целом. На этом предположении построена концептуальная схема разработки ассортимента ПО с соответствующей классификацией, которая используется и в настоящее время.



Рис. 4

Вторым этапом проекта является создание инфологической модели данных – обобщенное, неформальное описание БД с использованием естественного языка, математических формул, таблиц, графиков и других доступных средств. Здесь необходимо отметить, что корректное создание инфологической модели обеспечивает ее стабильность, то есть эта модель продолжает отражать предметную область до тех пор, пока изменения в реальном мире не потребуют изменения в ней. После разработки инфологической модели она должна быть описана на языке соответствующей СУБД, в результате чего создается даталогическая модель данных, а нужные данные отыскиваются СУБД на внешних запоминающих устройствах по физической модели.

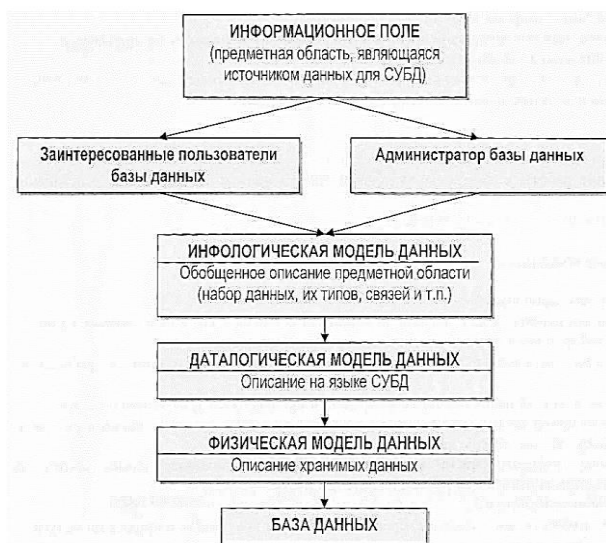


Рис. 5

Подробно даталогическая и физическая модели данных представлены при описании базы данных "Коруна-ассортимент" [5].

Трехуровневая архитектура СУБД (инфологический, даталогический и физический уровни), представленная на рис. 5, позволяет обеспечить независимость хранимых данных от использующих их программ, а следовательно, и развитие системы баз данных без разрушения существующих приложений.

Все, разработанные до настоящего времени, базы данных внесли существенный вклад в теорию ассортимента и ассортиментных групп ПО и принципиально сократили сроки и повысили качество разработок. Однако до настоящего времени при использовании БД в качестве инструмента для создания ассортиментов ПО не разрабатывались инфологические модели исследуемых процессов, то есть процессы не описывались в предметной области, что, безусловно, приводило к ряду ошибок и, в первую очередь, к избыточности или недостаточности используемой информации. Используя концептуальную схему процесса (функционирования ассортимента), были попытки перейти от информационного поля непосредственно к даталогической и физической моделям [3], [2]. Однако при усложнении задачи, только при выполнении всех этапов разработки, может быть обеспечен ввод минимально-достаточной структурированной и кодированной информации, описывающей процесс функционирования ассортиментных групп изделий ПО, обеспечивающих решение разноуровневых задач. Кроме того, установление связей между характеристиками информационного поля позволит создать алгоритм функционирования информационной системы управления процессом формирования ассортимента ПО.

ВЫВОДЫ

1. Наряду с задачей создания ассортиментных групп производственной одежды для отраслей экономики на современном этапе возникает задача предприятия-потребителя создать ассортимент ПО, который бы соответствовал ассортименту, регламентируемому государством, и вместе с этим наилуч-

шим образом обеспечивал процесс труда при минимальных затратах. С другой стороны, активно формируются функционально-модельные ассортименты производственной одежды предприятий-разработчиков и производителей изделий рассматриваемого назначения, в задачу которых входит обеспечение максимального соответствия такого ассортимента требованиям потенциальных заказчиков для достижения максимального объема продаж.

2. Все ассортиментные группы изделий производственной одежды, предназначенные для решения разноуровневых задач, функционируют в едином предметно-информационном поле. При этом рациональность выбора методов исследования этого поля существенным образом сказывается на качественно-временной оптимизации ассортиментных групп.

3. Для повышения оперативности и качества формирования ассортимента производственной одежды необходимо использовать новые возможности информационных технологий. При этом следует ориентироваться на подробную проработку логических моделей процесса функционирования ассортимента со структурированием информационных и материально-технических связей между всеми участниками данного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаджибекова И.А.* Разработка технологии решения разноуровневых задач формирования ассортимента производственной одежды: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГУТД, 2007.

2. *Таштобаева Б.Э.* Разработка принципов формирования рациональной структуры ассортимента производственной одежды: Дис.... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГУТД, 1998.

3. *Сурженко Е.Я.* Теоретические и методические основы эргономического проектирования специальной одежды: Дис. ... докт. техн. наук. – СПб.: СПбГУТД, 2001.

4. *Гаджибекова И.А., Сурженко Е.Я., Сырковская Л.Е.* Метод решения разноуровневых задач формирования ассортимента производственной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1С. С. 123...126.

5. Свидетельство № 2005620150 РФ об официальной регистрации базы данных "Коруна – ассортимент" / Е.Я. Сурженко, Е.Л. Хлебникова, Е.И. Петрова. – Зарегистр. в реестре программ ФИПС 02.06.05.

REFERENCES

1. *Gadzhibekova I.A.* Razrabotka tekhnologii resheniya raznourovnevnykh zadach formirovaniya assortimenta proizvodstvennoy odezhdy: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – SPb.: SPbGUTD, 2007.

2. *Tashtobaeva B.E.* Razrabotka printsipov formirovaniya ratsional'noy struktury assortimenta proizvodstvennoy odezhdy: Dis.... kand. tekhn. nauk. – SPb.: SPbGUTD, 1998.

3. *Surzhenko E.Ya.* Teoreticheskie i metodicheskie osnovy ergonomicheskogo proektirovaniya spetsial'noy odezhdy: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – SPb.: SPbGUTD, 2001.

4. *Gadzhibekova I.A., Surzhenko E.Ya., Syrkovskaya L.E.* Metod resheniya raznourovnevnykh zadach formirovaniya assortimenta proizvodstvennoy odezhdy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2007, № 1S. S. 123...126.

5. *Svidetel'stvo № 2005620150 RF ob ofitsial'noy registratsii bazy dannykh "Koruna – assortment"* / E.Ya. Surzhenko, E.L. Khlebnikova, E.I. Petrova. – Zaregistr. v reestre programm FIPS 02.06.05.

Рекомендована кафедрой товароведения и экспертизы. Поступила 28.11.17.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ДУБЛИРОВАННЫХ ПАКЕТОВ ОДЕЖДЫ ИЗ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ**

**APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES
FOR FORECASTING OPERATIONAL PROPERTIES
OF DUPLICATED PACKAGES OF LINEN CLOTHES**

B.V. ЗАМЫШЛЯЕВА, В.В. ЛАПШИН, Н.А. СМЕРНОВА, В.Н. ЕРШОВ

V.V. ZAMYSHLYAEVA, V.V. LAPSHIN, N.A. SMIRNOVA, V.N. ERSHOV

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: tmchp1@kstu.edu.ru

В статье приведены результаты исследований эксплуатационных свойств пакетов одежды, полученных дублированием костюмных льняных тканей современными термоклеевыми прокладочными материалами. Предложено оценивать эксплуатационные свойства пакетов одежды с использованием нейронных сетей по характеристикам стабильности структуры при сдвиге – коэффициенту стабильности структуры и коэффициенту потери внутренней энергии.

In article results of research of operating properties of packages of cloths, obtained by the lamination linen fabrics modern materials for interlinings with thermoplastic coating. It is suggested to evaluate the performance properties of clothing packages using neural networks based on the stability coefficient and the coefficient of internal energy loss.

Ключевые слова: информационные технологии, льняные костюмные ткани, термоклеевые прокладочные материалы, дублированные пакеты одежды, прогнозирование, коэффициент стабильности структуры, коэффициент потери внутренней энергии, нейронные сети.

Keywords: information technology, linen suit fabrics, hot-melt adhesive cushioning materials, duplicated clothing packages, forecasting, structure stability coefficient, internal energy loss coefficient, neural networks.

Эксплуатационные свойства характеризуются стабильностью структуры тканей [1], [2] и пакетов материалов в процессе носки изделий, поэтому исследование характеристик сдвига является одним из наиболее важных направлений обеспечения качества изделий легкой промышленности.

В современных условиях развития российского рынка большое значение придается повышению качества выпускаемых швейных изделий из льна. Льняное волокно и из-

делия изо льна имеют устойчивый спрос на мировом рынке и в нашей стране. Из широкого ассортимента льняных тканей в швейном производстве наиболее часто применяются костюмно-платьевые. Наибольшую ценность в общем объеме производства тканей для одежды представляют чистольняные и льнохлопковые ткани, благодаря их уникальным потребительским свойствам.

Льняные ткани обладают подвижной структурой – нити основы и утка способны сдви-

гаться, что приводит к нестабильности размеров и формы деталей одежды. Подвижность структуры определяет легкость деформирования тканей под действием внешних сил, прилагаемых в плоскости ткани. Оценка стабильности структуры тканей является актуальной, так как, с одной стороны, подвижность структуры позволяет минимальными конструктивными средствами получить прилегающий силуэт и модную пластичную форму, с другой стороны, может оказывать негативное влияние на процесс раскроя, вызывая перекосы и изменение линейных размеров деталей одежды.

Способность тканей к сдвигу нитей для оценки эксплуатационных свойств костюмных тканей реализована японской фирмой KAWABATA с помощью прибора KES-FB1 [3]. На предприятиях и в вузах России таких приборов нет, поэтому в Костромском государственном университете разработано автоматизированное устройство и успешно реализована методика определения способности тканей к сдвигу нитей [4], [5]. Для оцен-

ки стабильности структуры предложены показатели: коэффициент стабильности структуры $K_{Фс}$ и коэффициент потери внутренней энергии K_{Dc} , характеризующий добротность материала:

$$K_{Фс} = \frac{A_{Bc}}{A_c} \cdot 100, \%, \quad (1)$$

$$K_{Dc} = \frac{A_c - A_{Bc}}{A_c} \cdot 100, \%, \quad (2)$$

где A_c – работа, затраченная на сдвиг пробы до нарушения гладкости поверхности, мкДж; A_{Bc} – работа, затраченная на восстановление пробы после сдвига, мкДж.

Исследования дублированных пакетов одежды из льняных костюмных тканей (табл. 1) с современными термоклеевыми прокладочными материалами (ТКПМ) на разных видах основы (табл. 2) проводились на пробах, сформированных при рекомендуемых режимах дублирования: температура – 110...130 °С, давление – 0,2...0,3 МПа, время – 10...15 с.

Таблица 1

№ ткани	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м ²	Линейная плотность, текс		Количество нитей на 10 см	
			T _o	T _v	Π _o	Π _v
Чистольняные ткани						
1	Мелкоузорчатое (саржа 2/2)	186	50	60	165	147
2	Мелкоузорчатое (саржа 3/3)	179	50	60	164	140
3	Мелкоузорчатое (креп)	206	38×2	38×2	150	150
4	Полотняное	163	40	40	170	175
Льнохлопковые ткани						
5	Рогожка	200	25×2	56	160	160
6	Полотняное	178	25×2	56	160	160
7	Мелкоузорчатое (ромбовидная саржа)	214	25×2	56	160	160
8	Мелкоузорчатое (ломаная саржа)	200	25×2	56	160	160
9	Сатиновое	190	25×2	56	160	160

Таблица 2

Артикул ТКПМ	Поверхностная плотность, г/м ²	Основа ТКПМ			Вид клеевого покрытия	Число клеевых точек в 1 см ² , п
		вид основы	переплетение	волокнистый состав		
7331	50	тканая	мелкоузорчатое на базе саржи 2/2	ПЭ	СПА	83
3331	45	трикотажная	основовязаное с уточной нитью	ПЭ	СПА	91
C50	46	трикотажная	поперечно-вязаное	ПЭ	СПА	91

Для оценки эксплуатационных свойств дублированных пакетов одежды разработана интеллектуальная система, созданная на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [6], реализующая функции обучения ИНС с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки (Back Propagation). Интеллектуальная система обобщает экспериментальные результаты показателей коэффициентов стабильности структуры и потери внутренней энергии дублированных систем материалов. Новые результаты измерений позволяют уточнять модели прогнозирования.

Разработана компьютерная программа прогнозирования эксплуатационных свойств дублированных пакетов одежды, входными параметрами которой являются количество

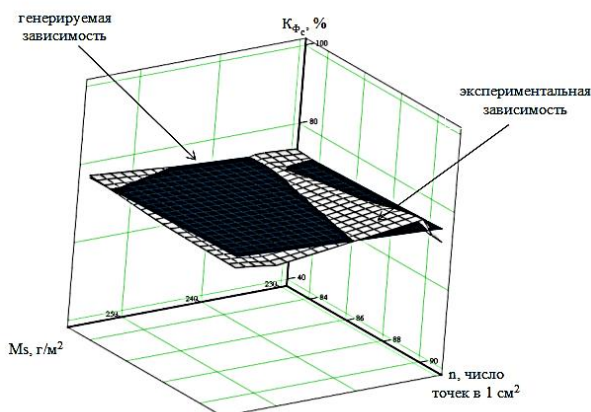


Рис. 1

Выбор прогнозируемого показателя $K_{Фс}$ или K_{Dc} определяется задачами эксперимента. Поверхность, отражающая коэффициенты стабильности структуры дублированных пакетов одежды, характеризует их способность к накоплению упругой энергии и восстановлению после деформирования. Чем ближе показатель коэффициента стабильности структуры к 100%, тем выше стабильность структуры дублированного пакета одежды. Поверхность, отражающая коэффициенты потери внутренней энергии, рекомендуется использовать для оценки характера изменений эксплуатационных свойств дублированных пакетов одежды. Малые значе-

клеевых точек ТКПМ (n) и поверхностная плотность систем материалов (M_s , $г/м^2$), определяемая суммой поверхностных плотностей костюмных тканей и ТКПМ.

ИНС аппроксимирует непрерывные поверхности зависимостей коэффициентов стабильности структуры (рис. 1 – экспериментальная и генерируемая ИНС прогнозирования коэффициента стабильности структуры при сдвиге) и потери внутренней энергии от количества клеевых точек и поверхностной плотности дублированных систем материалов (рис. 2 – экспериментальная и генерируемая ИНС прогнозирования коэффициента потери внутренней энергии при сдвиге), которые можно принять за реальные в области рабочих значений.

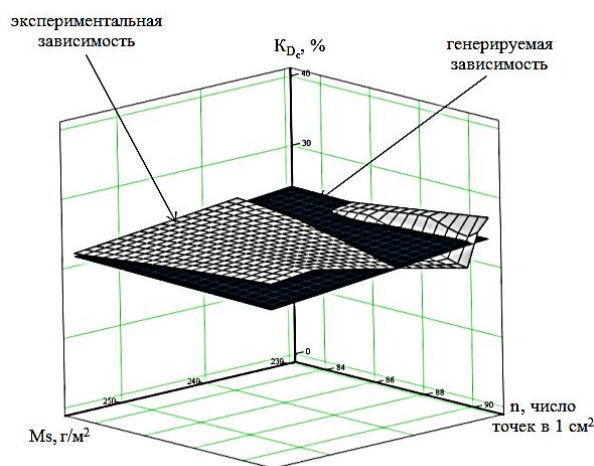


Рис. 2

ния коэффициента свидетельствуют о высоких эксплуатационных свойствах.

Проверка системы прогнозирования эксплуатационных свойств по дублированным пакетам льняных тканей, не вошедшим в обучающую выборку, показала, что ошибка прогнозирования не превышает 7%, что свидетельствует о целесообразности использования разработанной ИНС.

ВЫВОДЫ

1. Оценка эксплуатационных свойств дублированных пакетов одежды предложена по характеристикам стабильности структуры

при сдвиге – коэффициентам стабильности структуры и потери внутренней энергии.

2. Реализована оценка эксплуатационных свойств дублированных пакетов одежды по предложенным показателям с использованием интеллектуальной системы, построенной на базе искусственных нейронных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томилова М.В., Смирнова Н.А. Оценка стабильности структуры плетеных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 24...28.

2. Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Добрынина Н.Н., Полякова Н.П. Использование методики определения способности тканей к сдвигу нитей для оценки их технологичности // Дизайн и технологии. – 2015, № 48(90). С. 58...63.

3. Смирнова Н.А., Кузьмичев В.Е., Замышляева В.В., Лапшин В.В. Исследование отечественного прибора для определения свойств текстильных полотен при деформации сдвига // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №3. С. 93...97.

4. Пат. 2549497 Российская Федерация, МПК G 01N 33/36. Способ определения релаксационных свойств материалов при сдвиге / В.В. Лапшин, М.В. Томилова, Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева, Н.Н. Добрынина; заявитель и патентообладатель Костромской гос. технол. ун-т; опубл. 27.04.2015. Бюл. № 12.

5. Добрынина Н.Н., Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В. Автоматизированный метод и устройство для исследования показателей качества тканей при сдвиге нитей // Современные проблемы науки и образования. – 2014, № 6; URL: <http://science-education.ru/120-16521>

6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2004.

REFERENCES

1. Tomilova M.V., Smirnova N.A. Otsenka stabil'nosti struktury pletenykh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 4. S.24...28.

2. Zamyshlyayeva V.V., Smirnova N.A., Dobrynina N.N., Polyakova N.P. Ispol'zovanie metodiki opredeleniya sposobnosti tkaney k sdvigu nitey dlya otsenki ikh tekhnologichnosti // Dizayn i tekhnologii. – 2015, № 48(90). S. 58...63.

3. Smirnova N.A., Kuz'michev V.E., Zamyshlyayeva V.V., Lapshin V.V. Issledovanie otechestvennogo pribora dlya opredeleniya svoystv tekstil'nykh poloten pri deformatsii sdviga // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №3. S. 93...97.

4. Pat. 2549497 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G 01N 33/36. Sposob opredeleniya relaksatsionnykh svoystv materialov pri sdvige / V.V. Lapshin, M.V. Tomilova, N.A. Smirnova, V.V. Zamyshlyayeva, N.N. Dobrynina; zayavitel' i patentoobladatel' Kostromskoy gos. tekhnol. un-t; opubl. 27.04.2015. Byul. № 12.

5. Dobrynina N.N., Lapshin V.V., Smirnova N.A., Zamyshlyayeva V.V. Avtomatizirovannyy metod i ustroystvo dlya issledovaniya pokazateley kachestva tkaney pri sdvige nitey // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014, № 6; URL: <http://science-education.ru/120-16521>

6. Osovskiy S. Neyronnye seti dlya obrabotki informatsii. – М.: Finansy i statistika, 2004.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 25.11.16.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАСС
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ
В КАЧЕСТВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ДАТЧИКА**

**THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL
OF THE PROCESS FORMING LOOSE MASSES
USING DIGITAL VIDEO CAMERA AS A SMART SENSOR**

*М.Г. БАЛЫХИН, И.М. ДОННИК, И.Г. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ,
М.М. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ, З.В. МАКАРОВСКАЯ, М.В. ЖИРОВ*

*M.G. BALYKHIN, I.M. DONNIK, I.G. BLAGOVESCHENSKY,
M.M. BLAGOVESCHENSKAYA, Z.V. MAKAROVSKAYA, M.V. ZHIROV*

**(Московский государственный университет пищевых производств)
(Moscow State University of Food Productions)**

E-mail: babin@mgupp.ru; mmb@mgupp.ru; igbladov@mgupp.ru

В статье описывается разработанная система автоматического регулирования (САР) процесса формования сыпучих масс на базе использования в качестве интеллектуального датчика цифровой видеокамеры для прогнозирования структурно-механических характеристик готовых изделий. Необходимым условием для принятия управленческих решений являлась выработка корректирующих воздействий на основе использования методов математического моделирования, что предполагает внедрение методов оптимизации и интеллектуальных технологий.

The article describes the developed system of automatic control of the process of forming bulk solids based on the use of digital video camera as an intelligent sensor to predict the structural and mechanical characteristics of finished products. A necessary condition for making management decisions was the development of corrective actions based on the use of mathematical modeling methods, which involves the introduction of optimization methods and intelligent technologies.

Ключевые слова: система автоматического регулирования, процесс формования, сыпучие массы, цифровая видеокамера, интеллектуальный датчик.

Keywords: the system of automatic regulation of the molding process, granular mass, digital video camcorders, smart sensor.

Превращение дисперсных сыпучих масс в гранулы с заданными структурно-механическими свойствами может осуществляться различными способами. Известны принципиально различные способы связывания сыпучих материалов в агрегаты. Выбор способа и средств для уплотнения дисперсных сред зависит от структурно-механических свойств

исходного материала и требований к показателям качества конечного продукта.

Гранулирование прессованием – наиболее распространенный способ связывания сыпучих материалов, направленный на получение определенной структуры с помощью внешних механических воздействий. Для этой цели применяют формирующие, прокаты-

вающие и выдавливающие установки. Сущность процесса – объемное сжатие и сдвиг прессуемой смеси, в большинстве случаев ее пластификация и структурирование и затем формирование массы в гранулы. В технике применяют прессы периодического действия (штемпельные, рычажные, карусельные, гидравлические и др.) и непрерывного ротационного принципа (кольцевые, вальцовые).

Гранулирование выдавливанием может осуществляться двумя способами: влажным и сухим. При влажном гранулировании прессуемую массу с помощью дисперсионной среды вначале переводят в пастообразное пластифицированное состояние, а затем подвергают формованию и кристаллизации. Наибольшее распространение получил способ сухого гранулирования. После контроля по примесям рассыпная сыпучая масса подается в прессующую установку, где обрабатывается паром и посредством выдавливания смеси через отверстия матрицы формируется в гранулы, которые после охлаждения в специальной колонке и просеивания поступают в склад готовой продукции. Преимущества: наличие высокопроизводительного прессующего оборудования при относительно небольших расходах электроэнергии; кроме того, обработка паром способствует достижению требуемых санитарно-гигиенических показателей качества готовых изделий. Производство гранулированных изделий на предприятии ведется с использованием требуемых технологических операций и линий по приему и размещению сырья в хранилищах. Процесс выполняется по утвержденной технологической схеме завода. Количество технологических линий устанавливается в соответствии с требованиями на производство отдельных видов гранулированных изделий.

Актуальной задачей производства гранулированных изделий является получение готовой продукции заданного качества. Важнейшей операцией производства гранулированных изделий является процесс формования. В процессе формования определяют структурно-механические свойства гранулированных изделий, обуславливающие ход

технологического процесса и качество готовой продукции [1].

Решение этой проблемы тесно связано с широкой автоматизацией технологических процессов, внедрением новых интеллектуальных технологий, появлением необходимых средств контроля для реализации автоматизированных систем управления, проведением организационно-технических мероприятий, способствующих улучшению качества и увеличению ассортимента выпускаемых гранулированных продуктов [2]. Наши исследования были направлены на разработку автоматизированной информационно-измерительной системы для мониторинга структурно-механических свойств гранулированных изделий после формования.

Важную часть в области искусственного интеллекта занимают системы компьютерного зрения (СКЗ), основанные на использовании ЦВК [3...5]. На данном этапе развития СКЗ по праву могут считаться одними из самых передовых и перспективных. Существует масса методов для решения различных строго определенных задач компьютерного зрения, где методы часто зависят от конкретных задач и редко могут быть обобщены для широкого круга применения. Системы компьютерного зрения (СКЗ) – это применение компьютерного зрения для промышленности и производства. Компьютерное зрение имеет преимущества перед зрением человека. В связи с этим актуальным является развитие этого интеллектуального направления науки [6], [7]. При этом уже сейчас очевидно, что от успешного решения ряда сложных и неоднозначных задач компьютерного зрения зависит автоматизация множества процессов и операций самых различных отраслей промышленности, которые до этого управлялись и контролировались только человеком [8], [9]. Системы СКЗ позволяют решать множество задач, которые условно можно разделить на четыре группы (рис. 1 – основные задачи компьютерного зрения): распознавание положения, измерение, идентификация и инспекция.



Рис. 1

- Распознавание положения. Цель компьютерного зрения в данном применении – определение пространственного местоположения или статического положения объекта и передача информации о положении и ориентации объекта в систему управления или контроллер.

- Измерение. В приложениях данного типа основная задача цифровой видеокамеры заключается в измерении различных физических параметров объекта.

- Инспекция. В приложениях, связанных с инспекцией, цель компьютерного зрения – подтвердить определенные свойства, например, наличие или отсутствие этикетки на бутылке, болтов для проведения операции сборки, наличия в полном объеме шоколадных конфет в коробке или наличие различных дефектов в изделии.

- Идентификация. В задачах идентификации основное назначение видеокамеры – считывание различных кодов (штрих-кодов, 2D-кодов и т. п.) с целью их распознавания средствами камеры или системным контроллером, а также определение различных буквенно-цифровых обозначений. Кроме того, к задачам данной группы можно отнести системы, выполняющие задачи безопасности, такие как идентификация личности и техники, детекторы движения.

В СКЗ для решения перечисленных задач используются различные технологии и методы обработки изображения.

Хотя большинство СКЗ полагается на "черно-белые" камеры, использование цветных камер становится все более распространенным явлением. Кроме того, все чаще СКЗ используют цифровые камеры прямого подключения, а не камеры с отдельным захватчиком кадров, что сокращает расходы и упрощает систему. В большинстве практических

применений СКЗ компьютеры предварительно запрограммированы для решения отдельных задач, но методы, основанные на знаниях, становятся все более общими. В настоящее время СКЗ востребованы и используются в области контроля качества и инспекции качества различных изделий машиностроения, а также в горной, строительной и текстильной отраслях промышленности. Так, создание новых методов оценки качества текстильных материалов, в том числе и нетканых полотен, основанных на обработке изображений этих материалов, получило широкое распространение в результате бурного развития информационных технологий, ориентированных на обработку цифровых изображений [10]. Графическим методам обработки цифровых изображений текстильных изделий на полотне посвящена работа [11]. Совершенствование волоконно-оптических датчиков физических величин позволяет использовать их для приема изображений. Подобные датчики можно использовать для создания информационно-измерительных сетей для решения задач, где необходимо получение комплексных сведений об исследуемом объекте [12]. Преимущества волоконно-оптических датчиков: низкая стоимость, малые размеры, устойчивость к агрессивным средам окружающей среды, дистанционность использования, возможность агрегировать отдельные датчики в сложные измерительные системы.

Обзор и анализ полученной информации показали, что данное направление является актуальным, поэтому необходимо более широкое использование цифровой видеосъемки в САР различных технологических процессов [2].

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработаны теоретические основы обработки информации, поступающей от видеокамеры в САР [3], [4];

- проведен анализ возможности использования цифровой видеокамеры на примере формирования жгутов из различных сыпучих масс;

- проведен анализ использования ЦБК в качестве интеллектуального датчика для систем контроля, управления и регулирования;

- разработана параметрическая модель процесса формования жгутов из различных сыпучих масс;

- определены динамические характеристики процесса формования;

- разработана математическая модель движения жгута сыпучей массы после выхода из матричного отверстия [5];

- разработана математическая модель САР с использованием эталонного видеокadra в качестве задатчика в программной среде MATLAB ;

- в качестве параметра процесса формования жгутов предложено использовать величину удельной площади, определяемой при математической обработке видеокadra;

- разработаны алгоритмы программ для определения по изображениям видеокadров изменения структурно-механических свойств пищевых масс [6];

- разработаны критерии сравнения визуальных параметров, получаемых после обработки изображения видеокadra. Кроме точности определения визуального параметра, времени, необходимого для его расчета и времени запаздывания реакции на входное возмущение, предложен критерий визуальной устойчивости, отражающий чувствительность измеряемого параметра к случайным механическим сдвигам видеокамеры [7];

- произведена цифровая видеосъемка различных режимов работы формующей машины и после математической обработки видеозаписи определены передаточные функции при использовании в качестве регулируемых параметров таких выходных параметров, как изменение расстояния до точки касания жгута к транспортной ленте и изменение удельной площади;

- подтверждена эффективность использования величины удельной площади как при анализе производственного процесса формования, так и в качестве регулируемого параметра в САР процесса формования жгута из сыпучей массы. Именно удельная площадь оказалась наиболее чувствительным параметром, отражающим динамику процесса формования и обладающим минимальным запаздыванием;

- построены и проанализированы структурная и функциональная схемы системы

регулирования процесса формования жгутов с использованием цифровой видеокамеры;

- на основании решения уравнений динамики получена математическая модель движения жгута после выхода из матричного отверстия, в которой, помимо вязкости, учтено свойство ползучести, характерное для дисперсных сыпучих масс;

- показаны преобразования структурных схем, позволяющие совместить экспериментальные и теоретические передаточные функции в единую систему для моделирования САР процесса формования жгута;

- разработана в Simulink математическая модель САР процесса формования жгута, позволяющая исследовать переходные процессы, происходящие в системе регулирования, использующей цифровую видеокамеру в качестве интеллектуального датчика;

- разработан алгоритм принятия решений для формирования регулирующего воздействия при использовании цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика;

- разработана САР технологических процессов формования сыпучих материалов с использованием ЦБК в качестве интеллектуального датчика.

Сформулированы предложения для обеспечения широкого использования ЦБК в качестве интеллектуального датчика: возможность установки ЦБК необходимо предусматривать на стадии проектирования технологического оборудования; для получения изображений внутри герметичных объемов технологического оборудования необходима разработка миниатюрных устройств, включающих ЦБК и светодиоды для подсветки наблюдаемого объекта; для расширения области использования ЦБК необходимо проведение дальнейших прикладных научных исследований по изучению связи режимов обработки полученного полуфабриката с изменением его визуальных характеристик (цвет, форма и текстура поверхности); для использования ЦБК в качестве интеллектуального датчика необходимо решение проблемы метрологического обеспечения и сертификации измерительных комплексов "ЦБК – программное обеспечение".

Для получения из видеокadra информации о величине управляющего сигнала, подаваемого на исполнительное устройство, необходимо определить последовательность функционалов, преобразующих матрицу изображения видеокadra:

$$u(t) = \bar{\Phi}_n < \dots \left\{ \bar{\Phi}_3 \left[\bar{\Phi}_2 \left(\bar{\Phi}_1 \left[M_{ijn}(t) \right] \right) \right] \right\} >, \quad (1)$$

где Φ – векторный функционал, обеспечивающий одностороннее отображение множества (матрицы) M_a в другое множество (матрицу) M_b действительных чисел. Векторность функционала говорит о невозможности обратного однозначного отображения. Для решения задачи сведения трехмерной матрицы изображения к численному значению определяемого параметра необходимо найти последовательность $\Phi_1 \dots \Phi_n$ отображений.

Как и в любой САР, где применяются датчики уровня отслеживаемого параметра, так и в случае использования цифровой видеокамеры, в качестве интеллектуального датчика целесообразно использовать эталонный видеокادر в качестве задатчика. К эталонному и текущему видеокадрам должны применяться для обработки одни и те же последовательности функционалов, после чего производится вычитание полученных изображений для определения управляющего воздействия.

Разработана методика подготовки к цифровой видеосъемке и методика проведения экспериментальной видеосъемки процесса формования сыпучих масс в жгуты в производственных условиях. На основе этих методики и компьютерной программы, разработанных для оценки стабильности скорости записи цифровой видеокамеры с помощью монитора персонального компьютера, показано, что скорость видеосъемки (интервал времени между соседними кадрами) колеблется от кадра к кадру со средним периодом 0,2 с.

Разработана методика математической обработки видеопленок, снимаемых в процессе проведения эксперимента, а также алгоритмы обработки экспериментальных видеокadров с использованием в качестве функ-

ционалов, преобразующих матрицы изображений видеокadров, функций математических пакетов "Image Processing Toolbox (IPT)" и "Digital Image Processing Using MATLAB (DIPUM)" в среде программного комплекса MATLAB. При этом проиллюстрированы изменения, происходящие с изображением исходного видеокadra после применения соответствующих функций.

В качестве параметра процесса формования предложена величина удельной площади, равная $S_{уд} = S/(x_2 - x_1)$. На основе анализа процесса формования жгута под произвольным углом разработана параметрическая модель процесса формования жгутов (рис. 2). В общем случае входными параметрами являются: скорость выхода жгута из матричного отверстия v_m ; реологические свойства сыпучей массы (PCM); температура формуемой массы T_ϕ и скорость транспортной ленты $v_{тл}$. Эти параметры можно регулировать за счет изменения: скорости нагнетания сыпучей массы, введения других рецептурных компонентов в эту массу, температуры термостатирования камеры.

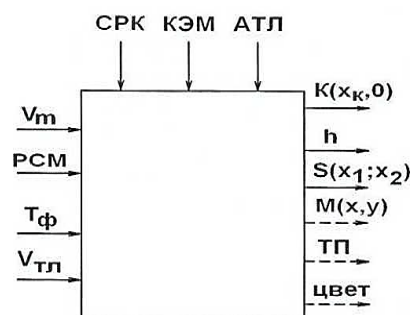


Рис. 2

Выявлено, что с учетом конструкции рабочего экструдера и условий проведения экспериментальной видеосъемки упрощается параметрическая схема, в которой изменяется состав входных и выходных параметров, а также влияющих случайных воздействий.

Обработаны и проанализированы экспериментальные данные переходных процессов, возникающих после резкого увеличения или снижения скорости нагнетания сыпучей массы. После обработки экспериментальной цифровой видеосъемки переходного процесса были определены передаточные функции:

$$W_k(s) = \frac{-10,8959 \exp(-0,4082s)}{s + 1,8147} \quad \text{и} \quad W_0(s) = \frac{-0,6259 \exp(-0,2501s)}{s + 0,6657}, \quad (2)$$

связывающие между собой, соответственно, изменение расстояния до точки касания и изменение удельной площади в зависимости от изменения скорости нагнетания комбикормовой массы (рис. 3). Из выражений

(2) видно, что время запаздывания меньше для удельной площади, поэтому этот параметр быстрее реагирует на изменение динамики процесса формования.



Рис. 3

Построена и проанализирована структурная схема системы регулирования процесса формования жгутов с использованием цифровой видекамеры. На ее основе построена и проанализирована функциональная схема системы автоматического регулирования с использованием цифровой видекамеры в

контуре управления. Показано, что эту систему управления с цифровой видекамерой можно отнести к классу известных дискретных систем управления с ЭВМ, теоретические основы которых уже используются в проектировании систем управления технологическими процессами.

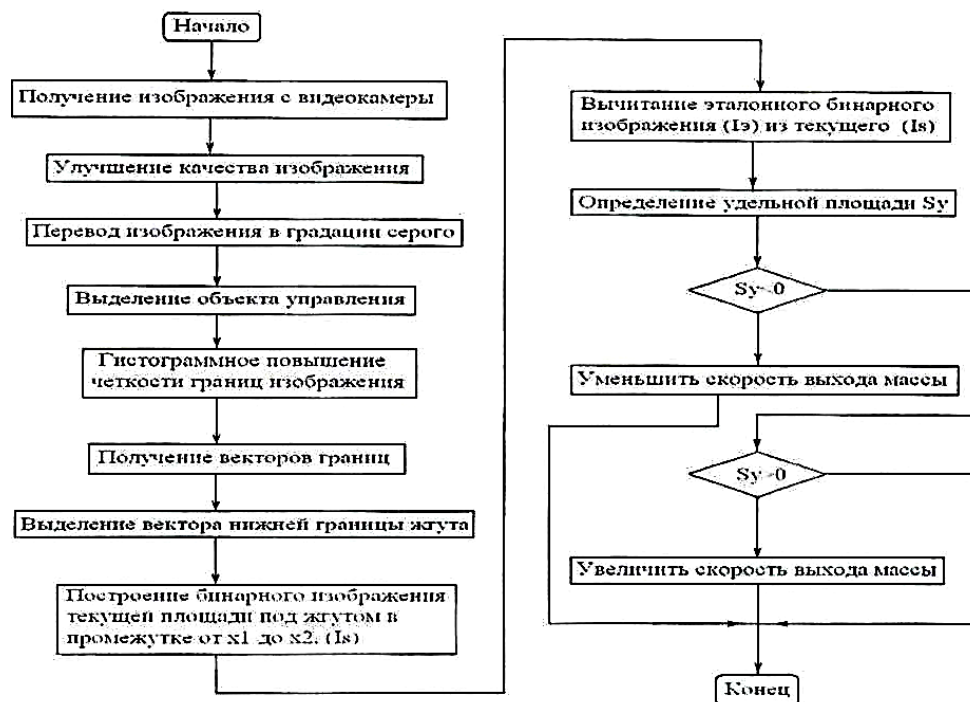


Рис. 4

На рис. 4 представлена разработанная блок-схема алгоритма управления, на основе которого интеллектуальная система принимает решение об изменении регулирующих воздействий.

Полученная в Simulink математическая модель САР процесса формования жгута (рис. 5) позволяет исследовать переходные процес-

сы, происходящие в системах регулирования процесса формования жгута, использующих цифровую видеокамеру в качестве интеллектуального датчика.

Использование ЦВК в различных отраслях промышленности имеет широкие перспективы и повышает уровень автоматизации и безопасности производства.

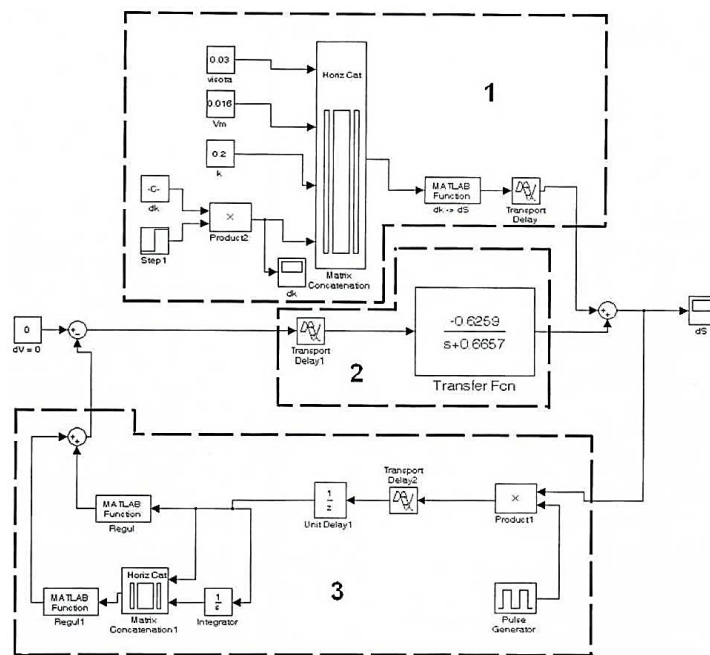


Рис. 5

ЛИТЕРАТУРА

1. Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии. – М.: Высшая школа, 2005.
2. Благовещенская М.М., Петров И.К. Комплексная оценка качества пищевых продуктов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1984, № 4. С.83...85.
3. Благовещенская М.М., Иванов Я.В. Вычитание изображений в программе MATLAB // Сб. докл. IV Междунар. конф.-выставки: Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации. – Часть 2. – М.: МГУПП, 2006. С.130...132.
4. Иванов Я.В., Благовещенская М.М. Использование цифровых видеокамер в системах автоматического управления технологическими процессами пищевых производств // Сб. мат. V юбилейной школы-конференции с международным участием: Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации. – М.: МГУПП, 2007. С.347...349.
5. Благовещенская М.М., Иванов Я.В. Математическое моделирование движения жгута пищевой массы после горизонтального прессования // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008, № 6. С. 164...166.

6. Благовещенская М.М., Иванов Я.В. Использование интеллектуального датчика в системе автоматического управления технологическими процессами. // Сб. докл. X Междунар. научн.-практ. конф.: Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве. – Часть 2. – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2008. С. 448...451.
7. Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Носенко С.М. Автоматизация контроля показателей качества и выявления брака продукции с использованием системы компьютерного зрения // Кондитерское производство. – 2016, №3.
8. Данилова М.А., Благовещенская М.М., Благовещенский И.Г. Автоматизированная система учета сыпучих пищевых продуктов // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2012, №6.
9. Благовещенская М.М., Семина Н.А., Благовещенский И.Г. Использование цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика системы автоматического регулирования процесса формования гранулированных комбикормов // Вестник Воронежского гос. ун-та инженерных технологий. – 2014, №2.

10. Благовещенская М.М., Давыдова Г.Р., Семина Н.А., Благовещенский И.Г. Использование интеллектуальных технологий для контроля качества творога // Вестник Воронежского гос. ун-та инженерных технологий. – 2014, №2.

11. Шкапов П.М., Благовещенский И.Г. Решение задач оптимального управления на основе гибридных методов глобальной оптимизации // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015, №4.

12. Благовещенский И.Г. Экспертная интеллектуальная система мониторинга процесса формования помадных конфет с использованием системы технического зрения // Пищевая промышленность. – 2015, №6.

REFERENCES

1. Blagoveshchenskaya M.M., Zlobin L.A. Sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami i informatsionnye tekhnologii. – M.: Vysshaya shkola, 2005.

2. Blagoveshchenskaya M.M., Petrov I.K. Kompleksnaya otsenka kachestva pishchevykh produktov // Izv. vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 1984, № 4. S.83...85.

3. Blagoveshchenskaya M.M., Ivanov Ya.V. Vychitanie izobrazheniy v programme MATLAB // Sb. dokl. IV Mezhdunar. konf.-vystavki: Vysokoeffektivnye pishchevye tekhnologii, metody i sredstva dlya ikh realizatsii. – Chast' 2. – M.: MGUPP, 2006. S.130...132.

4. Ivanov Ya.V., Blagoveshchenskaya M.M. Ispol'zovanie tsifrovyykh videokamer v sistemakh avtomaticheskogo upravleniya tekhnologicheskimi protsessami pishchevykh proizvodstv // Sb. mat. V yubileynoy shkoly-konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: Vysokoeffektivnye pishchevye tekhnologii, metody i sredstva dlya ikh realizatsii. – M.: MGUPP, 2007. S. 347...349.

5. Blagoveshchenskaya M.M., Ivanov Ya.V. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya zhguta pishchevoy massy posle gorizontalnogo pressovaniya // Zhurnal nauchnykh publikatsiy aspirantov i doktorantov. – 2008, № 6. S. 164...166.

6. Blagoveshchenskaya M.M., Ivanov Ya.V. Ispol'zovanie intellektual'nogo datchika v sisteme avtomaticheskogo upravleniya tekhnologicheskimi protsessami. // Sb. dokl. X Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve. – Chast' 2. – M.: GNU VIM Rossel'khozakademii, 2008. S. 448...451.

7. Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskaya M.M., Nosenko S.M. Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley kachestva i vyyavleniya braka produktii s ispol'zovaniem sistemy komp'yuternogo zreniya // Konditerskoe proizvodstvo. – 2016, №3.

8. Danilova M.A., Blagoveshchenskaya M.M., Blagoveshchenskiy I.G. Avtomatizirovannaya sistema ucheta sypuchikh pishchevykh produktov // Khranenie i pererabotka sel'skokhozyaystvennogo syr'ya. – 2012, №6.

9. Blagoveshchenskaya M.M., Semina N.A., Blagoveshchenskiy I.G. Ispol'zovanie tsifrovoy videokamery v kachestve intellektual'nogo datchika sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya protsessa formovaniya granulirovannykh kombikormov // Vestnik Voronezhskogo gos. un-ta inzhenernykh tekhnologiy. – 2014, №2.

10. Blagoveshchenskaya M.M., Davydova G.R., Semina N.A., Blagoveshchenskiy I.G. Ispol'zovanie intellektual'nykh tekhnologiy dlya kontrolya kachestva tvoroga // Vestnik Voronezhskogo gos. un-ta inzhenernykh tekhnologiy. – 2014, №2.

11. Shkapov P.M., Blagoveshchenskiy I.G. Reshenie zadach optimal'nogo upravleniya na osnove gibridnykh metodov global'noy optimizatsii // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. – 2015, №4.

12. Blagoveshchenskiy I.G. Ekspertnaya intellektual'naya sistema monitoringa protsessa formovaniya pomadnykh konfet s ispol'zovaniem sistemy tekhnicheskogo zreniya // Pishchevaya promyshlennost'. – 2015, №6.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами. Поступила 12.04.19.

УДК 621.9

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ
СЛОЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ
В ПРОЦЕССЕ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ**

**HYDRODYNAMIC STUDY
OF LAYER OF MUNICIPAL SOLID
WASTE IN THE PROCESSING**

А.А. КРАСНОВ, О.Б. КОЛИБАБА, А.И. СОКОЛЬСКИЙ, Д.А. ДОЛИНИН

A.A. KRASNOV, O.B. KOLIBABA, A.I. SOKOLSKY, D.A. DOLININ

**(Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский государственный энергетический университет)**

**(Ivanovo State Polytechnical University,
Ivanovo State Power University)**

E-mail: tevp@tvp.ispu.nj

На основе геометрического фрактала "губка Менгера" разработана математическая модель, позволяющая исследовать фильтрацию в слое ТО в процессе его переработки. Исследованиями подтверждена предпочтительность фрактальной модели, позволяющей корректно оценить влияние фильтрации на процесс термической переработки ТО в реакторе. Рекомендуется использование предложенной модели при проектировании термических реакторов для переработки многокомпонентных органических отходов.

On the basis of the fractal model "Menger sponge" a mathematical model has been developed that allows to investigate the filtration in the MSW layer during their processing. The model was validated by comparing the calculation results with the experimental data. The proposed approach to modeling makes it possible to increase the accuracy in assessing the hydraulic resistance of the MSW layer. Studies have confirmed the advantage of the fractal model, which allows to correctly evaluate the effect of filtration on the thermal processing of MSW in the reactor. It is recommended to use the proposed model for the design of thermal reactors for the processing of multi-component organic waste, including MSW.

Ключевые слова: твердые отходы, модель структуры слоя, гидродинамика, фрактал "губка Менгера", фильтрация, перепад давления.

Keywords: municipal solid waste, model of the layer structure, hydrodynamics, fractal "Menger sponge", filtration, pressure drop.

Как известно [1...3], текстильные отходы делятся на 4 группы. Отходы первой и второй групп могут быть переработаны внутри текстильного предприятия. Отходы третьей и четвертой групп чаще всего вывозятся на полигоны. Годовой объем текстильных отходов, вывозимых на полигоны, для России может составлять величину порядка 10...20 млн. тонн [4].

Текстильные отходы относятся к твердым отходам (ТО), содержащим большое количество горючей фракции, что создает предпосылки утилизации их вместе с твердыми коммунальными отходами энергоэффективными термическими методами, позволяющими получать тепловую и электрическую энергию.

Наиболее перспективным термическим методом ликвидации отходов является пиролиз в шахтных печах. Однако существенным недостатком всех пиролизных процессов, осуществляемых в шахтных печах, является неравномерное прохождение газов через отходы и плохая газопроницаемость слоя, что снижает эффективность процесса пиролиза в шахтных печах, так как сокращаются время и поверхность контакта газов с отходами.

Для выбора рациональных параметров процессов утилизации ТО в работе [5], посвященной моделированию тепло- и массообмена в процессе сушки слоя ТО в реакторе шахтного типа, предложено на базе современных пакетов прикладных программ использовать фрактальный подход, который позволяет унифицировать внутреннюю геометрию слоя ТО. В основу 3D-модели положена известная фрактальная структура – "губка Менгера" [6]. Недостатком предложенной геометрической модели является визуальное искажение структуры слоя ТО, обусловленное наличием центрального отверстия, соответствующего первому рангу разбиения "губки Менгера".

Если в тепловом отношении рассматриваемая модель является адекватной, что подтверждается представленными в работе результатами исследований, то в отношении

гидравлических характеристик ее адекватность не доказана. Вызывает сомнение то, что данный вариант внутренней геометрии слоя ТО будет достоверно описывать фактическое распределение скоростей в теле.

В связи с этим целью настоящего исследования является совершенствование геометрической модели слоя ТО и оценка ее адекватности с точки зрения гидравлического сопротивления.

Для достижения поставленной цели при построении геометрии предлагается отказаться от первого ранга разбиения "губки Менгера", заполнив при этом центральное отверстие структурой второго порядка. Построенная таким образом модифицированная фрактальная модель "трубки Менгера", реализованная в программном комплексе SolidWorks (рис. 1: а) – модуль со структурой второго порядка; б) – модель со структурой второго порядка в цилиндрической оболочке).

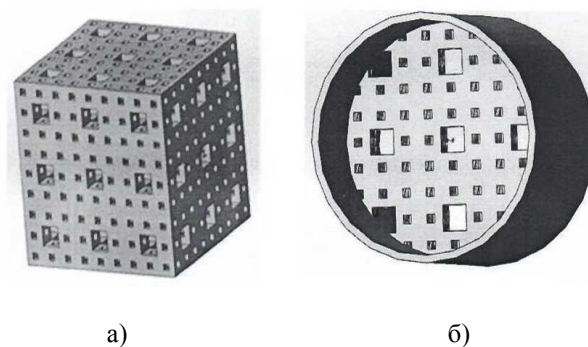


Рис. 1

В задачу данного исследования входило изучение возможности применения предложенной геометрической фрактальной модели структуры слоя ТО для решения задач гидродинамики, связанных с фильтрацией газа в плотном слое кускового материала (на примере твердых отходов).

Геометрическая модель слоя ТО, представляющего собой пористое тело, построенная на основе фрактала "губка Менгера" в среде SolidWorks, импортирована в ПК ANSYS для выполнения численного моделирования процесса фильтрации. С целью максимального приближения к реальным

условиям (конструктивному оформлению шахтной печи) геометрическая модель была заключена в цилиндрическую оболочку (рис. 1-б).

Поскольку в рамках данного исследования проводили только газодинамические расчеты без исследования теплообмена, то в вычислениях использовали только геометрию Fluid, представляющую поток газа. Задача решена численно в конечно-элементном пакете ANSYS.

Математическая постановка задачи представлена системой дифференциальных уравнений неразрывности и Эйлера:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial x} = -\frac{\partial p}{\partial \tau} \quad \text{и} \quad v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial \tau} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x},$$

с учетом краевых условий:

$$v(x,0) = 0; \quad v(0,\tau) = v_1; \quad 0 < x < R;$$

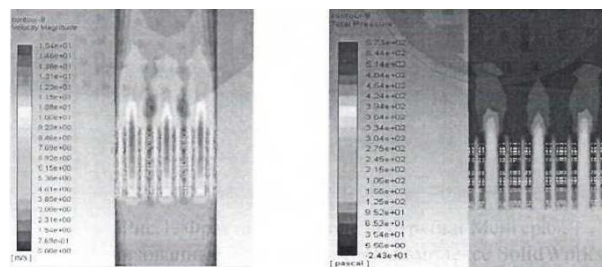
$$v(R,\tau) = v_2; \quad 0 < x < R,$$

где ρ – плотность флюида, кг/м³; v – скорость флюида, м/с; p – давление флюида, Па; R – высота слоя ТО, м; τ – время, с.

Задача решалась в стационарной постановке. Поскольку скорости движения газа невелики по отношению к скорости звука, использовали тип решателя – Pressure Based. По

этой же причине были заданы постоянные плотность и динамическая вязкость [7], [8]. В качестве рабочей среды был выбран воздух. В качестве граничных условий задавались скорость, гидравлический диаметр и интенсивность турбулентности.

В результате расчетов получены поля скоростей (рис. 2-а) и давлений (рис. 2-б) флюида в процессе фильтрации в геометрической структуре "губка Менгера".



а) б)

Рис. 2

Верификация предлагаемой модели произведена посредством сопоставления результатов расчета с экспериментальными данными. Экспериментальное изучение процесса фильтрации воздуха в слое влажных ТО проводили на лабораторной установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 3-а.

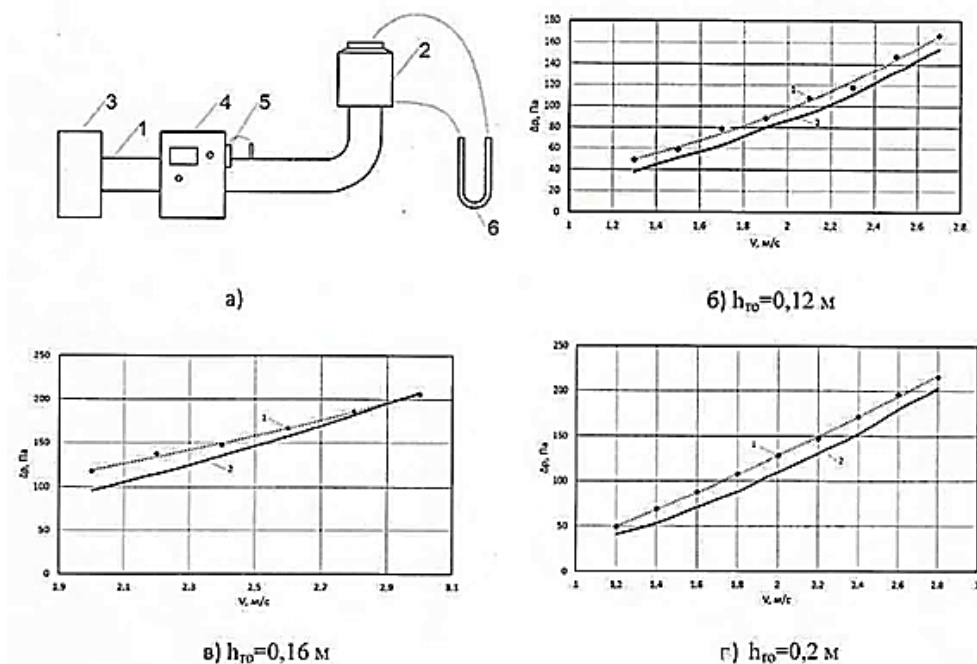


Рис. 3

Экспериментальная установка состояла из участка трубы 1, соединенного с камерой 2, в которой установлена металлическая сетка для удержания засыпаемых в камеру твердых отходов. Движение воздуха осуществлялось при помощи вентилятора 3. Скорость воздушного потока регулировалась блоком управления 4 с экраном для вывода информации. Для определения перепада давления в слое ТО использовался U-образный манометр 6.

Результаты эксперимента, полученные с погрешностью не более 3% на образце слоя ТО высотой 0,16 м, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

м, кг	0,38					
Н, м	0,16					
V, м/с	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Δр, Па	117	137	147	166	186	206

Аналогичные данные получены для образцов высотой 0,12 и 0,2 м.

Построена графическая интерпретация расчетных и экспериментальных данных о потерях давления в зависимости от скорости воздуха, полученных для образцов ТО высотой 0,12 м (рис. 3-б); 0,16 м (рис. 3-в) и 0,2 м (рис. 3-г). Цифрой 1 на графиках обозначены экспериментальные данные, цифрой 2 – результаты моделирования. Средние погрешности при сопоставлении результатов расчета с опытными данными составили: при высоте слоя ТО 0,12 м – 12,6%; при высоте слоя ТО 0,16 м – 8,6%; при высоте слоя 0,20 м – 12,5%.

Анализируя результаты, приведенные на рис.2, 3, можно сделать вывод, что гидравлическое сопротивление рассматриваемой модифицированной фрактальной структуры идентично сопротивлению реальной структуры слоя ТО и, следовательно, замена реального пористого тела предложенной моделью достаточно корректна.

Для подтверждения предпочтительности предлагаемой модифицированной фрактальной модели структуры слоя ТО были проведены аналогичные расчеты с использованием классической модели "губка Менгера" (рис. 1-а), предложенной в работе [5].

Дополнительно был проведен расчет процесса фильтрации на основе известной ка-

пиллярной модели пористого тела. Цилиндрическая капиллярная модель пористого тела (слоя ТО), построенная в среде Solid-Works, приведена на рис. 4-а.

На рис. 4-б представлена графическая интерпретация результатов расчетов, полученных с использованием капиллярной, двухфрактальных моделей и результатов эксперимента для слоя ТО высотой 0,16 м.

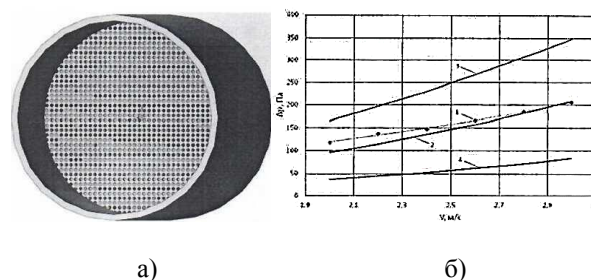


Рис. 4

Обозначения на графиках: 1 – эксперимент; 2 – расчет на модифицированной фрактальной модели; 3 – расчет на капиллярной модели; 4 – расчет на классической фрактальной модели "губка Менгера".

Из анализа результатов, представленных на рис. 4, видно, что кривые, полученные моделированием, имеют сходный характер. Однако более точное совпадение с результатами эксперимента обеспечивает модифицированная фрактальная модель.

Средняя относительная погрешность определения перепада давления составляет:

- 64 % при использовании классической фрактальной модели "губка Менгера";
- 8,6 % при использовании модифицированной фрактальной модели;
- 36% при использовании капиллярной модели.

Таким образом, предложенная в работе модифицированная геометрическая модель слоя ТО позволяет повысить точность расчета гидравлического сопротивления по сравнению с предложенной ранее фрактальной моделью [5].

В Ы В О Д Ы

1. Экспериментально доказана возможность использования модернизированной фрактальной геометрии при моделировании по-

ликомпонентной полидисперсной структуры, например слоя ТО.

2. На основе предложенной геометрической модели разработана математическая модель, позволяющая исследовать влияние фильтрации в слое твердых отходов на процесс их переработки.

3. Применение предложенной модели позволяет значительно повысить точность определения гидравлического сопротивления слоя ТО.

4. Получены экспериментальные данные по перепадам давления в слое ТО в зависимости от скорости флюида и высоты слоя.

5. Адекватность математической модели подтверждена экспериментальными данными. Средняя относительная погрешность не превышает 10%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобович Б.Б., Десяткин В.В.* Переработка отходов производства и потребления / Под ред. докт. техн. наук, проф. Б.Б. Бобовича. – М.: "Интернет Инжиниринг", 2000.

2. *Коган А.Г., Вербицкая Ю.П., Карпеня А.М.* Технология получения новых видов материалов с использованием отходов. – Витебск: ВГТУ, 2012.

3. *Гаев В.В.* Классификация текстильных отходов: [Электронный ресурс] // Waste.ru: отраслевой портал. URL: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=305%D1%8D>. (Дата обращения: 19.04.2018).

4. Переработка ТБО в США: [Электронный ресурс] // cleandex.ru: Центр маркетинговой компетенции в области чистых технологий маркетинговой группы "Текарт". URL: [http://www.cleandex.ru/articles/2011/03/02/recycling of solid waste in the us](http://www.cleandex.ru/articles/2011/03/02/recycling%20of%20solid%20waste%20in%20the%20us). (Дата обращения: 19.04.2018).

5. *Колібабa O.Б., Габитов P.Н., Скворцов И.А., Муратова Т.В.* Фрактальная модель слоя твердых бытовых отходов при его переработке в термическом реакторе // Вестник ИГЭУ. – 2015, №5. С.32...37.

6. *Смирнов Б.М.* Физика фрактальных кластеров. – М.: Наука, 1991.

7. *Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А.* Аппараты со стационарным зернистым слоем. Гидравлические и тепловые основы работы. – Л.: Химия, 1979.

8. *Кравченко В.М., Лугова А.О.* Гидродинамика плотного слоя картофеля в процессе сушки перегретым паром // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014, №2. С. 39...44.

REFERENCES

1. Bobovich B.B., Devyatkin V.V. Pererabotka otkhodov proizvodstva i potrebleniya / Pod red. dokt. tekhn. nauk, prof. B.B. Bobovicha. – M.: "Internet Inzhiniring", 2000.

2. Kogan A.G., Verbitskaya Yu.P., Karpenya A.M. Tekhnologiya polucheniya novykh vidov materialov s ispol'zovaniem otkhodov. – Vitebsk: VGTU, 2012.

3. Gaev V.V. Klassifikatsiya tekstil'nykh otkhodov: [Elektronnyy resurs] // Waste.ru: otraslevoy portal. URL: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=305%D1%8D>. (Data obrashcheniya: 19.04.2018).

4. Pererabotka TBO v SShA: [Elektronnyy resurs] // cleandex.ru: Tsentr marketingovoy kompetentsii v oblasti chistyykh tekhnologiy marketingovoy gruppy "Tekart". URL: [http://www.cleandex.ru/articles/2011/03/02/recycling of solid waste in the us](http://www.cleandex.ru/articles/2011/03/02/recycling%20of%20solid%20waste%20in%20the%20us). (Data obrashcheniya: 19.04.2018).

5. Kolibaba O.B., Gabitov R.N., Skvortsov I.A., Muratova T.V. Fraktal'naya model' sloya tverdykh bytovykh otkhodov pri ego pererabotke v termicheskom reaktore // Vestnik IGEU. – 2015, №5. S.32...37.

6. Smirnov B.M. Fizika fraktal'nykh klasterov. – M.: Nauka, 1991.

7. Aerov M.E., Todes O.M., Narinskiy D.A. Apparaty so statsionarnym zernistym sloem. Gidravlicheskie i teplovye osnovy raboty. – L.: Khimiya, 1979.

8. Kravchenko V.M., Lutova A.O. Gidrodinamika plotnogo sloya kartofelya v protsesse sushki peregretym parom // Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. – 2014, №2. S. 39...44.

Рекомендована кафедрой строительной механики ИВГПУ. Поступила 01.04.19.

**АППРОКСИМАЦИЯ ИЗОТЕРМ
СОРБЦИИ ХЛОПКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
РАЗЛИЧНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ**

**APPROXIMATION OF SORPTION ISOTHERMS
OF COTTON MATERIALS BY DIFFERENT EQUATIONS**

М.К. КОШЕЛЕВА, О.Р. ДОРНЯК, М.С. АПАЛЬКОВА, Т.А. НОВИКОВА

M.K. KOSHELEVA, O.R. DORNYAK, M.S. APALKOVA, T.A. NOVIKOVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова)

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov)

E-mail: oxtpaxt@yandex.ru

Рассмотрены возможности описания сорбционных свойств хлопкового волокна, суровых и мерсеризованных хлопчатобумажных тканей (легких, тяжелых и средней плотности) различными уравнениями. Показано, что для аппроксимации изотерм сорбции хлопкового волокна и хлопчатобумажных тканей целесообразно использовать уравнение Цимерманиса для капиллярно-пористых материалов.

The possibilities to describe the sorption properties of cotton fiber, harsh and mercerized cotton fabrics (light, heavy and medium density) by different equations were researched. It is shown that for the approximation of the sorption isotherms of cotton fiber and cotton fabrics should be used Tsimermanis' equation for capillary-porous materials.

Ключевые слова: хлопковое волокно, хлопчатобумажные ткани, изотермы сорбции, аппроксимация.

Keywords: cotton fiber, cotton fabrics, sorption isotherms, approximation.

Аналитические выражения изотерм сорбции паров воды текстильными материалами необходимы для формирования и анализа математических моделей процессов тепло- и массопереноса в тканях при их термовлажностной обработке (в отделочном производстве это процессы сушки, крашения, печати, экстрагирования технологических загрязнений из тканей) [1...8].

Рассмотрены возможности описания сорбционных свойств хлопкового волокна и хлопчатобумажных тканей на основе ряда уравнений, часть из которых имеет термодинамическое обоснование (уравнения Корнюхина, Цимерманиса).

Уравнение Гендерсона [1]:

$$u = \left[-\frac{a}{T} \ln(1 - \varphi) \right]^b. \quad (1)$$

Здесь a , b – эмпирические константы.
Уравнение Корнюхина [2]:

$$u = \frac{2\rho\gamma}{v - \sqrt{v^2 - 4\rho\gamma \left(\frac{\zeta}{\rho RT^2} - \ln \varphi \right) \exp \left(-\frac{\alpha}{T} \right)}}. \quad (2)$$

Уравнение Харриса:

$$u = \frac{1}{a + b\phi^c}, \quad (3)$$

где a, b, c – эмпирические константы.

Уравнение Цимерманиса (I) для капиллярно-пористых материалов [3]:

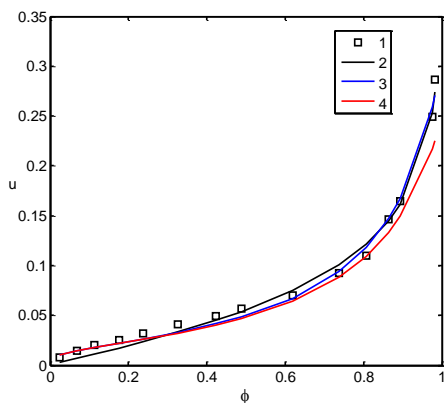
$$u = u_{\text{МГ}} \phi^{a_0 k^\phi}, \quad (4)$$

где a_0 и k – безразмерные постоянные, называемые соответственно структурной активностью капиллярно-пористого материала и коэффициентом приращения активности связи; $u_{\text{МГ}}$ – максимальное гигроскопическое влагосодержание.

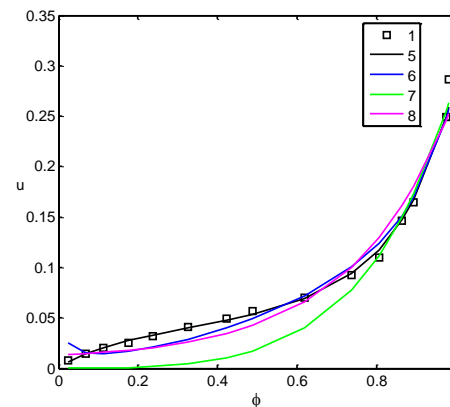
Уравнение Цимерманиса (II) для коллоидных капиллярно-пористых материалов [3]:

$$u = u_{\text{МГ}} \phi^a, \quad a = a_{\text{МГ}} \phi^d, \quad d = d_0 m_a^\phi, \quad (5)$$

где $a_{\text{МГ}}$ – максимальная гигроскопическая активность связи при $\phi=1$ и $u = u_{\text{МГ}}$; d_0 – структурная коллоидная активность; m_a – коэффициент приращения коллоидной активности.



а)



б)

Рис. 1

На рис. 1-а, б представлена экспериментальная изотерма сорбции паров воды хлопковым волокном (1) при $t=22,5^\circ\text{C}$ и результаты ее аппроксимации: а) с помощью уравнений Гендерсона – 2, Корнюхина – 3, Харриса – 4; б) Цимерманиса (I) – 5, Цимерманиса (II) – 6, Горобцовой – 7, в виде экспоненты – 8.

Уравнение Горобцовой [4]:

$$\left(\frac{u}{u_{\text{МГ}}}\right)^n = \frac{\phi}{\phi + C(1-\phi)} = \frac{1}{1 + C_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 \frac{1-\phi^2}{\phi}}. \quad (6)$$

Здесь $C=(u_{0,5}/u_{\text{МГ}})^{n-1}$; $u_{0,5}$ – влагосодержание материала при $\phi=0,5$; $u_{\text{МГ}}$ – влагосодержание материала при $\phi=1$; n – показатель степени, выражающий толщину слоя поглощенного вещества в молекулах. Как правило, n – целое число, но если на поверхности сорбента имеются участки различной степени активности, тогда n может не быть целым числом. Из уравнения Н.Е. Горобцовой следуют как частные случаи основные виды изотерм: А.В. Лыкова ($n=1$), Б.А. Поснова ($n=1, \phi>0,5$), Фрейндлиха ($C=1$), Ленгюра ($n=1, C\ll 1$).

Уравнение с экспоненциальной зависимостью:

$$u = a \exp(-b\phi) + c,$$

где a, b, c – эмпирические константы.

Расчеты показали, что наибольшую точность аппроксимации кривой адсорбции водяного пара хлопковым волокном дает модель Цимерманиса (I) для капиллярно-пористых материалов. Найденные значения коэффициентов модели для изучаемых материалов приведены в табл. 1.

Вид материала	Поверхностная плотность ρ , г/м ²	u_{mg}	a	k_0
Хлопковое волокно	1,520	0,3077	0,9648	6,921
Суровые хлопчатобумажные ткани				
молескин	347	0,1413	0,7806	3,342
двунитка	340	0,1478	0,9346	1,797
полудвунитка	280	0,1528	0,8662	3,135
бязь	145	0,1582	0,7258	4,901
сатин	128	0,1314	0,8744	1,963
миткаль	101	0,1718	0,7132	5,726
Мерсеризованные хлопчатобумажные ткани				
спецодежда	482	0,1826	0,7684	4,912
молескин	347	0,1301	0,8322	2,046
двунитка	340	0,1896	0,802	5,064
полудвунитка	280	0,1813	0,7811	4,899
бязь	145	0,1519	0,9815	2,731
сатин	128	0,1332	0,8185	2,19
миткаль	101	0,1224	0,8265	2,038

Согласно расчетам данная модель имеет наименьшую погрешность аппроксимации, по сравнению с остальными рассмотренными уравнениями, и может быть использована

на при определении значения равновесного влагосодержания для широкого круга текстильных материалов во всем диапазоне изменения относительной влажности воздуха.

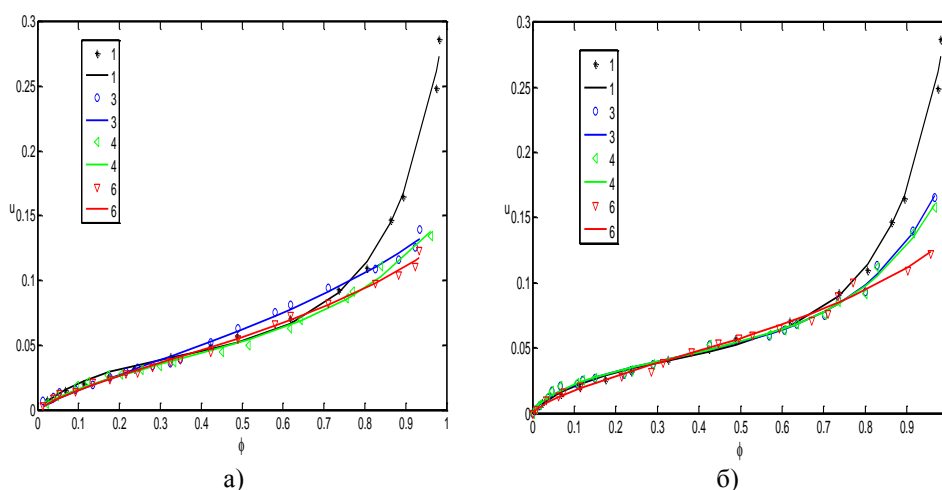


Рис. 2

Экспериментальные изотермы сорбции получены на установке с весами Мак-Бена-Бакра. Графики, представленные на рис. 2, показывают, что модель Цимерманиса (I) может быть использована не только для хлопкового волокна, но также для описания сорбционных зависимостей хлопчатобумажных тканей. На рис. 2 представлены экспериментальные и расчетные зависимости равновесного влагосодержания u (кг/кг) от относительной влажности воздуха ϕ для образцов: а) хлопкового волокна – 1; хлопчатобумаж-

ной ткани двунитка суровая, $\rho=340$ г/м² – 3; хлопчатобумажной ткани полудвунитка суровая, $\rho=280$ г/м² – 4; хлопчатобумажной ткани сатин суровый, $\rho=128$ г/м² – 6. Маркером отмечены данные эксперимента, непрерывные кривые – расчетные по формуле Цимерманиса; б) хлопкового волокна – 1; хлопчатобумажной ткани двунитка мерсеризованная, $\rho=340$ г/м² – 3; хлопчатобумажной ткани полудвунитка мерсеризованная, $\rho=280$ г/м² – 4; хлопчатобумажной ткани сатин мерсеризованный, $\rho=128$ г/м² – 6. Маркером от-

мечены данные эксперимента, непрерывные кривые – расчетные по формуле Цимерманиса.

Для удобства анализа на каждом графике показана сорбционная зависимость для хлопкового волокна. Из графиков видно, что в диапазоне изменения ϕ от 0 до $\sim 0,7$ равновесное влагосодержание рассмотренного ассортимента тканей, как суровых, так и мерсеризованных, практически не отличается

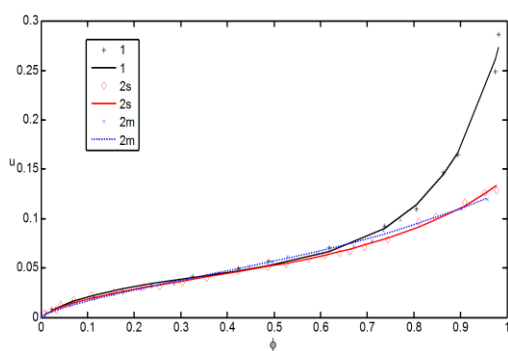
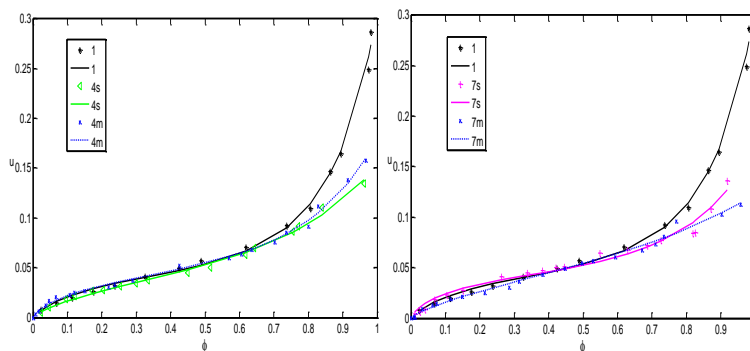


Рис. 3

На рис. 3 (экспериментальные и расчетные зависимости равновесного влагосодержания u (кг/кг) от относительной влажности воздуха ϕ для образцов: хлопкового волокна – 1; хлопчатобумажной ткани молескин суровый, $\rho = 347 \text{ г/м}^2$ – 2s; хлопчатобумажной ткани молескин мерсеризованный, $\rho = 347 \text{ г/м}^2$ – 2m. Значками отмечены данные эксперимента, непрерывные кривые – расчетные по формуле Цимерманиса) и рис. 4 (экспериментальные и расчетные зависимости равновесного влагосодержания u (кг/кг) от относительной влажности воздуха ϕ для образцов: а) хлопкового волокна – 1; хлопчатобумажной ткани полудвунитка суровая, $\rho = 280 \text{ г/м}^2$ – 4s; хлопчатобумажной ткани полудвунитка мерсеризованная, $\rho = 280 \text{ г/м}^2$ – 4m. Значками отмечены данные эксперимента, непрерывные кривые – расчетные по формуле Цимерманиса; б) хлопкового волокна – 1; хлопчатобумажной ткани миткаль суровый, $\rho = 101 \text{ г/м}^2$ – 7s; хлопчатобумажной ткани миткаль мерсеризованный, $\rho = 101 \text{ г/м}^2$ – 7m. Значками отмечены данные эксперимента, непрерывные кривые – расчетные по формуле Цимерманиса) показаны изотермы сорбции для

от равновесного влагосодержания хлопкового волокна. При $\phi > 0,7$ имеет место существенное различие в сорбционных возможностях хлопкового волокна и хлопчатобумажных тканей. Ткани имеют более низкую сорбционную емкость по сравнению с исходным волокном, причем чем ниже плотность ткани (и суровой и мерсеризованной), тем меньше ее максимальное гигроскопическое влагосодержание.



а)

Рис 4

б)

образцов хлопкового волокна и различных видов тканей: высокой плотности – молескин, средней плотности – полудвунитка, низкой плотности (легких) – миткаль, отличающихся только различной предварительной обработкой (ткань суровая и мерсеризованная).

Помимо закономерности, отмеченной выше, графики на рис. 3 и 4 показывают, что влияние обработки (мерсеризация) сказывается на сорбционных свойствах ткани только при высоких значениях относительной влажности воздуха, причем данная тенденция наиболее выражена для образцов с низкой плотностью (миткаль) и практически незаметна для плотных тканей (молескин). Это подтверждает, что основополагающее влияние на сорбционные свойства тканей оказывает исходное волокно [5...7].

В Ы В О Д Ы

1. Изотермы сорбции хлопчатобумажных тканей и хлопкового волокна принадлежат к одному типу. Сорбционные свойства тканей в основном определяются сорбционными

свойствами исходного волокна. Количественный характер изменения равновесного влагосодержания с изменением упругости водяного пара для широкого ассортимента суровых и мерсеризованных тканей практически не отличается от подобной зависимости для их основы – хлопкового волокна при относительной влажности воздуха $\varphi < 0,7$.

2. Уравнение изотермы сорбции Цимерманиса для капиллярно-пористых материалов имеет наилучшую точность аппроксимации для хлопкового волокна и хлопчатобумажных тканей, как суровых, так и мерсеризованных. Данное уравнение целесообразно использовать в расчетах тепло- и массопереноса при термовлажностной обработке тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Henderson, S.M.* A Basic Concept of Equilibrium Moisture // *Agr. Eng.* – Vol. 33, 1952. P. 29...33.
2. *Корнюхин И.П. и др.* Уравнения сорбционно-равновесия текстильных материалов в широком диапазоне изменения температуры и влажности воздуха // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2000, №6. С. 84...90
3. *Цимерманис Л.Х.Б.* Сорбция, структурообразование, массоперенос (термодинамика влажного тела). – М.: "Алекс", 2006.
4. *Горобцова Н.Е.* Метод описания и расчета изотерм сорбции-десорбции, общий для различных материалов // *Мат. VI Всесоюз. конф. по теплообмену: Теплообмен-VI / ИТМО им. А.В.Лыкова АН БССР.* – Минск, 1980. С. 60...63.
5. *Косхелева М.К., Дорняк О.Р., Новикова Т.А.* Исследование сорбционных свойств хлопчатобумажных тканей в технологических операциях отделки // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2016, № 3. С. 242...246.
6. *Kosheleva, M.K., Shchegolev A.A., Reutsky V.A.* Study and Engineering Calculation of the Washing-Off of Knitted Fabrics // *Izv. vuzov. Textile Industry Technology.* – 2004, №6. P.116...118.
7. *Косхелева М.К., Дорняк О.Р.* Анализ сорбционно-структурных характеристик нетканого материала и аппроксимация изотерм сорбции различными уравнениями // *Сб. научн. тр. VI Междунар. научн.-технич. симпозиума: Современные задачи инженерных наук.* – 2017, С. 68...71.

8. *Kosheleva M.K., Dornyak O.R., Apalkova M.S.* Mathematical model of drying of woven materials // In the book: Innovations in drying: bridging the gap between academia and industry The 6th edition, EuroDrying'2017 will be held in Liege. University of Liege, Free University of Brussels, with the support of the Dutch Working Group on Drying (NWGD). – 2017. С. 117...119.

REFERENCES

1. *Henderson, S.M.* A Basic Concept of Equilibrium Moisture // *Agr. Eng.* – Vol. 33, 1952. P. 29...33.
2. *Kornyukhin I.P. i dr.* Uravneniya sorbtzionnogo ravnovesiya tekstil'nykh materialov v shirokom diapazone izmeneniya temperatury i vlazhnosti vozdukha // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2000, №6. S. 84...90
3. *Tsimermanis L.Kh.B.* Sorbtsiya, strukturoobrazovanie, massoperenos (termodinamika vlazhnogo tela). – М.: "Aleks", 2006.
4. *Gorobtsova N.E.* Metod opisaniya i rascheta izoterm sorbtsii-desorbtsii, obshchiy dlya razlichnykh materialov // *Mat. VI Vsesoyuzn. konf. po teplomassoobmenu: Teplomassoobmen-VI / ITMO im. A.V.Lykova AN BSSR.* – Minsk, 1980. S. 60...63.
5. *Kosheleva M.K., Dornyak O.R., Novikova T.A.* Issledovanie sorbtzionnykh svoystv khlopchatobumazhnykh tkaney v tekhnologicheskikh operatsiyakh otdelki // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2016, № 3. S. 242...246.
6. *Kosheleva, M.K., Shchegolev A.A., Reutsky V.A.* Study and Engineering Calculation of the Washing-Off of Knitted Fabrics // *Izv. vuzov. Textile Industry Technology.* – 2004, №6. S.116...118.
7. *Kosheleva M.K., Dornyak O.R.* Analiz sorbtsionno-strukturnykh kharakteristik netkanogo materiala i approksimatsiya izoterm sorbtsii razlichnymi uravneniyami // *Sb. nauchn. tr. VI Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. cimpoziuma: Sovremennyye zadachi inzhenernykh nauk.* – 2017, S. 68...71.
8. *Kosheleva M.K., Dornyak O.R., Apalkova M.S.* Mathematical model of drying of woven materials // In the book: Innovations in drying: bridging the gap between academia and industry The 6th edition, EuroDrying'2017 will be held in Liege. University of Liege, Free University of Brussels, with the support of the Dutch Working Group on Drying (NWGD). – 2017. S.117...119.

Рекомендована кафедрой промышленной экологии и безопасности РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 05.02.19.

**ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО**

**FEATURES OF HEAT AND MASS-EXCHANGE PROCESSES
IN THE OPERATION OF THE FIRE FIGHTING CLOTHING**

*Д.В. СОРОКИН, А.Л. НИКИФОРОВ, С.Н. УЛЬЕВА, О.Г. ЦИРКИНА,
И.Ю. ШАРАБАНОВА, В.Е. РУМЯНЦЕВА*

*D.V. SOROKIN, A.L. NIKIFOROV, S.N. ULIEVA, O.G. TSIRKINA,
I.YU. SHARABANOVA, V.E. RUMYANTSEVA*

**(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Ивановский государственный политехнический университет)**

**(Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Ivanovo State Polytechnical University)**

E-mail: element_37@mail.ru; anikiforoff@list.ru; jivotyagina@mail.ru; ogtssirkina@mail.ru; varrym@gmail.com

В статье освещены вопросы теплообмена в системе "Человек - БОП - Окружающая среда" при разных температурных режимах окружающей среды. Приведены основные причины снижения теплозащитных свойств боевой одежды пожарного. Представлены результаты исследования контроля распределения температур в подкостюмном пространстве боевой одежды пожарного в условиях работы у очага пожара. Установлена зависимость влияния температурно-влажностного режима подкостюмного пространства боевой одежды пожарного на снижение ее теплозащитных свойств.

The article highlights the issues of heat and mass transfer in the system "Man - Fire fighting clothing - Environment" under different temperature conditions of the environment. The main reasons for reducing the heat-shielding properties of fire fighting clothing are given. The results of the study of the control of temperature distribution in the undersuit space of fire fighting clothing in the conditions of work at the fire center are presented. The dependence of the influence of the temperature and humidity conditions of the subtil space of the fire fighting clothing on the reduction of its heat-shielding properties is established.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, пакет материалов, температурно-влажностный режим, температура, тепловой поток, теплообмен.

Keywords: fire fighting clothing, package of materials, temperature and humidity conditions, temperature, heat flow, heat and mass transfer.

При работе на пожаре сотрудники пожарно-спасательных подразделений сталкиваются с воздействием на них опасных факторов пожара, в результате чего возникает риск для их жизни и здоровья. Основной причиной гибели и травмирования пожарных является воздействие на них высокой темпе-

ратуры [1]. При длительном пребывании в условиях повышенных тепловых воздействий человек может получить такие травмы, как ожог, тепловой удар. В литературных источниках не содержится систематизированных сведений о том, какие участки боевой одежды пожарного (БОП) в наименьшей сте-

пени защищают от ожогового травматизма. Как правило, ожоговые травмы носят местный характер и происходят в результате снижения теплозащитных свойств боевой одежды на определенном участке. Основными причинами снижения теплозащитных свойств БОП являются:

- повышенная влажность пакета материалов БОП, возникающая при внешнем воздействии огнетушащих веществ и внутреннем увлажнении в результате повышенного потоотделения пожарного во время выполнения тяжелой работы при высоких температурах;

- уменьшение толщины теплоизолирующего слоя БОП в результате механического воздействия. Сжатие пакета материалов происходит при сгибании коленных и локтевых суставов в сидячем положении, при воздействии веса дыхательного аппарата на область плеч, слипанию пакета материалов в результате многократных механических и термических воздействий, что приводит к отсутствию воздушной прослойки между материалами и, как следствие, к снижению теплозащитных свойств;

- повышенная теплопроводность светоотражающих лент и логотипов;

- термическая деструкция материалов БОП, которая может протекать без видимых изменений внешнего слоя и приводить к значительному снижению тепловой устойчивости материалов [2], [3].

Целью данной работы является выявление особенностей распределения температур в подкостюмном пространстве БОП, а также теплообменных процессов в системе "Человек - БОП - Окружающая среда", при различных режимах работы.

Теплообменные процессы, связанные с эксплуатацией боевой одежды пожарного, определяются разницей температур и влажности на поверхностях пакета материалов, а также теплофизическими характеристиками этих материалов. Таким образом, теплообменные процессы определяют параметры микроклимата подкостюмного пространства БОП и, как следствие, эффективность работы пожарного при выполнении боевых задач при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Существенное влияние на теплозащитные свойства БОП оказывает влажность ее материалов. Попадание влаги может осуществляться как со стороны окружающей среды, путем попадания огнетушащих веществ, так и с внутренней стороны, посредством потоотделения пожарного.

Рассмотрим процессы теплообмена в системе "Человек - БОП - Окружающая среда". Эксплуатация БОП возможна при двух режимах работы пожарного. При первом режиме отсутствует воздействие высокой температуры окружающей среды, то есть пожарный выполняет работу, не связанную с тушением очага пожара (далее – обычный режим). При втором режиме пожарный находится в зоне воздействия высокой температуры окружающей среды (далее – боевой режим). При обычном режиме температура окружающей среды ниже температуры тела пожарного, и влажность в подкостюмном пространстве составляет 30...50% (боевая одежда относительно сухая). Во время выполнения интенсивной работы пожарным происходит повышение температуры тела. В организме человека включаются естественные процессы терморегуляции: охлаждение организма происходит за счет дыхания и потоотделения с последующим испарением влаги с поверхности тела. Общеизвестно, что теплообмен направлен от более нагретого тела к менее нагретому, и в данных условиях тепло отводится от тела пожарного в сторону БОП и окружающей среды всеми способами: теплопередачей, конвекцией, излучением. Влагодобмен происходит за счет испарения влаги с поверхности тела, а также контактным способом. В процессе влагодобмена происходит намокание теплоизолирующего слоя боевой одежды за счет потоотделения пожарного. Для комфортных условий работы при обычном режиме необходимо обеспечить отведение тепла и влаги от тела пожарного, что и происходит на практике.

Однако при рассмотрении боевого режима, когда температура окружающей среды значительно выше температуры тела пожарного, и влажность в подкостюмном пространстве приближена к 100%, теплообмен происходит иначе. Теплообмен нап-

равлен в сторону тела пожарного, за счет чего происходит рост температуры в подкостюмном пространстве и, как следствие, увеличение температуры тела пожарного. По-тоотделение усиливается, однако испарения пота не происходит, поскольку в насыщенном водяными парами воздухе вода испаряться не может, и влага конденсируется на поверхности тела. Таким образом, терморегуляция организма пожарного практически прекращается и осуществляется только за счет дыхания. Влагообмен происходит контактным способом. БОП намокает, за счет чего происходит значительное снижение теплозащитных свойств, и создаются условия, при которых возможно получение теплового удара и ожогов. Возникает некий парадокс: в боевом режиме организм человека, осуществляя терморегуляцию при помощи потоотделения, ускоряет рост температуры в подкостюмном пространстве БОП [4].

Существующая методика испытания специальной защитной одежды [5] не учитывает влияния температурно-влажностно-

го режима подкостюмного пространства БОП на ее теплозащитные свойства. В связи с этим рассматриваемый вопрос также является актуальным.

Для определения особенностей неравномерного распределения температур в подкостюмном пространстве БОП нами был проведен натурный эксперимент в огневом симуляторе ПТС – Уголек М, позволяющем создавать условия работы у очага пожара. Исследование проводили на группе добровольцев и манекенах.

Контроль температур подкостюмного пространства БОП осуществлялся с помощью термометрических полосок Testo AG D-79849 Lenzkirch с измерительным диапазоном +37...+65°C. Полоски имеют погрешность измерения температур 1,5°C и необратимо изменяют цвет за 2 секунды. Измерение проводили на тренировочном занятии в течение 30 мин.

В табл. 1 приведены показатели температур в 11 точках контроля подкостюмного пространства БОП на человеке (Ч) и манекене (М).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Точки контроля											
	голова		грудь		живот		поясница		спина		предплечье	
	Ч	М	Ч	М	Ч	М	Ч	М	Ч	М	Ч	М
1	62	46	49	47	37	37	37	37	44	37	49	37
2	60	46	49	46	37	38	37	37	44	37	49	37
3	62	44	47	47	37	37	37	37	44	37	47	37
4	64	46	53	46	40	38	39	37	45	37	49	39
5	61	45	49	45	39	37	40	37	42	38	47	37
6	63	44	50	47	41	37	41	38	42	37	48	38
7	65	44	54	47	40	37	39	37	43	37	49	38
8	59	45	48	46	37	39	37	37	41	37	46	37
9	60	43	48	47	38	37	37	37	43	37	48	37
10	62	44	49	48	37	37	38	38	45	38	48	37
X	61,8	44,7	49,6	46,6	38,3	37,4	38,2	37,2	43,3	37,2	48	37,4
σ	1,87	1,06	2,22	0,84	1,57	0,69	1,48	0,42	1,34	0,42	1,05	0,69
m	0,35	0,11	0,49	0,07	0,29	0,05	0,22	0,02	0,18	0,02	0,11	0,05
t	25,1		4		1,7		2,1		13,9		26,5	
№ п/п	Точки контроля											
	плечо		надплечье		кисть		бедро		голень			
	Ч	М	Ч	М	Ч	М	Ч	М	Ч	М		
1	49	37	60	37	63	37	50	40	37	37		
2	49	38	62	39	63	37	53	39	37	37		
3	47	37	62	37	63	37	55	41	37	39		
4	50	37	64	37	60	38	55	39	39	37		
5	47	38	60	38	61	37	51	40	38	38		
6	48	37	63	37	62	38	54	41	38	37		
7	50	37	61	37	60	38	52	41	37	38		
8	46	38	59	37	59	37	50	42	39	38		
9	48	37	61	37	62	37	51	41	37	37		
10	49	37	60	37	62	38	50	41	38	37		
X	48,3	37,3	61,2	37,3	61,5	37,4	52,1	40,5	37,7	37,5		
σ	1,34	0,48	1,55	0,67	1,43	0,52	2,02	0,97	0,82	0,71		
m	0,18	0,02	0,24	0,04	0,2	0,03	0,41	0,09	0,07	0,05		
t	25		45,1		50,2		16,3		0,6			

П р и м е ч а н и е. X – средняя арифметическая выборки, m – средняя ошибка выборки, σ – стандартное отклонение, t – критерий Стьюдента.

Для определения разницы температур в подкостюмном пространстве человека и манекена был введен относительный показатель отличия температур ΔT , который вычисляется по формуле:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{ч}} - T_{\text{м}}}{T_{\text{ч}}} \cdot 100\%,$$

где ΔT – относительный показатель отличия температур, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ч}}$ – температура в подкостюмном пространстве на теле человека, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{м}}$ – температура в подкостюмном пространстве на манекене, $^{\circ}\text{C}$.

Результаты проведенных исследований показывают, что температура в подкостюмном пространстве БОП на теле человека практически во всех точках выше, чем на манекене. Относительный показатель отличия температур лежит в диапазоне от 0% до 40%. В результате оценки значений, полученных с помощью t-критерия Стьюдента, наблюда-

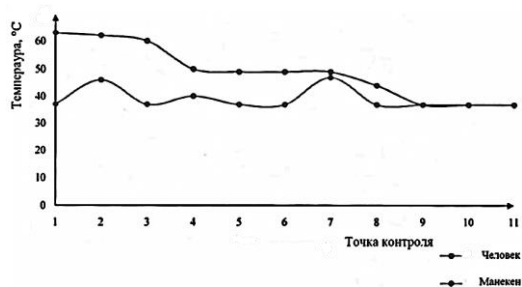


Рис. 1

На рис. 1 представлен график распределения температур в подкостюмном пространстве БОП на человеке и манекене. Здесь точки контроля: 1 – кисть; 2 – голова; 3 – надплечье; 4 – бедро; 5 – плечо; 6 – предплечье; 7 – грудь; 8 – спина; 9 – живот; 10 – поясница; 11 – голень.

На рис. 2 представлен график изменения относительного показателя отличия температур в точках контроля на человеке и манекене (точки контроля аналогичны приведенным на рис. 1).

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования устойчивости боевой одежды пожарного к воздейст-

ется, что большинство значений расположено в зоне значимости. Это свидетельствует о том, что температурно-влажностный режим подкостюмного пространства БОП существенно влияет на теплозащитные характеристики боевой одежды, что значительно сокращает время работы при нормируемых тепловых воздействиях.

В ходе исследования также было выявлено, что наиболее уязвимыми для теплового воздействия участками тела являются голова, кисти рук, область груди и плеч (в местах прилегания плечевых ремней и дыхательного аппарата). Необходимо отметить, что, как правило, предельно допустимый показатель температур наблюдался в местах плотного прилегания БОП к телу испытуемого. Также было выявлено, что значения температур на участках БОП, подвергшихся намоканию в результате потоотделения, были значительно выше, чем на сухих участках.

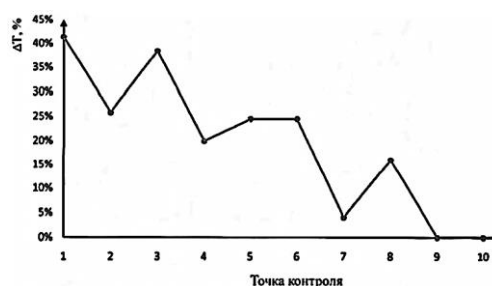


Рис. 2

вию высоких температур в условиях, максимально приближенных к условиям тушения пожара. Результаты показали значительное влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства БОП на теплозащитные характеристики боевой одежды.

2. Показано, что температура в подкостюмном пространстве БОП на теле человека практически во всех точках значительно выше, чем на манекене. Наибольшая разница составляет 40% и наблюдается в области надплечья и головы. Исследования показывают, что теплозащитные свойства БОП в условиях сложного нестационарного теплообмена значительно ниже вследствие реальных эксплуатационных нагрузок, связанных с физиологическими особенностями кон-

кретного человека, что сокращает время работы при нормируемых тепловых воздействиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выписка из федеральной базы данных "Пожары". Основные статистические показатели по пожарам, произошедшим в 2011-2015 гг. и за 9 мес. 2016 г. в Российской Федерации. – ВНИИ ПО, 2016.

2. Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Шарabanова И.Ю., Циркина О.Г. Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России "Современные проблемы гражданской защиты". – 2018, №1 (26). С.44...48.

3. Final Report of Thermal Capacity of Fire Fighter Protective Clothing. Fire Protection Research Foundation. – 2008.

4. Бוליбух Б.В., Хмель М., Мазур Ю. Модель теплового состояния пожарного в защитной одежде // Bezpieczerstwo i Technika Pozarnicza. – Vol. 41 Issue 1, 2016. P. 37...46.

5. ГОСТ Р 53264–2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандартинформ, 2009.

REFERENCES

1. Vypiska iz federal'noy bazy dannykh "Pozhary". Osnovnye statisticheskie pokazateli po pozharom, proizoshedshim v 2011-2015 gg. i za 9 mes. 2016 g. v Rossiyskoy Federatsii. – VNIИ PO, 2016.

2. Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Sharabanova I.Yu., Tsirkina O.G. Vliyanie temperaturno-vlazhnostnogo rezhima podkostyumnogo prostranstva na zashchitnye svoystva boevoy odezhdy pozharnogo // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii "Sovremennye problemy grazhdanskoй zashchity". – 2018, №1 (26). S.44...48.

3. Final Report of Thermal Capacity of Fire Fighter Protective Clothing. Fire Protection Research Foundation. – 2008.

4. Bolibrukh B.V., Khmel' M., Mazur Yu. Model' teplovogo sostoyaniya pozharnogo v zashchitnoy odezhde // Bezpieczerstwo i Technika Pozarnicza. – Vol. 41 Issue 1, 2016. P. 37...46.

5. GOST P 53264–2009. Tekhnika pozharnaya. Spetsial'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Standartinform, 2009.

Рекомендована кафедрой нанотехнологий, физики и химии ИВГПУ. Поступила 03.12.18.

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ
И ЭКОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ
РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ***

**INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SAFE
AND ENVIRONMENTAL SYSTEMS OF HEAT SUPPLY
FOR INDUSTRIAL BUILDINGS IN TEXTILE INDUSTRY
AS A FACTOR TO REDUCE THE ENERGY CAPACITY
OF THE RUSSIAN ECONOMY**

*Е.В. РУМЯНЦЕВ, С.В. ФЕДОСОВ, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, А.Б. ПЕТРУХИН,
Л.А. ОПАРИНА, Ю.А. ЧИСТЯКОВА, И.А. МАРТЫНОВ*

*E.V. RUMYANTSEV, S.V. FEDOSOV, V.N. FEDOSEEV, A.B. PETRUKHIN,
L.A. OPARINA, YU.A. CHISTJAKOVA, I.A. MARTYNOV*

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

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

E-mail: l.a.oparina@gmail.com

В статье отражены результаты авторских исследований инновационных безопасных и экологичных энергосберегающих решений, применяемых для теплоснабжения производственных зданий в текстильной промышленности. Реализация данных решений способствует снижению энергопотребления зданиями, снижению энергоемкости текстильной промышленности и экономики России в целом.

The article reflects the results of the author's research of innovative, safe and environmentally friendly energy-saving solutions used for heat supply of industrial buildings in the textile industry. The implementation of these solutions contributes to reducing energy consumption by buildings, reducing the energy intensity of the textile industry and the Russian economy as a whole.

Ключевые слова: энергоемкость, текстильная отрасль, безопасность, экологичность, инновационные энергосберегающие проекты, инновационные материалы.

Keywords: energy intensity, textile industry, safety, environmental friendliness, innovative energy-saving projects, innovative materials.

Энергоэффективность и энергосбережение остаются ключевыми трендами развития всех отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Вопрос энергосбережения на промышленных предпри-

ятиях имеет особую актуальность, что обусловлено постоянным ростом цен на электричество, тепло и энергоносители [1...10].

Общемировой тенденцией является не только снижение энергопотребления и по-

* Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ научного проекта № 16-02-00147-ОГН.

вышение энергоэффективности в зданиях, строениях, сооружениях, технологических производственных процессах, но и использование для этих целей возобновляемых источников энергоресурсов, инновационных решений для теплоснабжения зданий, основанных на принципах экологической безопасности. Это является государственной задачей: энергетическая стратегия России на период до 2030 года содержит сводный план ("дорожную карту") мероприятий государственной энергетической политики, обеспечивающих реализацию стратегии, принятую распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 года, № 1715-Р. Также распоряжением Правительства РФ от 19 апреля 2018 года, №703-р утвержден Комплексный план по повышению энергетической эффективности экономики России, который предусматривает действия по повышению энергетической эффективности при управлении инфраструктурных компаний, предприятий промышленности, организаций бюджетной сферы, многоквартирных домов. Цель плана – модернизация основных фондов, увеличение вклада технологического фактора в снижение энергоемкости валового внутреннего продукта не менее чем до 1,5% в год. Это необходимо, так как энергоемкость ВВП РФ остается на высоком уровне, что негативно сказывается на благосостоянии населения и устойчивости развития всех отраслей деятельности [1].

По данным комплексного плана по повышению энергетической эффективности экономики России наибольшее увеличение энергоэффективности можно получить в самой электроэнергетике и в теплоэнергетике. В

плане указано, что удельный расход энергии и энергоносителей на единицу произведенной электроэнергии, теплоэнергии в России слишком большой. Планом предусмотрены конкретные действия по эффективной электрогенерации, которые будут осуществляться в рамках нового механизма модернизации электро- и теплогенерации, а также за счет снижения потерь в сетях: энергетических, тепловых и водоснабжения.

Одними из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства являются текстильная и строительная отрасли. Обусловлено это не только энергоемким текстильным производством, но и значительными энергозатратами на строительство, реконструкцию и реновацию текстильных производств, а также заменой инженерного оборудования и модернизации производства [3], [4]. Учеными ИВГПУ и РГУ имени А.Н. Косыгина проведен ряд исследований, доказавших, что для теплоснабжения зданий и поддержания необходимого микроклимата производственных помещений (что особенно актуально для текстильных производств) необходимы инновационные решения систем теплоснабжения, в том числе использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), являющихся безопасными и экологически. Одним из таких решений является использование воздушных тепловых насосов для теплоснабжения зданий текстильных производств с автоматизированным погодозависимым управлением и специальной воздухообменной системой (камерой смешения воздуха) для поддержания необходимого уровня микроклимата на производстве (рис. 1-а, б).

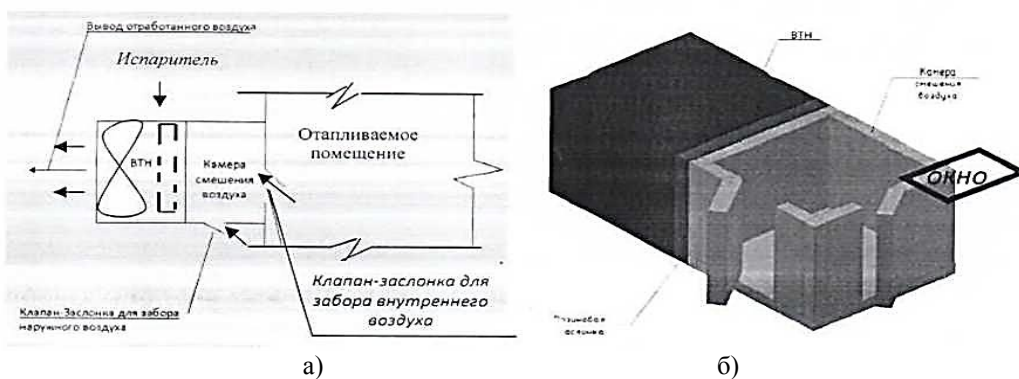


Рис. 1

На сегодня воздушные тепловые насосы являются более распространенными за рубежом, чем в России, так как разница перепада температур наружного воздуха в европейских странах ниже, чем в РФ, где часто зимой наружная отрицательная температура не позволяет достаточно эффективно работать традиционным воздушным тепловым насосам. Выходом из этой ситуации являются комбинированные системы отопления при совместной работе воздушного теплового насоса и электрического котла. Инновационной разработкой авторов является разработка и внедрение погодозависимой системы регулирования мощности электрического котла, которая интегрирована с режимом работы воздушного теплового насоса (рис. 1-б). Авторами в целях эффективной работы ВТН была разработана и предложена комплексная схема работы данного устройства, совмещенная с системой приточно-вытяжной вентиляции в режиме рекуперации. Как вариант при таком решении, ВТН устанавливается внутри отдельного помещения (подвал, котельная и т.д.), встроенного в общее строение, из которого забирается необходимое количество воздуха для работы теплового насоса, в том числе, учитывая неорганизованную форму воздухообмена (инфильтрацию).

Доказано, что применение воздушных тепловых насосов, в сравнении с традиционными источниками отопления, позволит экономить тепловую энергию не только на отопление, но и на вентиляцию зданий текстильных производств [5].

К достоинствам предлагаемой системы теплоснабжения можно отнести:

- *экономичность*: низкие затраты на монтаж (для первичного контура, замкнутого на испаритель, не нужны ни земляные работы, ни водоемы). Не надо подводить газ, использовать твердотопливные котлы и прочие дорогостоящие системы отопления и вентиляции;

- *энергоэффективность*: затрачивая 1 кВт электрической мощности в приводе компрессионной установки, можно получить 3...4, а при определенных условиях до 5...6 кВт тепловой мощности [6];

- *экологичность*: система использует возобновляемый энергоресурс, а именно: воз-

дух, и немного электрической энергии. Воздух есть везде, а вот земля – в личной собственности только за городом, с искусственными или естественными водоемами проблем еще больше, поэтому воздушные тепловые насосы для отопления при определенных условиях можно монтировать даже в городских условиях;

- *безопасность*: наряду с использованием ВИЭ авторами разрабатываются технические решения применения инженерных адаптивных систем рекуперации тепла в зданиях текстильных производств, что позволит не только улучшить качество микроклимата, но и минимизировать условия, создающие вред для окружающей среды [7], [8];

- *инновационность*: воздушный насос можно объединить с системой вентиляции любой конфигурации, что особенно эффективно в текстильных одноэтажных производствах, используя мощности агрегата для повышения эффективности воздухообмена в помещении.

ВЫВОДЫ

1. Основные отличия и преимущества предлагаемого воздушного теплового насоса заключаются в том, что рассматриваемым источником низкопотенциального тепла является наружный воздух с рециркуляцией, то есть тепловой насос работает на смеси наружного и внутреннего (забираемого из котельной) воздуха, поэтому в данном случае тепловой насос будет работать реально. Внедрение таких инженерных энергосберегающих решений позволит повысить энергоэффективность текстильных производств по сравнению с традиционными электродкотлами [9]. Использование возобновляемых источников энергоресурсов является в настоящее время крайне актуальным. В Энергетической стратегии развития РФ до 2030 года обозначен целевой ориентир – увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) примерно с 0,5 до 4,5% к 2030 году по сравнению с 2000 годом.

2. По мнению авторов, внедрение организационно-технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в разных отраслях экономики имеет синергетический эффект, так как, например, повышение энергоэффективности зданий и сооружений приводит не только к экономии энергоресурсов при их строительстве и эксплуатации, но и к снижению энергоемкости производства в промышленности, структурным изменениям в экономике, обусловленным созданием новых инновационных строительных материалов и технологий, внедрение которых позволяет достигать экономии энергоресурсов в нескольких отраслях экономики [9]. Энергосбережение в разных отраслях приводит к синергетическому эффекту и оказывает влияние на снижение энергоемкости российской экономики в целом.

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. XIX Междунар. научн.-практ. конф.: Информационная среда вуза. – Иваново: ИВГПУ, 2017. С.83...93.
3. Ларионов А.И., Викторов М.Ю. Актуальные проблемы энергоэффективного строительства объектов текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С.45...49.
4. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Виноградова Н.В., Острякова Ю.Е. Эффективность отопления тепловым насосом автономных текстильных производств в зависимости от уровня термодинамической активности фреонов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 179...184.
5. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б. Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непромышленного назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 18...21.
6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Воронов В.А., Емелин В.А. Анализ энергоэффективности воздушного теплового насоса и электрокотла в условиях текстильного и швейного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 195...198.

10. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А. Организационно-технические решения снижения энергоемкости российской экономики на примере текстильной и строительной отраслей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №4. С. 301...305.

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 klyuchevykh pokazateley sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya RF // Sb. st. XIX Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Informatsionnaya sreda vuza. – Ivanovo: IVGPU, 2017. S.83...93.
3. Larionov A.I., Viktorov M.Yu. Aktual'nye problemy energoeffektivnogo stroitel'stva ob'ektov tekstil'noy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 2. S. 45...49.
4. 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 termodinamicheskoy aktivnosti freonov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №1. S. 179...184.
5. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdušno-teplovyykh nasosov dlya ob'ektov proizvodstvennogo i neproizvodstvennogo naznacheniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 18...21.
6. 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. S. 263...265.
7. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. Effektivnoe energo- i teplosnabzhenie avtonomnykh tekstil'nykh proizvodstv // Izv. vuzov. Tek-

hnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 6. S.235...237.

8. 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. S.195...198.

9. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Zaytseva I.A., Voronov V.A., Emelin V.A. Analiz energoeffektivnosti vozdushnogo teplovogo nasosa i elektrokotla v usloviyakh tekstil'nogo i shveytnogo proizvodstva // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 195...198.

10. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Fedoseev V.N., Oparina L.A., Chistyakova Yu.A. Organizatsionno-tekhnicheskie resheniya snizheniya energoemkosti rossiyskoy ekonomiki na primere tekstil'noy i stroitel'noy otrasley // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №4. S. 301...305.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства ИВГПУ. Поступила 19.02.19.

УДК 677.677

ЭКОСИСТЕМА ПОДРЫВНЫХ ИННОВАЦИЙ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ECOSYSTEM OF SUBVERSIVE INNOVATIONS IN TEXTILE INDUSTRY

О.Б. ДИГИЛИНА, И.Б. ТЕСЛЕНКО, И.И. САВЕЛЬЕВ, И.В. ГОЛОВИНСКАЯ

O.B. DIGILINA, I.B. TESLENKO, I.I. SAVELEV, I.V. GOLOVINSKAYA

(Российский университет дружбы народов,
Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Владимирский юридический институт Федеральной службы исполнения наказаний России,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)

(Peoples' Friendship University of Russia,
Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs,
Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia,
Lomonosov Moscow State University)

E-mail: sii-33@mail.ru

В статье рассматриваются структурные элементы экосистемы для разработки и внедрения подрывных инноваций на текстильный рынок. Внедрение подрывных инноваций для российской экономики крайне актуально, поскольку они полностью меняют соотношение ценностей на рынке и создают условия для ускорения экономического развития. Внедрение подрывных инноваций требует создания соответствующих институтов, формирующих экосистему.

The article contains description of ecosystem structure elements for development and implementation of subversive innovations in textile market. Implementation of subversive innovations is of current importance in Russian economy, because they change completely balance of values on the market and create conditions for more rapid economic growth. Implementation of subversive innovations requires creation of corresponding institutes to form ecosystem.

Ключевые слова: текстильная отрасль, подрывные инновации, экосистема инноваций, "умные ткани", кластеры.

Keywords: textile industry, subversive innovations, innovations ecosystem, "smart textile", clusters.

Важнейшим фактором экономического развития в настоящее время является инновационная деятельность, результатом которой являются новые технологии и новые виды продукции, улучшающие человеческую жизнь. Ключевую роль в инновационной деятельности занимают подрывные инновации, способствующие развитию новейших технологий, многократно улучшающих качество товаров, способствующих выведению на существующие рынки товаров более простых, дешевых и удобных [1...7]. Иными словами – это инновации, меняющие соотношение ценностей на рынке. Роль подрывных инноваций для российской экономики пока не получила реальной оценки.

Одним из направлений подрывных инноваций является выпуск "умных тканей", расширяющих сферы использования текстиля и способных существенно переформатировать сегодняшнюю конфигурацию рынка. Это ткани с заранее заданными свойствами (косметический эффект, антибактериальные, удерживающие тепло и т.д.) и используемые в одежде для спорта, детской одежде, а также в специальной одежде для силовых министерств и ведомств, одежде с защитными свойствами и т.д. Лидерами в разработке направления "умного" текстиля в настоящее время являются Германия и США. В частности, именно в США был запущен научный комплекс Advanced Functional Fabrics of America (AFFOA), целью которого является разработка технологий, позволяющих тканям реагировать на изменение внешней среды и восстанавливать поврежденные поверхности [7]. В частности, совместно американскими и китайскими учеными уже разработана "умная" гибридная ткань, которая преобразует солнечную энергию и механическое движение в электрический ток. Такая ткань состоит из сплетенных с трибоэлектрическими наногенераторами легких полимерных волокон "солнечной панели".

Ивановская область, по словам депутата Государственной думы РФ Алексея Хохлова, может стать центром "умного" текстиля. Этому способствуют совместные разработки Ивановского химико-технологического университета и предприятий г. Шуи, в рамках которых созданы текстильные материалы с антибактериальными и акарицидными свойствами. Ткани с внедренными в их структуру микрокапсулами с антибиотиками и витаминами предохраняют организм человека от агрессивной внешней среды и сохраняют свои свойства даже после нескольких стирок. Этот проект уже получил существенную поддержку.

Для того, чтобы подрывные инновации адекватно воспринимались рынком, нужна развитая экосистема инноваций, объединяющая производственные системы и технологические комплексы, организации (в том числе и финансовые) и фирмы, тесно сотрудничающие и объединенные сетью. То есть экосистема инноваций – это особое институциональное пространство, необходимое и достаточное для инновационной деятельности и распространения подрывных инноваций. Структура экосистемы инновационной деятельности включает в себя следующие необходимые элементы: технологический (технопарки, бизнес-инкубаторы, кластеры, ассоциации и т.д.), научный (университеты, научно-исследовательские институты и лаборатории, исследовательские центры крупных компаний), финансовый (институты развития, венчурные инвесторы и фонды, бизнес-ангелы, краудфандинговые площадки, кредитные организации и т.д.), информационный (информационные порталы и центры, конференции, ярмарки, консалтинговые агентства и т.д.), институты сопровождения коммерциализации (центры трансфера технологий, инжиниринговые центры, опытно-конструкторские бюро, организации патентования, экспертизы и сертификации

и т.д.). Выстроенная таким образом экосистема создает условия для развития инновационного предпринимательства и внедрения подрывных инноваций.

Ключевым структурным элементом отечественной экосистемы инноваций являются институты, созданные государством, а также финансируемые государством программы инновационного развития. Такие программы, созданные на основе акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций, федеральных государственных унитарных предприятий, содержат целый комплекс мероприятий по разработке и внедрению новых технологических подходов и решений, инновационных услуг и продуктов, соответствующих мировым стандартам. Из 60 компаний с государственным участием 47 компаний реализуют такие программы. Способствует развитию подрывных инноваций необходимость осуществлять импортозамещение и развитие социальных инициатив. Например, обсуждаемая сегодня инициатива в рамках программы "Десятилетие детства" – акция "Подарок новорожденному", которая предполагает наполнение подарка высококачественными изделиями российских товаропроизводителей. Аналогичная акция реализуется в Финляндии.

Важнейшим структурным элементом экосистемы инноваций является АО "Российская венчурная компания" (РВК), функционирующая на основе государственно-частного партнерства, привлекающая частных инвесторов, как российских, так и зарубежных, в инновационные сегменты путем создания коллективных фондов, в том числе посевной и предпосевной стадии [6]. Одним из таких проектов является Федеральный конкурс-акселератор технологических стартапов GenerationS, который проводится с 2013 г. Победившие в конкурсе проекты получили широкие возможности по привлечению финансовых ресурсов. С 2015 г. создаются корпоративные и отраслевые акселераторы вместе с крупными российскими корпорациями. Еще одним структурным элементом экосистемы инноваций в России являются бизнес-ангельские организации, занимающиеся развитием рынка венчурных инвестиций ранней стадии.

Современным инструментом экосистемы инноваций являются интернет-платформы, позволяющие привлекать народное финансирование (краудфандинг) для реализации наиболее интересных инновационных проектов. Краудфандинговые проекты в России (август 2015 г.) охватывали 710 направлений: большая часть проектов таких проектов относилась к решению социальных вопросов [2], [3]. Интернет-площадки позволяют реализовывать совместные проекты с муниципалитетами и с государственными фондами.

Среди технологических элементов экосистемы наибольшие перспективы развития имеют такие формы, как кластер, бизнес-инкубатор, технологические платформы и ассоциации. Задачу обеспечения баланса интересов всех игроков рынка и включение в совместную деятельность мелких и средних фирм решает такая структура, как кластер. Кластеры характеризуются сочетанием мирового уровня конкурентоспособности базирующихся на их территории предприятий, демонстрирующих высокую динамику роста объемов производства, с потенциалом исследовательских университетов и исследовательских институтов, собранных в едином кластере. Примером может служить кластер "Новые материалы", участниками которого являются ведущие российские научные и образовательные организации и предприятия.

Важным технологическим элементом экосистемы инновационной деятельности являются технопарки – организации, целью которых является развитие инновационной деятельности и организация конкуренции научных организаций и инновационных предприятий. В настоящее время технопарки активно создаются в регионах России [1]. В трех технопарках Ивановской области представлены практически все отрасли перерабатывающей промышленности, но преобладающими являются текстильное и швейное производство. Часто технопарки сравнивают с зонтиками, поскольку они обслуживают стартапы и тем самым помогают мелким и средним инновационным предприятиям выйти на рынок. В России более 97% технопарков находится на стадии создания или разви-

тия. Наиболее организационно близкой технопарку структурой является бизнес-инкубатор, который может реализовывать самые разные проекты и готовить бизнесменов.

Коммуникационным инструментом, призванным ускорить создание перспективных коммерческих технологий, новых продуктов (услуг), на привлечение дополнительных ресурсов для проведения исследований и разработок на основе участия всех заинтересованных сторон (бизнеса, науки, государства, гражданского общества), совершенствование нормативно-правовой базы в области научно-технологического, инновационного развития являются технологические платформы (ТП), которые призваны объединить усилия бизнеса и государства в целях инновационного развития экономики России. Основой формирования ТП служит "Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года", которая утверждена Распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011, № 2227-р.

В экосистеме инноваций России созданы и функционируют ассоциации, партнерства и объединения структурных элементов экосистемы. Например, в 1997 г. была создана Российская ассоциация венчурного инвестирования (РАВИ). Ее главная цель – организация комфортного пространства для венчурных инвестиций.

Подсистему науки и образования представляют ведущие вузы страны (МГУ, ВШЭ), научные центры. Интеграция высшей школы с наукой и реальным сектором проявилась в формировании при университетах малых инновационных предприятий, научных и технологических парков, инкубаторов, базовых кафедр, инжиниринговых центров, выполняющих роль интерфейса между вузом, экономикой и социальной сферой.

В подсистеме науки и образования есть структуры, объединяющие усилия всех ее элементов. Например, Ассоциация государственных научных центров, в которую входят 48 научных организаций России. Всем этим организациям Правительством Российской Федерации присвоен статус государственного научного центра Российской

Федерации (ГНЦ). В интересах национальной безопасности и обороноспособности государственные научные центры выполняют работы, включающие в себя все стадии процесса по созданию промышленных образцов новой техники и технологий, начиная от фундаментальных и поисковых исследований.

В сентябре 2013 г. в рамках реализации Плана мероприятий ("дорожной карты") в области инжиниринга и промышленного дизайна, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 июля 2013 г., № 1300-р (пункт 12) и в целях исполнения поручения Правительства Российской Федерации от 23 мая 2013 г., № ОДМ-П8-3464, Минобрнауки совместно с Минпромторгом начали реализацию проекта по созданию и развитию инжиниринговых центров на базе ведущих вузов страны [5]. Задача центров: оказывать инжиниринговые услуги для производственных компаний по различным отраслевым направлениям; вести подготовку инженеров и продвигать инновационные разработки на рынок. Инновационные инжиниринговые центры, выступающие системными интеграторами и гарантами реализации нововведений для заказчиков, собирают лучшие мировые практики внедрения инноваций и охватывают все фазы инновационного цикла: от исследования состояния рынка нововведений и обоснования инновационных проектов до их непосредственной реализации, включая обеспечение проекта всеми ресурсами и сервисное обслуживание.

В Ы В О Д Ы

Таким образом, в основе распространения подрывных инноваций в текстильной отрасли лежит, прежде всего, партнерство всех заинтересованных игроков текстильного рынка, которое и составляет экосистему инновационной деятельности. Участие всех заинтересованных сторон в продвижении подрывных инноваций способно создать системный эффект и позволит текстильной промышленности выйти на новый уровень развития.

1. Государственная программа "Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий", утвержденная распоряжением Правительства РФ №328-р от 10 марта 2006 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minsvyaz.ru/ru/activity/programs>.

2. Гуменный Д. Краудсорсинг и краудфандинг: секреты успеха. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.strategy.com.ua/Articles/Content?Id=1677#sthash.47HDFRtw.dpuf>

3. Гусева Д.Е., Мальных Н. Краудфандинг: сущность, преимущества и риски. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/ru/---ep14-09/1278-a>

4. Ланьшина Т.А. Роль академических малых инновационных предприятий в экономике США // Электронный научный журнал Россия и Америка в XXI веке. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusus.ru/?act=read&id=476>

5. Мантуров: Инжиниринговые центры России в 2015 году сконцентрируются на решении задач по импортозамещению. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rbc.ru/fnews.open/20150123150717.shtml>

6. Фияксель Р.Э. Управление ранними стадиями развития малых инновационных предприятий: Дис.... канд. экон. наук. – Нижний Новгород, 2011.

7. <http://news.mit.edu/2016/national-public-private-institute-innovations-fibers-fabrics-0401>

1. Gosudarstvennaya programma "Sozдание v Rossiyskoy Federatsii tekhnoparkov v sfere vysokikh tekhnologiy", utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva RF №328-r ot 10 marta 2006 goda. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://minsvyaz.ru/ru/activity/programs>.

2. Gumenny D. Kraudsorsing i kraudfanding: sekrety uspekha. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.strategy.com.ua/Articles/Content?Id=1677#sthash.47HDFRtw.dpuf>

3. Guseva D.E., Malykhin N. Kraudfanding: sushchnost', preimushchestva i riski. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/ru/---ep14-09/1278-a>

4. Lan'shina T.A. Rol' akademicheskikh malykh innovatsionnykh predpriyatiy v ekonomike SShA // Elektronnyy nauchnyy zhurnal Rossiya i Amerika v XXI veke. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.rusus.ru/?act=read&id=476>

5. Manturov: Inzhiniringovye tsentry Rossii v 2015 godu skontsentriruyutsya na reshenii zadach po importozameshcheniyu. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.rbc.ru/fnews.open/20150123150717.shtml>

6. Fiyaksel' R.E. Upravlenie rannimi stadiyami razvitiya malykh innovatsionnykh predpriyatiy: Dis.... kand. ekon. nauk. – Nizhniy Novgorod, 2011.

7. <http://news.mit.edu/2016/national-public-private-institute-innovations-fibers-fabrics-0401>

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 11.03.19.

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ АЭРОДИНАМИКИ
НА ЕСТЕСТВЕННУЮ ВЕНТИЛЯЦИЮ В КУЛЬТОВЫХ ЗДАНИЯХ**

**THE INFLUENCE OF EXTERNAL AND INTERNAL AERODYNAMICS
ON NATURAL VENTILATION IN RELIGIOUS BUILDINGS**

А.Г. КОЧЕВ, В.Г. ГАГАРИН, М.М. СОКОЛОВ, М.А. КОЧЕВА
A.G. KOCHEV, V.G. GAGARIN, M.M. SOKOLOV, M.A. KOCHEVA

(Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)
(National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences)

E-mail: unirs@nngasu.ru; gagarinvg@yandex.ru; araim1985@list.ru; scald1966@mail.ru

В статье приведены исследования четырех культовых сооружений, расположенных в Нижнем Новгороде, которые отличаются друг от друга геометрическими параметрами и архитектурными стилями. Рассмотрены четыре православных храма: церковь Жен-Мироносиц, 1649 г., Крестовоздвиженский храм, 1823 г., Рождественская церковь, 1653 г., Спасо-Преображенский собор, 1903 г. Определены преимущества естественной вентиляции по сравнению с механической. Представлены результаты экспериментальных исследований внешней и внутренней аэродинамики на поверхности изучаемых сооружений при различных направлениях ветрового потока, выявлены особенности влияния на теплообменные процессы, происходящие внутри храмов.

In article the studies of four religious buildings located in Nizhny Novgorod, which differ from each other in geometric parameters and architectural styles presents. Four Orthodox churches were considered: the church of the Zhen-Mironosits (Women-Myrrh-Bearers) 1649 year of construction, Krestovozdvizhenskiy temple (the Holy Cross Church) 1823 year of construction, the Rozhdestvenskaya church (Nativity Church) 1653 year of construction, and the Spaso-preobrazhenkiy temple (Transfiguration of the Savior Cathedral) 1903 year of construction. The advantages of natural ventilation compared with mechanical were received. The results of experimental studies of external and internal aerodynamics on the surface of the structures under study at various directions of the wind flow are presented. The features of the influence on heat and mass transfer processes occurring inside the temples are revealed.

Ключевые слова: православные храмы, внешняя аэродинамика, микроклимат, аэродинамические коэффициенты.

Keywords: orthodox churches, external aerodynamics, microclimate, aerodynamic coefficients.

Учитывая современное активное восстановление и строительство новых православных храмов, следует уделить особое внимание созданию и поддержанию требуемых параметров микроклимата в помещениях этих сооружений. Для этого необходимо применять рациональные и эффективные системы отопления и вентиляции. Следует отметить, что естественная вентиляция в православных храмах обладает рядом преимуществ по сравнению с механической.

1. Невысокая стоимость установок, а также стоимость их монтажа и обслуживания.

2. Системы аэрации позволяют за счет саморегуляции снизить требуемую мощность системы отопления на 7...10%.

3. Системы естественной вентиляции не потребляют электрической энергии.

Однако для расчета систем естественной вентиляции в православных храмах требуется знание некоторых величин, индивидуально определяемых для каждого культового сооружения.

Условно все проводимые исследования для определения данных величин можно разделить на две категории:

- 1) исследования внешней аэродинамики;
- 2) исследования внутренней аэродинамики.

При исследовании внешней аэродинамики важную роль играют аэродинамические коэффициенты, зависящие от геометрических параметров культовых сооружений и определяемые экспериментальным путем для каждого православного храма индивидуально.

При исследовании внутренней аэродинамики следует учитывать мощность системы отопления, количество прихожан и свечей, а также расположение отопительных приборов и оконных проемов в наружных стенах храмов.

Для определения аэродинамических коэффициентов нами были испытаны в аэродинамической трубе четыре культовых сооружения, расположенные в Нижнем Новгороде, которые отличаются друг от друга геометрическими параметрами и архитектурными стилями: церковь Жен-Мироносиц, 1649 г., на ул. Добролюбова; Крестовоздвиженский храм, 1823 г., на площади Лядова; Рождественская церковь, 1653 г., на улице

Рождественской; Спасо-Преображенский собор, 1903 г., в Сормово.

Аэродинамические коэффициенты определяются для оконных проемов, в которых могут располагаться приточные и вытяжные фрамуги. Согласно литературе [1...3] наиболее оптимальным вариантом расположения приточных и вытяжных отверстий в православных храмах является нижний ярус оконных проемов и оконные проемы в барабанах соответственно. Однако такой подход для церкви Жен-Мироносиц применить нельзя ввиду отсутствия во всех пяти барабанах отверстий. Таким образом, в качестве вытяжных отверстий в рассматриваемом православном храме можно принять верхние ярусы окон.

В Крестовоздвиженском храме отметим наличие куполов, не соединенных с молельным залом (фальшкупола), что делает невозможным осуществление через них воздухообмена. Только центральный барабан соединен с молельным залом.

В Рождественской церкви при исследовании внешней аэродинамики следует учитывать особенности рельефа, а также колокольню, соединенную с храмом одним ярусом. Отверстия выполняются только в основной части храма. Отметим, что в Рождественской церкви все барабаны соединены с молельным залом, и окна в барабане над алтарем также могут выполнять роль вытяжных отверстий. Однако, в отличие от Крестовоздвиженского храма, барабаны Рождественской церкви близко расположены друг к другу, что существенно ограничивает количество оконных проемов, которые можно эффективно использовать в качестве вытяжных отверстий. С другой стороны, так как все барабаны соединены с молельным залом, то количество оконных проемов для размещения вытяжных отверстий значительно превышает их количество в Крестовоздвиженском храме, что позволяет рассмотреть различные варианты по размещению вытяжных отверстий.

В Спасо-Преображенском соборе форма барабанов отличается от формы барабанов Крестовоздвиженского собора и Рождественской церкви, в основании которых не восьмерик, а шестнадцатиугольник. В боковых

барабанах для вытяжных отверстий доступны 9 оконных проемов, причем стоит отметить, что в этом храме оконные проемы практически не перекрываются другими барабанами или иными конструкциями (исключением является западный барабан, перекрываемый колокольней).

Все модели были выполнены с учетом критериев подобия из 2-миллиметрового пластика, дренированы трубками в характерных точках расположения оконных проемов и испытаны в замкнутой дозвуковой аэродинамической трубе с открытой рабочей областью при восьми направлениях ветра.



Рис. 1

На рис. 1 показано исследование внешней аэродинамики Рождественской церкви.

По результатам исследований были построены аэродинамические характеристики зданий в виде диаграммы распределения давлений ветра на поверхности изучаемого сооружения при различных направлениях ветрового потока [3...6].

Полученные значения аэродинамических коэффициентов могут быть использованы для расчета систем естественной вентиляции как исследованных храмов, так и схожих с ними по размеру и стилю. Поскольку храмы были испытаны по восьми направлениям, результаты могут быть использованы для любых климатических зон.

Такие величины, как тепло и влаговыделения от людей и свечей, могут быть определены по справочной литературе [1]. Для каждого храма будут изменяться следующие параметры.

1. Объем молельного зала и другие геометрические параметры храма.
2. Мощность систем отопления.
3. Количество прихожан (минимальное, среднее количество, максимальное).
4. Количество свечей (в зависимости от количества прихожан).

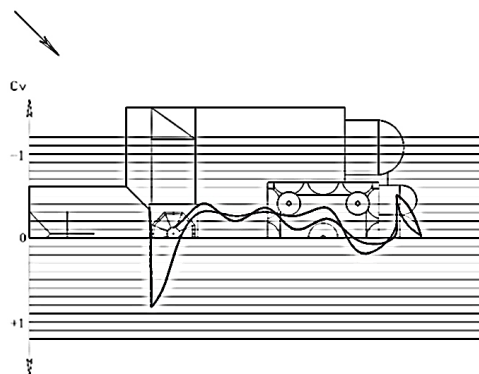


Рис 2

На рис. 2 представлена диаграмма изменения аэродинамических коэффициентов при северо-западном направлении ветра для церкви Жен-Мироносиц с наветренной стороны.

Неизвестными также остаются значения скоростных и температурных полей у внутренних поверхностей наружных стен. Отметим, что всего существуют четыре варианта расположения оконных проемов и отопительных приборов на наружной стене [7]:

- а) отсутствуют отопительный прибор и окно;
- б) присутствует только окно;
- в) и окна, и прибор отсутствуют;
- г) присутствует только отопительный прибор.

В характерных точках по вертикали внутренних поверхностей наружных стен молельного зала храма "Вознесения Господня" на улице Ильинской в Нижнем Новгороде были проведены замеры температурных полей с помощью инфракрасного термометра Raytek Raynger ST20. В начальных точках (на высоте до 2 м от уровня пола) измерены температурные и скоростные поля воздуха с помощью термоанемометра ТТМ-2/1-06-2А.

У стены без окон температура воздуха достигала 18,6°C, скорость принимала значения от 0,05...0,2 м/с. Над отопительным

прибором (рядом с окном) температура воздуха составила 20,1°C, а скорость воздуха – от 0,14...0,32 м/с. В случае с отдельно стоящим отопительным прибором температура воздуха составила 21,5°C, а скорость достигла 0,37 м/с.

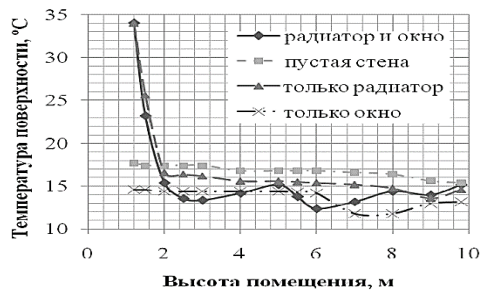


Рис. 3

Результаты исследования температурных полей внутренней поверхности представлены в графической форме на рис. 3 (зависимость температуры поверхности наружной стены в православном храме от высоты при различных вариантах расположения окон и отопительных приборов). Из графика видно, что области самых низких температур приходятся на оконные проемы. На небольшом расстоянии от отопительного прибора (0,5 м) происходит резкое падение температуры до значений, как в случае со стеной без окон или даже ниже.

Православные храмы, в отличие от зданий общегражданского назначения, имеют ряд конструктивных особенностей, которые влияют на теплообменные процессы, происходящие внутри их помещений.

При проектировании систем естественной вентиляции в православных храмах следует в первую очередь обращать внимание на наличие или отсутствие перегородок между молебным залом и барабаном. Приточные фрамуги размещаются в нижнем ярусе окон, вытяжные – в оконных проемах барабанов, если перегородка отсутствует, и в верхнем ярусе оконных проемов, если перегородка имеется.

Расчет систем естественной вентиляции рекомендуется осуществлять для трех расчетных периодов года: теплого, переходного и холодного при различной заполняемости храма людьми (минимальной, средней

и максимальной). Как показывает практика, значения площадей приточных и вытяжных фрамуг максимальны в летний период при полной заполняемости храма людьми.

ЛИТЕРАТУРА

1. АВОК Стандарт–2–2004. Храмы православные. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Введ. 2004-06-09. – М.: АВОК, 2004.
2. МДС 31-9.2003. Православные храмы. – Т. 2. Православные храмы и комплексы. – Введ. 2003. – М.: Арххрам, 2003.
3. Кочев А.Г. Микроклимат православных храмов. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2004.
4. Кочев А.Г. и др. Исследование внешней аэродинамики. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2004.
5. Реттер Э.И., Стриженов С.И. Аэродинамика зданий. – М.: Стройиздат, 1968.
6. Кочев А.Г., Соколов М.М. Теоретические и экспериментальные исследования влияния внешних аэродинамических характеристик на параметры микроклимата в православных храмах // Приволжский научный журнал Нижегород. гос. архитектур.-строит. ин-та. – Н. Новгород, 2011, №1 (17). С. 58...65.
7. Кочев А.Г., Соколов М.М. Физико-математическое описание естественной конвекции в помещениях православных храмов // Приволжский научный журнал Нижегород. гос. архитектур.-строит. ин-та. – Н. Новгород, 2012, №2 (22). С. 78...85.

REFERENCES

1. AVOK Standart–2–2004. Khramy pravoslavnyye. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha. – Vved. 2004-06-09. – M.: AVOK, 2004.
2. MDS 31-9.2003. Pravoslavnyye khramy. – T. 2. Pravoslavnyye khramy i komplekсы. – Vved. 2003. – M.: Arkhkhram, 2003.
3. Kochev A.G. Mikroklimat pravoslavnykh khramov. – N. Novgorod : NNGASU, 2004.
4. Kochev A.G. i dr. Issledovanie vneshney aerodinamiki. – N. Novgorod: NNGASU, 2004.
5. Retter E.I., Strizhenov S.I. Aerodinamika zdaniy. – M.: Stroyizdat, 1968.
6. Kochev A.G., Sokolov M.M. Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya vneshnikh aerodinamicheskikh kharakteristik na parametry mikroklimata v pravoslavnykh khramakh // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. in-ta. – N. Novgorod, 2011, №1 (17). S. 58...65.
7. Kochev A.G., Sokolov M.M. Fiziko-matematicheskoe opisaniye estestvennoy konveksii v pomeshcheniyakh pravoslavnykh khramov // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. in-ta. – N. Novgorod, 2012, №2 (22). S. 78...85.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА,
ОБРАБАТЫВАЕМОГО В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

**REGULATION HEAT AND HUMIDITY PARAMETERS
OF THE SUPPLY AIR
TREATED IN THE AIR CONDITIONING SYSTEM**

А.Н. ГВОЗДКОВ, О.Ю. СУСЛОВА

A.N. GVOZDKOV, O.YU. SUSLOVA

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
Волгоградский государственный технический университет)

(Research Institute of Building Physics
of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Volgograd State Technical University)

E-mail: angvo@mail.ru, oy-sus@mail.ru

Рассмотрены технологические особенности работы систем кондиционирования, в частности, последовательность реализации процессов обработки воздуха, позволяющая получать требуемые параметры приточного воздуха, подаваемого в рабочую зону.

Предлагается метод регулирования тепловлажностных параметров приточного воздуха, обрабатываемого в системе кондиционирования, обеспечивающий более точное поддержание температуры и относительной влажности в рабочей зоне при изменении тепловлажностных нагрузок в помещении.

The technological features of air conditioning systems are considered, in particular, the order of realization of air treatment processes, allowing to achieve the required parameters of the supply air, delivered to the working area.

A method for regulating the heat and humidity parameters of the supply air processed in the air conditioning system is proposed, which provides a more accurate maintenance of temperature and relative humidity in the working area when changing the heat and humidity loads in the room.

Ключевые слова: кондиционирование воздуха, контактные аппараты, регулирование, тепловлажностные параметры, приточный воздух.

Keywords: air conditioning system, contact units, regulation, heat and humidity parameters, supply air.

Эффективность современных технологий текстильного производства во многом зависит от точности поддержания параметров воздуха в рабочей зоне, которые обеспечиваются за счет использования систем кондиционирования воздуха (СКВ).

Требуемые значения параметров приточного воздуха, подаваемого в рабочую зону, определяются как периодом года, так и особенностями технологического процесса и зависят от физико-химических свойств текстильных материалов и изделий.

Так, например, параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений, цехов и участков прядильно-ткацких и отделочных производств варьируются в пределах: температура $t_{p.зоны} = 20...26^{\circ}\text{C}$, относительная влажность $\varphi_{p.зоны} = 45...65\%$ [1].

При данных значения технологических параметров воздуха в рабочей зоне повышается прочность натуральных волокон, снимается статическое электричество, а также повышается комфорт в рабочей зоне и упрощается переработка волокон и пряжи и др. [2], [3].

Поэтому актуальным является разработка современных схем СКВ и способов обработки воздуха, учитывающих особенности технологических процессов и обеспечивающих возможность регулирования и стабильного поддержания тепловлажностных параметров воздуха в рабочей зоне.

Следует отметить, что получение требуемого значения относительной влажности приточного воздуха при данной температуре может быть достигнуто в результате регулирования его влагосодержания [4], [5].

Технология обработки воздуха в СКВ предусматривает определенную последовательностью реализации процессов изменения его тепловлажностного состояния [6], [7].

Для получения требуемых тепловлажностных параметров приточного воздуха используются различные типы СКВ [8], [9]. Учитывая многообразие технологических процессов и формируемых тепловлажностных условий в рабочей зоне, характерных для текстильного производства, наиболее целесообразным представляется использование многозональных местно-центральных СКВ, включающих центральную установку кондиционирования воздуха (УКВ) и зональные воздухоприготовительные центры (ВПЦ) [9]. Назначением центральной УКВ является подача санитарной нормы наружного воздуха. При этом он очищается, смешивается с рециркуляционным воздухом, а в холодный период года – подогревается в теплообменнике. В ВПЦ производится тепловлажностная обработка воздуха, а также предусматривается возможность индивидуального регулирования температуры и относительной влажности с учетом особенностей форми-

рования тепловлажностных условий в рабочей зоне обслуживаемого помещения.

В ряде случаев предлагается подача приточного воздуха непосредственно в рабочую зону с реализацией принципа вытесняющей вентиляции и схемой организации воздухообмена "снизу – вверх" [10].

При этом выбор оптимальной последовательности обработки воздуха в УКВ связан с учетом затрат энергии на реализацию принятой последовательности процессов обработки воздуха и оказывает существенное влияние на эффективность работы СКВ в целом [6].

Эффективное использование энергии в СКВ может быть достигнуто также за счет регулирования процессов тепло- и влагообмена, протекающих в контактных аппаратах с целью осуществления в них оптимальных режимов обработки воздуха. При этом управление процессами тепло- и влагообмена может быть достигнуто в результате изменения гидродинамических и гигротермических условий взаимодействия воздуха и воды в рабочем пространстве контактного аппарата [11].

Одним из основных направлений реализации управляемых процессов при обработке воздуха в контактных аппаратах, обеспечивающих повышение эффективности СКВ, является решение проблемы получения и регулирования требуемого значения влагосодержания приточного воздуха при минимальных энергетических затратах на обработку наружного воздуха [5], [8].

В ряде случаев дополнительно к централизованной обработке воздуха в СКВ на предприятиях текстильной промышленности используется местное доувлажнение воздуха с помощью форсунок мелкого распыла, обеспечивающих изоэнтальпийное охлаждение и увлажнение воздуха [1], [2], [9].

Таким образом, для условий холодного и теплого периодов года требуемое значение влагосодержания приточного воздуха d_p может быть получено в результате реализации различной последовательности процессов тепловлажностной обработки воздуха в СКВ (рис. 1 – варианты обработки наружного воздуха в холодный и теплый пе-

риоды года, обеспечивающие получение требуемых параметров ($t_{п}$, $\varphi_{п}$, $d_{п}$) приточного воздуха в СКВ).

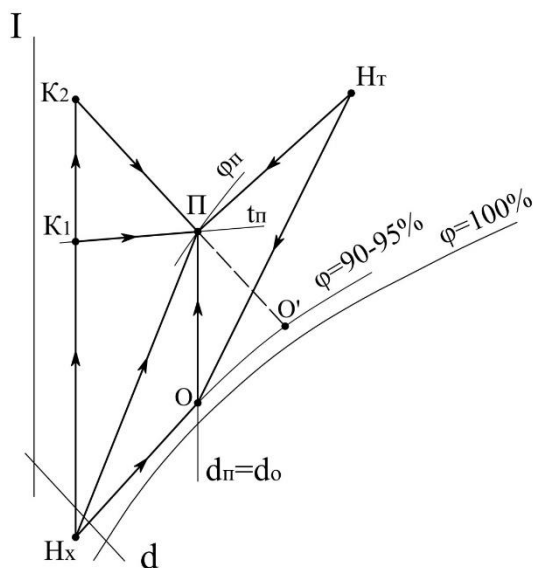


Рис. 1

Алгоритмы реализации процессов обработки воздуха представим в виде:

- холодный период года:

1) $H_x K_2 + K_2 П$, то есть наружный воздух состояния H_x нагревается до состояния в K_2 , а затем обрабатывается в оросительной камере до состояния в $П$ (при реализации управляемого процесса [5]). Получить параметры воздуха $П$ можно также при использовании байпаса, в результате смешивания обработанного в оросительной камере (O') и воздуха состояния K_2);

2) $H_x K_1 + K_1 П$, то есть наружный воздух состояния в т. H_x нагревается до состояния в K_1 , а затем обрабатывается в секции парового увлажнения УКВ до состояния $П$;

3) $H_x O + O П$, то есть наружный воздух нагревается и увлажняется в оросительной камере до состояния O , а затем нагревается в поверхностном теплообменнике до состояния $П$;

4) $H_x П$, то есть наружный воздух нагревается и увлажняется в оросительной камере до состояния $П$;

- теплый период года:

5) $H_T O + O П$, то есть наружный воздух охлаждается и осушается в поверхностном воздухоохладителе до состояния O , а затем нагревается до состояния $П$;

6) $H_T П$, то есть наружный воздух охлаждается и осушается в поверхностном воздухоохладителе до состояния $П$.

В каждом алгоритме обработки воздуха имеют место различные по направленности процессы изменения его состояния, что требует, в свою очередь, различных затрат энергии, типов оборудования и средств автоматизации. При кажущейся простоте каждый вариант имеет свои сложности и требует разработки технологических схем их реализации в СКВ.

Следует отметить, что в холодный период года традиционные решения СКВ обеспечивают возможность получения и регулирования требуемых тепловлажностных параметров приточного воздуха с достаточной степенью точности [1], [5], [8].

Несколько иная ситуация возникает при решении данного вопроса в теплый период года, когда наружный воздух надо охлаждать и осушать, для чего используются поверхностные воздухоохладители [4].

Основная проблема реализации таких процессов в УКВ состоит в сложности поддержания требуемых параметров приточного воздуха, поскольку не учитываются особенности протекания процессов тепло- и влагообмена в контактных аппаратах, в частности, направленность (динамика) их протекания, а также условия достижения предельного равновесного состояния параметров воздуха и воды в условиях развитой турбулентности [12], [13].

Принимая во внимание сказанное выше, были проведены исследования процессов тепло- и влагообмена с позиции теории потенциала влажности, позволившие установить термодинамические закономерности их реализации в контактных аппаратах УКВ [11], [13].

Полученные результаты стали основой для разработки новых подходов к разработке управляемых процессов обработки воздуха в УКВ в теплый период года. На $I-d$ диаграмме (рис. 2 – процессы регулирования влагосодержания приточного воздуха: $t_{в}^H$ – начальные параметры воздуха, обрабатываемого в оросительной камере; $t_{п1}$, $t_{п2}$, $t_{п3}$ – конечные параметры воздуха после обработки в оросительной камере; $П_1$, $П_2$, $П_3$ – параметры приточного воздуха, подаваем-

регулирующего клапана 4 увеличивается расход воды, распыляемой в форсуночной камере.

Если при этом произойдет отклонение величины влагосодержания воздуха в рабочей зоне помещения, то по сигналу датчика 9 одновременно с увеличением коэффициента орошения В повышается начальная температура воды, подаваемой на распыление посредством увеличения расхода нагретой воды с помощью открытия регулирующего клапана 12 и уменьшения расхода охлажденной воды с помощью регулирующего клапана 10. При этом конечные параметры воздуха (после оросительной камеры 1) принимают состояние в точке $t_{п2}$ при более низкой температуре, чем в точке $t_{п1}$ при сохранении постоянного влагосодержания приточного воздуха. Таким образом будет обеспечено поддержание требуемых параметров воздуха в рабочей зоне помещения (т. П₁).

Аналогично реализуется процесс регулирования, если уменьшаются тепло- и влаговыделения в рабочей зоне обслуживаемого помещения. При этом одновременно с уменьшением расхода распыляемой воды понижается ее начальная температура. Параметры воздуха в помещении (т. П₁) поддерживаются при новой, более высокой температуре воздуха, обработанного в оросительной камере (т. $t_{п3}$).

Следует отметить, что изменением коэффициента орошения и начальной температуры воды достигается требуемая направленность процесса обработки воздуха, что обеспечивает точность поддержания параметров воздуха в помещении.

В Ы В О Д Ы

Разработан метод регулирования влагосодержания приточного воздуха в СКВ применительно к условиям теплого периода года, учитывающий термодинамические закономерности протекания процессов тепло- и влагообмена в контактных аппаратах и позволяющий повысить точность поддержания параметров воздуха в рабочей зоне помещений.

1. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – М.: Стройиздат, 1982.

2. Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных предприятиях / Под ред. Талиева В.Н. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

3. Сорокин Н.С. Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных предприятиях. – М.: Легкая индустрия, 1974.

4. Богословский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1983.

5. Рекомендации по расчету установок кондиционирования воздуха и вентиляции с управляемыми процессами адиабатной обработки воздуха / ЦНИИЭП инженерного оборудования. – М.: Стройиздат, 1985.

6. Креслин А.Я. Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1972.

7. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1990.

8. Мурашко В.П. Системы кондиционирования воздуха. Теория и практика. – М.: ООО "Книга по требованию", 2017.

9. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М.: Евроклимат, 2003.

10. Ерёмкин А.И., Кирпичева О.А. Локальная система технологического кондиционирования воздуха для различных видов производств текстильных предприятий // Изв. вузов. Строительство. – 1996, №3. С. 80...83.

11. Гвоздков А.Н. Тепло- и влагообмен в системе "воздух-вода" с позиции теории потенциала влажности // Изв. вузов. Строительство. – 2015, №11-12(683-684). С. 31...41.

12. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. – М.: Машиностроение, 1978.

13. Богословский В.Н., Гвоздков А.Н. Применение потенциала влажности к расчету тепловлагообмена между воздухом и жидкостью // Водоснабжение и санитарная техника. – 1985, № 10. С. 8...10.

REFERENCES

1. Barkalov B.V., Karpis E.E. Konditsionirovanie vozdukha v promyshlennykh, obshchestvennykh i zhi-lykh zdaniyakh. – M.: Stroyizdat, 1982.

2. Ventilyatsiya, otoplenie i konditsionirovanie vozdukha na tekstil'nykh predpriyatiyakh /Pod red. Talieva V.N. – M.: Legprombytizdat, 1985.

3. Sorokin N.S. Ventilyatsiya, otoplenie i konditsionirovanie vozdukha na tekstil'nykh predpriyatiyakh. – M.: Legkaya industriya, 1974.

4. Bogoslovskiy V.N., Poz M.Ya. Teplofizika apparatov utilizatsii tepla sistem otopeniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha. – M.: Stroyizdat, 1983.

5. Rekomendatsii po raschetu ustanovok konditsionirovaniya vozdukha i ventilyatsii s upravlyaemymi protsessami adiabatnoy obrabotki vozdukha / TsNIEP inzhenernogo oborudovaniya. – M.: Stroyizdat, 1985.

6. Kreslin' A.Ya. Avtomaticheskoe regulirovanie sistem konditsionirovaniya vozdukha. – M.: Izd-vo lit-ry po stroitel'stvu, 1972.

7. Rymkevich A.A. Sistemnyy analiz optimizatsii obshcheobmennoy ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha. – M.: Stroyizdat, 1990.

8. Murashko V.P. Sistemy konditsionirovaniya vozdukha. Teoriya i praktika. – M.: ООО "Kniga po trebovaniyu", 2017.

9. Belova E.M. Sistemy konditsionirovaniya vozdukha s chillerami i fenkoilyami. – M.: Evroklimat, 2003.

10. Eremkin A.I., Kirpicheva O.A. Lokal'naya sistema tekhnologicheskogo konditsionirovaniya vozdukha dlya razlichnykh vidov proizvodstv tekstil'nykh predpriyatiy // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 1996, №3. S.80...83.

11. Gvozdkov A.N. Teplo- i vlagoobmen v sisteme "vozdukh-voda" s pozitsii teorii potentsiala vlazhnosti // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2015, №11-12(683-684). S.31...41.

12. Kokorin O.Ya. Ustanovki konditsionirovaniya vozdukha. – M.: Mashinostroenie, 1978.

13. Bogoslovskiy V.N., Gvozdkov A.N. Primenenie potentsiala vlazhnosti k raschetu teplovлагообмена mezhdu vozdukhom i zhidkost'yu // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – 1985, № 10. S. 8...10.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

УДК 697.922

**РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЗВУКА
ТОЧЕЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ШУМА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**ESTIMATED MODELS OF SOUND RADIATION
BY SPOT SOURCES OF NOISE
OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

В.П. ГУСЕВ, А.И. АНТОНОВ, Е.О. СОЛОМАТИН, А.М. МАКАРОВ
V.P. GUSEV, A.I. ANTONOV, E.O. SOLOMATIN, A.M. MAKAROV

**(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
Тамбовский государственный технический университет)**
**(Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences, Tambov State Technical University)**

E-mail: gusev-43@mail.ru; gsiad@mail.tambov.ru

В статье рассмотрены модели излучения звуковой энергии точечными источниками шума промышленных предприятий. Показано, что основным параметром источника, влияющим на распространение звуковой энергии, является фактор направленности излучения звука. Предложена методика определения фактора направленности, учитывающая влияние на него характеристик источника. Методика заключается в экспериментальном определении диаграммы направленности излучения звуковой энергии источником и в ее аппроксимации с целью получения формул, учитывающих особенности излучения звука источником. Приведены примеры определения

фактора направленности для двух характерных источников. Формулы могут использоваться при оценке шума в помещениях производственных зданий и на прилегающих к ним территориях.

The article deals with the models of sound energy radiation by point noise sources of industrial enterprises. It is shown that the main parameter of the source affecting the propagation of sound energy is the directivity factor of sound radiation. A method for determining the directivity factor is proposed, which allows to take into account the influence of the source characteristics on it. The technique consists in the experimental determination of the radiation pattern of sound energy source and its subsequent approximation in order to obtain formulas that take into account the specific features of the radiation of sound source. Examples of determining the directivity factor for two sources are given. Formulas can be used in the evaluation of noise in the premises of industrial buildings and adjacent areas.

Ключевые слова: источник шума, промышленные предприятия, фактор направленности источника, расчет шума.

Keywords: noise source, industrial enterprises, source directionality factor, noise calculation.

При расчетах шумовых полей на открытых пространствах предприятий и в производственных помещениях необходимо производить оценку распространения прямого звука, излучаемого различными источниками шума. В этом случае устанавливается степень зашумления прилегающей к источнику территории, в том числе и за пределами предприятия [1], [2]. В помещениях, кроме прямого звука, производится также вычисление отраженного шума. При расчетах отраженного шума требуются сведения об акустических характеристиках источников шума и о распределении прямой энергии, излучаемой источниками, по поверхностям ограждений помещений [3...7]. Все источники шума промышленных предприятий по геометрическим параметрам делятся на точечные, линейные, плоские и объемные. Отнесение источников к тому или иному виду зависит от размеров источника и от расстояния между источником и расчетной точкой [8], [9]. Точечными считают источники, размеры которых значительно меньше расстояния от них до расчетной точки. При расчетах прямого звука в ближнем поле линейных, плоских и объемных источников в последнее время используют принцип представления большеразмерных излучателей в виде комбинации точечных источни-

ков, и общую величину прямого звука рассчитывают интегрированием или суммированием вкладов всех элементарных точечных источников [10], [11].

Акустические характеристики точечных источников шума определяются тремя параметрами: акустической мощностью, фактором направленности и пространственным углом излучения.

Для расчета плотности звуковой энергии прямого звука $\varepsilon_{\text{пр}}$ точечного источника звука и последующего определений уровней звукового давления L используют известные выражения строительной акустики, в которые входят все три указанных выше параметра:

$$L = 10 \lg \varepsilon_{\text{пр}} = 10 \lg \left(\frac{W\Phi}{\Omega c r^2} \right) = L_w + 10 \lg \left(\frac{\Phi}{\Omega r^2} \right), \quad (1)$$

где W – звуковая мощность источника; Φ – фактор направленности; r – расстояние от источника до расчетной точки; Ω – пространственный угол излучения источника; c – скорость звука в воздухе; L_w – уровень звуковой мощности источника.

Определение мощности и пространственного угла направленности источника проводится экспериментально с использовани-

ем методик, отвечающих требованиям действующих ГОСТ [12], [13]. Более сложные проблемы возникают при определении фактора направленности.

Фактор направленности показывает зависимость интенсивности излучения звуковой энергии от направления излучения. Он равен отношению интенсивности звука I , создаваемого источником в свободном поле в данной точке пространства, к средней интенсивности звука $I_{\text{ср}}$ на таком же расстоянии от источника. Определяется он экспериментально.

Фактор направленности является нормированной функцией:

$$\frac{1}{\Omega} \int \Phi d\Omega = 1, \quad (2)$$

где $d\Omega$ – элемент пространственного угла излучения источника шума Ω .

Общее выражение для фактора направленности излучения звука элементом источника можно представить в виде:

$$\Phi = (n + 1) \cos^n \theta, \quad (3)$$

где n – показатель, принимающий действительные неотрицательные значения $n = \{0 \div N\}$; определяют на основании экспериментальных данных.

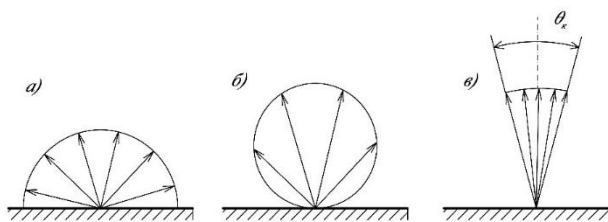


Рис. 1

Можно выделить три идеальные модели распределения излученной энергии в пространстве (рис. 1 – идеальные расчетные модели излучения звука: а) – равномерное; б) – направленное по зависимости Ламберта; в) – направленное в виде пучка энергии в пределах конуса): равномерная в пределах угла излучения (рис. 1-а) – $n = 0$, $\Phi_p = 1$; излу-

чение по зависимости Ламберта, пропорциональное косинусу угла с центральной осью излучателя (рис. 1-б) – $n = 1$, $\Phi_{\text{л}} = 2 \cos \theta$; направленное излучение в виде узкого пучка в пределах конуса (рис. 1-в), ось которого перпендикулярна плоскости излучателя. Фактор направленности принимается постоянным при условии, если $\theta < 0,5\theta_k$, и определяется по формуле:

$$\Phi_k = \frac{1}{1 - \cos(0,5\theta_k)}, \quad (4)$$

где θ – угол между осью конуса и направлением на расчетную точку; θ_k – угол раствора конуса.

Выражения Φ_p , $\Phi_{\text{л}}$ и Φ_k даны для случая излучения звука в полупространство. Реальная расчетная модель излучения шума может быть записана как комбинация идеальных моделей с коэффициентами пропорциональности k_i , в сумме равными 1:

$$\Phi = k_1 \Phi_p + k_2 \Phi_{\text{л}} + k_3 \Phi_k. \quad (5)$$

Коэффициенты k_i следует получать путем обработки результатов натурных исследований излучения звука реальными источниками. На основе аппроксимации экспериментальных графиков направленности могут быть получены выражения для факторов направленности исследованных типов источников.

Ниже приведены результаты определения факторов направленности для двух характерных источников.

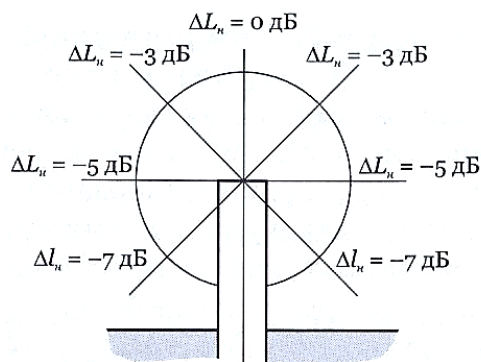


Рис. 2

К точечным источникам на промышленных предприятиях можно отнести трубы и воздуховоды, излучающие шум в окружающее пространство (рис. 2 – изменения спадов уровней звукового давления в области открытого конца воздуховода [14]). Пространственный угол излучения шума в рассматриваемом примере составляет $\Omega=4\pi$. Круговой график изменения интенсивности излучаемой энергии имеет явно выраженную направленность излучения шума вверх, что объясняется особенностью излучателя – открытого конца воздуховода.

В вертикальном направлении фактор направления имеет форму конуса (рис. 1-в). В

$$0,5 \left[\int_0^{20} 2k \cos 0,5\theta \sin \theta d\theta + \int_{20}^{180} k \cos 0,5\theta \sin \theta d\theta \right] = 1.$$

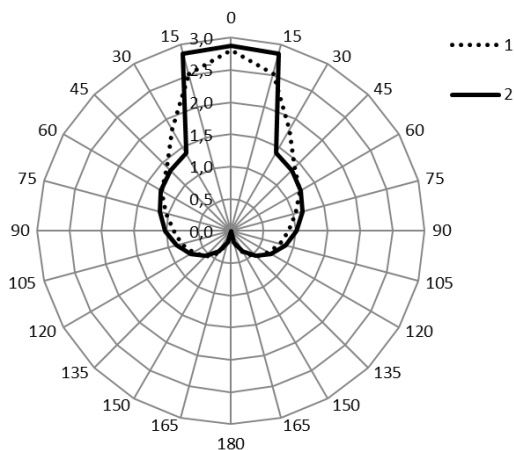


Рис. 3

На рис. 3 (фактор направленности открытого конца воздуховода, определенный: 1 – по экспериментальным данным; 2 – по результатам аппроксимации на основе (6)) показаны исходный и рассчитанный графики излучения звуковой энергии с открытым концом воздуховода. Следует отметить, что звуковая энергия, направленная вниз, обусловлена процессами дифракции звуковых волн.

К следующей группе точечных источников относятся проемы в ограждениях, через которые шум из помещения попадает в наружное пространство.

остальных направлениях распределение интенсивности излучения соответствует зависимости Ламберта (рис. 1-б).

Для фактора направленности в этом случае предлагается аналитическое выражение, которое представляет комбинацию идеальных моделей, показанных на рис. 1:

$$\Phi = \begin{cases} 2k \cos 0,5\theta & \text{при } \theta \leq 20^\circ, \\ k \cos 0,5\theta & \text{при } 20^\circ < \theta < 180^\circ. \end{cases} \quad (6)$$

Коэффициент $k=1,44$ находится из уравнения (2) после интегрирования выражения

Для оценки коэффициента направленности излучения шума через проем в ограждении произведены экспериментальные исследования. В качестве объекта исследования было выбрано соразмерное помещение с открытым проемом в ограждении. Размер проема составлял $0,6 \times 0,6$ м. Измерения уровней звукового давления выполнялись в горизонтальной плоскости (на высоте 1,5 м от земли), проходящей через центр проема, в октавной полосе со среднегеометрической частотой 2000 Гц. На рис. 4-а показаны измеренные уровни звукового давления на расстоянии 2 м от проема по различным направлениям. Из рисунка видно, что диаграмма направленности такого точечного источника близка к круговой с равномерным излучением во всех направлениях. Однако наблюдаются более высокие значения уровней шума по оси проема. Уровни звукового давления здесь на 2,3 – 2,9 дБ выше. Рядом с ограждением происходит повышение уровня за счет отражения звуковой энергии от поверхности стены. (Рис. 4 – измеренные уровни шума (а) и фактор направленности открытого проема (б), определенный: 1 – по экспериментальным данным; 2 – рассчитанный на основе выражения (7)).

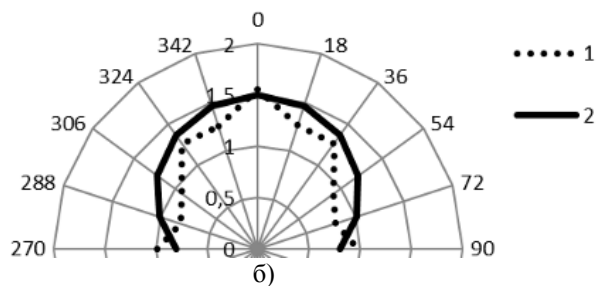
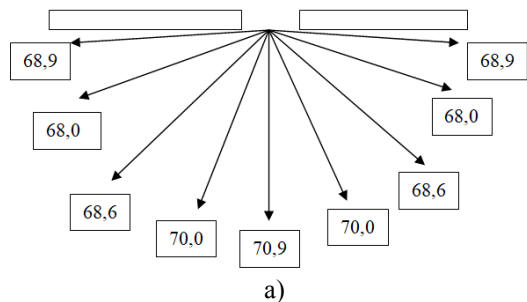


Рис. 4

Точки измерения уровней звукового поля находились в дальней от проема зоне при $r = 2 \text{ м} > l_{\text{max}} = 1,2 \text{ м}$. Поэтому проем в ограждении можно рассматривать как точечный источник звука. Для фактора направленности в этом случае предложена формула в виде комбинации равномерного излучения (рис. 1-а) и направленного излучения по закону Ламберта (рис. 1-б):

$$\Phi = 0,8 + 0,7 \cos \theta. \quad (7)$$

Коэффициенты распределения энергии между составляющими уравнения определены, исходя из условия максимального совпадения расчетных и экспериментальных данных. Графики фактора направленности для точечного открытого проема даны на рис. 4-б.

ВЫВОДЫ

1. Уровни звукового давления, создаваемые точечными источниками, определяются его акустической мощностью, пространственным углом излучения звуковой энергии и фактором направленности излучения, который зависит от конструктивного решения источника.

2. Для определения фактора направленности следует использовать предложенную в статье методику, основанную на экспериментальном определении диаграммы направленности излучения звуковой энергии источником и последующей ее аппроксимации с целью получения формул, учитывающих конкретные особенности излучения звука испытуемым источником.

3. Полученные в работе формулы для нескольких типов точечных источников, характерных для промышленных предпри-

ятий, могут использоваться при оценке зашумления помещений в производственных зданиях и на прилегающих к зданиям территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.П., Леденев В.И. Оценка шумового воздействия на окружающую среду вентиляционного оборудования, устанавливаемого на открытых площадках // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2014, № 3. С. 70...74.
2. Гусев В.П., Леденев В.И., Шубин И.Л. Оптимальная защита окружающей среды от шумового воздействия оборудования систем ОВК // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2014, № 3 (7). С. 32...42.
3. Giyasov B.I., Ledenyov V.I., Matveeva I.V. Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound // Magazine of Civil Engineering. – 2018, № 1 (77). P. 13...22.
4. Tsukernikov I., Shubin I., Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection // Procedia Engineering. Ser. "Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines, DVM 2016". – 2017. P. 218...225.
5. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection // Procedia Engineering. – 2017, № 176. P. 218.
6. Гусев В.П., Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных помещениях с перегородками неполной высоты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С.260...267.
7. Антонов А.И., Зубков А.Ф., Леденев В.И., Матвеева И.В. Метод расчета шума в плоских производственных помещениях с равномерно распределенным в них шумным оборудованием // Научный вестник Воронежского гос. архитектур.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2016, № 4 (44). С.21...29.
8. Антонов А.И., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Расчеты уровней прямого звука от линейных источ-

ников шума, располагающихся на промышленных предприятиях и в городской застройке // Вестник Волгоградского архитектур.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2013, № 31-1 (50). С.329...335.

9. Антонов А.И., Леденев В.И., Соломатин Е.О., Гусев В.П. Методы расчета уровней прямого звука, излучаемого плоскими источниками шума в городской застройке // Жилищное строительство. – 2013, № 6. С. 13...15.

10. Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Шубин И.Л. Оценка распространения прямого звука от звукоизолирующих ограждений технологического оборудования текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 167...173.

11. Антонов А.И., Леденев В.И., Соломатин Е.О., Шубин И.Л. Расчет шума при проектировании звукоизолирующих кожухов технологического оборудования // Строительные материалы. – 2015, № 6. С.39...41.

12. Гусев В.П., Леденев В.И. Оценка звуковой мощности оборудования в вентиляционных камерах // АВ ОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2009, № 3. С. 32.

13. Осипов Г.Л., Юдин Е.Ю., Хюбнер Г. и др. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Ю. Юдина. – М.: Стройиздат, 1987.

14. Гусев В.П., Леденев В.И., Лешко М.Ю. Расчет и проектирование шумоглушения систем вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и воздушного отопления // Справочное пособие к актуализированной редакции СНиП 23-03-2003. Защита от шума (СП 51.13330.2011). – М.: НИИ строительной физики РААСН, 2013.

REFERENCES

1. Gusev V.P., Ledenev V.I. Otsenka shumovogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredy ventilyatsionnogo oborudovaniya, ustanavlivaemogo na otkrytykh ploshchadkakh // AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika. – 2014, № 3. S. 70...74.

2. Gusev V.P., Ledenev V.I., Shubin I.L. Optimal'naya zashchita okruzhayushchey sredy ot shumovogo vozdeystviya oborudovaniya sistem OVK // Biosfer-naya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii. – 2014, № 3 (7). S. 32...42.

3. Giyasov B.I., Ledenyov V.I., Matveeva I.V. Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound // Magazine of Civil Engineering. – 2018, № 1 (77). P. 13...22.

4. Tsukernikov I., Shubin I., Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection // Procedia Engineering. Ser. "Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics

and Vibroacoustics of Machines, DVM 2016". – 2017. P. 218...225.

5. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection // Procedia Engineering. – 2017, №176. P. 218.

6. Gusev V.P., Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Raschety shuma pri proektirovanii shumozashchity v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh s peregorodkami nepolnoy vysoty // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 2. S.260...267.

7. Antonov A.I., Zubkov A.F., Ledenev V.I., Matveeva I.V. Metod rascheta shuma v ploskikh proizvodstvennykh pomeshcheniyakh s ravnomerno raspredelen-nyim v nikh shumnym oborudovaniem // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gos. arkhitekt.-stroit. un-ta. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2016, № 4 (44). S. 21...29.

8. Antonov A.I., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Raschety urovney pryamogo zvuka ot lineynykh istochnikov shuma, raspolagayushchikhsya na promyshlennykh predpriyatiyakh i v gorodskoy zastroyke // Vestnik Volgogradskogo arkhitekt.-stroit. un-ta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2013, № 31-1 (50). S. 329...335.

9. Antonov A.I., Ledenev V.I., Solomatin E.O., Gusev V.P. Metody rascheta urovney pryamogo zvuka, izluchaemogo ploskimi istochnikami shuma v gorodskoy zastroyke // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2013, № 6. S. 13...15.

10. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Shubin I.L. Otsenka rasprostraneniya pryamogo zvuka ot zvukoizoliruyushchikh ograzhdeniy tekhnologicheskogo oborudovaniya tekstil'noy i legkoy promyshlennosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 167...173.

11. Antonov A.I., Ledenev V.I., Solomatin E.O., Shubin I.L. Raschet shuma pri proektirovanii zvukoizoliruyushchikh kozhukhov tekhnologicheskogo oborudovaniya // Stroitel'nye materialy. – 2015, № 6. S. 39...41.

12. Gusev V.P., Ledenev V.I. Otsenka zvukovoy moshchnosti oborudovaniya v ventilyatsionnykh kamerakh // AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika. – 2009, № 3. S. 32.

13. Osipov G.L., Yudin E.Yu., Khyubner G. i dr. Snizhenie shuma v zdaniyakh i zhilykh rayonakh / Pod red. G.L. Osipova, E.Yu. Yudina. – М.: Stroyizdat, 1987.

14. Gusev V.P., Ledenev V.I., Leshko M.Yu. Raschet i proektirovanie shumoglusheniya sistem ventilyatsii, konditsionirovaniya vozdukha, kholodosnabzheniya i vozdushnogo otopleniya // Spravochnoe posobie k aktualizirovannoy redaktsii SNiP 23-03-2003. Zashchita ot shuma (SP 51.13330.2011). – М.: НИИ строительной физики РААСН, 2013.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 18.06.19.

**ДИАГРАММНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА
СТЕРЖНЕВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В КОНЕЧНЫХ ПРИРАЩЕНИЯХ
В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ НИЗКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**THE DIAGRAM METHOD OF CALCULATION
OF ROD REINFORCED CONCRETE STRUCTURES
IN FINITE INCREMENTS
IN CONDITIONS OF LOW NEGATIVE TEMPERATURES**

Н.И. КАРПЕНКО, С.Н. КАРПЕНКО, А.Н. ПЕТРОВ, В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ, Д.З. КАДИЕВ

N.I. KARPENKO, S.N. KARPENKO, A.N. PETROV, V.N. YARMAKOVSKY, D.Z. KADIEV

**(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
Петрозаводский государственный университет)**

**(Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences,
Petrozavodsk State University)**

E-mail: niisf_lab9@mail.ru; petr@psu.karelia.ru; yarmakovsky@yandex.ru

Разработаны аналитические зависимости для диаграмм деформирования замороженного бетона и арматуры, и на основе разработанных диаграмм построены физические соотношения для расчета стержневых железобетонных конструкций в конечных приращениях (на приращениях нагрузок).

Физические соотношения в конечных приращениях позволяют заменить многоитерационные методы решения задач с учетом физической нелинейности бетона и трещинообразования на более эффективные слабоитерационные и безитерационные.

Developed analytical relationships for the deformation diagrams of frozen concrete and reinforcement. On the basis of the developed diagrams, physical relations for the calculation of rod reinforced concrete structures in finite increments (at increments of loads) are made.

Physical relations in finite increments allow to replace multi-iterative methods of solving problems taking into account the physical nonlinearity of concrete and cracking with more effective weakly iterative and non-iterative methods.

Ключевые слова: диаграммы, низкие отрицательные температуры, конечные приращения, стержневые конструкции, косой изгиб, косое внецентренное сжатие, физические соотношения в приращениях.

Keywords: diagrams, low negative temperatures, the final increments, the rod structures, oblique bending, oblique eccentric compression, physical ratio in increments.

Исходные диаграммы деформирования бетона и арматуры в условиях действия низких отрицательных температур. Принимаются аналитические зависимости для диа-

грамм, представленные в работах [1], [2], с дополнительным введением поправочных коэффициентов β_{TE} , β_{TR} и β_{TE} , учитывающих влияние отрицательных температур соот-

ветственно на модуль, прочность бетона в вершине диаграммы (на R_b) и значение относительных деформаций в вершине диаграммы.

При этом модуль замороженного бетона, который обозначается E_{bT} , равен:

$$E_{bT} = E_b \beta. \quad (1)$$

Напряжения в вершине диаграммы замороженного бетона:

$$\hat{\sigma}_{bT} = \hat{\sigma}_b \beta_R, \quad (2)$$

где $\hat{\sigma}_b = R_b$ – призмочная прочность бетона при $t = +20^\circ\text{C}$.

Продольные деформации в вершине диаграммы замороженного бетона:

$$\hat{\varepsilon}_{bT} = \hat{\varepsilon}_b \beta_\varepsilon, \quad (3)$$

где $\hat{\varepsilon}_b$ – деформации в вершине диаграммы при $t = +20^\circ\text{C}$, которые определяются по указаниям [7].

Значения коэффициентов β_{TE} , β_{TR} и $\beta_{T\varepsilon}$ исследованы в [3], [4] на основании анализа данных экспериментальных исследований [5], [6]. Показано, что на значение этих коэффициентов существенное влияние оказывают такие технологические факторы, как водоцементное отношение (В/Ц) и влажность W образцов бетона начала действия отрицательных температур на основании данных экспериментальных исследований, представленных в [5], [6].

Определив $\hat{\sigma}_{bT}$, $\hat{\varepsilon}_{bT}$, E_{bT} , можно вычислить коэффициент секущего модуля, соответствующий вершине диаграммы деформирования бетона в замороженном состоянии:

$$\hat{\nu}_{bT} = \frac{\hat{\sigma}_{bT}}{\hat{\varepsilon}_{bT} E_{bT}}. \quad (4)$$

Секущий модуль для промежуточных уровней нагружения:

$$\eta = \frac{\sigma_b}{\hat{\sigma}_{bT}} \quad (5)$$

определяется по зависимости из [1] с учетом замены $\hat{\nu}_b$ на $\hat{\nu}_{bT}$:

$$\nu_b = \hat{\nu}_{bT} + (1 - \hat{\nu}_{bT}) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - (1 - \omega_1) \eta^2}, \quad (6)$$

где ω_1 – параметр кривизны диаграммы,

$$\omega_1 = 2 - 2,5 \hat{\nu}_{bT}.$$

Вычисляя ν_b для различных уровней напряжений σ_b , можно определить соответствующие значения деформаций бетона по формуле:

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{\nu_b E_{bT}}. \quad (7)$$

Представленные выше зависимости относятся к определению деформаций бетона при сжатии.

Диаграмма деформирования тяжелого бетона при одноосном растяжении корректируется следующим образом. В зависимостях (8)...(10) σ_b заменяется на σ_{bt} , $\hat{\sigma}_{bt}$ на $\hat{\sigma}_{btT}$, ν_b на ν_{bt} , $\hat{\nu}_{bt}$ на $\hat{\nu}_{btT}$, $R_b = R_{bt}$.

При этом

$$\hat{\sigma}_{btT} = R_{bt} \beta_{Rt}, \quad (8)$$

$$\hat{\nu}_{btT} = (0,6 + 0,15 R_{bt} / R_{b0}) / \gamma_{btT}, \quad (9)$$

$$R_{b0} = 2,5 \text{ МПа},$$

где согласно данным экспериментальных исследований [8] можно принять:

$$\beta_{Rt} = 1 + \left[0,15 + 0,5 \left(\frac{W\% - 3\%}{1\%} \right) \right] \left(\frac{20^\circ\text{C} - t^\circ\text{C}}{90^\circ\text{C}} \right), \quad (10)$$

$$\gamma_{bt} = 1 + 0,1 \left(\frac{W\% - 3\%}{1\%} \right) \left(\frac{20^\circ\text{C} - t^\circ\text{C}}{90^\circ\text{C}} \right). \quad (11)$$

Диаграммы деформирования арматуры.

На диаграммы деформирования арматуры отрицательные температуры оказывают малое влияние. В связи с этим зависимости между напряжениями и деформациями для арматуры могут приниматься в виде:

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s v_s}, \quad (12)$$

где на линейном отрезке диаграммы $v_s = 1$, на нелинейном участке v_s определяется по формуле (6), в которой v_b , \hat{v}_{bt} , σ_b заменяются соответственно на v_s , \hat{v}_s , σ_s ; последние определяются в зависимости от вида нелинейных участков диаграмм деформирования арматуры по рекомендациям [1], [7]. Зависимости (8) используются для описания деформаций железобетонного элемента в сечениях или части сечений, где отсутствуют трещины и соблюдается условие совместности деформаций арматуры и бетона ($\varepsilon_s = \varepsilon_b$). В части сечения с трещинами это условие нарушается и вводятся средние деформации ε_s арматуры на участках между трещинами и напряжения σ_s арматуры в трещинах, которые определяются по зависимости:

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s \Psi_s}{E_s v_s} = \frac{\sigma_s}{E_s v_{sm}}, \quad (13)$$

где $v_{sm} = v_s / \Psi_s$, Ψ_s – коэффициент В.И. Мурашева, учитывающий влияние частичного сцепления арматуры с бетоном между трещинами на средние деформации арматуры, которые определяются по формулам из [2].

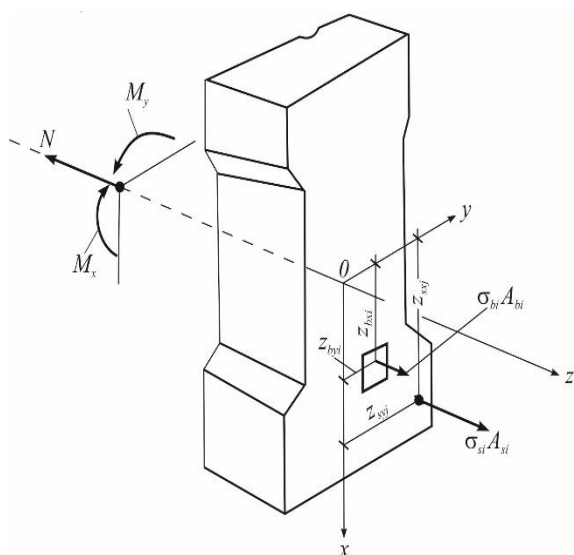


Рис. 1

Общий вид физических соотношений.

Метод вывода основных физических соотношений для расчета стержневых железобетонных конструкций в общем случае косоугольного изгиба и косоугольного внецентренного сжатия указан в [9]. При этом рассматриваются стержневые железобетонные элементы некоторого сложного сечения, подвергнутого действию двух изгибающих моментов M_x , M_y , действующих соответственно в плоскостях OY и OX и нормальной силы N , действующей вдоль оси Z (рис. 1 – расчетная схема нормального сечения железобетонного элемента).

Изгибающие моменты и нормальная сила связываются с напряжениями в бетоне и арматуре на основе численного интегрирования. Для этого сечение элемента разделяется на i -элементарных участков бетона с площадями ΔA_{bi} и координатами центра тяжести Z_{bxi} , Z_{byi} (i – номера участков бетона). Каждый арматурный стержень представляется площадью A_{sk} в части сечения без трещин и площадью A_{sj} – для участков сечения с трещинами (k, j – номера арматурных стержней) и фиксируется координатами его центра тяжести Z_{syk} , Z_{szk} . Вводятся следующие обозначения для напряжений и относительных деформаций:

σ_{bi} , ε_{bi} – напряжения и относительные деформации бетона на i -м участке без трещин;

σ_{sk} , ε_{sk} – напряжения и относительные деформации арматуры на участках без трещин;

σ_{sj} , ε_{sj} – соответственно напряжения в арматуре в трещинах и ее средние деформации на участках между трещинами;

ε_{bi}^0 , ε_{sk}^0 , ε_{sj}^0 – температурные деформации соответственно бетона, арматуры в области сечения без трещин и арматуры в области сечения с трещиной.

Напряжения σ_{bi} в бетоне на участках i без трещин, напряжения в арматуре σ_{sk} на участках без трещин и напряжения σ_{sj} в арматуре в трещинах определяются по зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{bi} &= (\varepsilon_i - \varepsilon_{bi}^0) E_b v_{bi}, \\ \sigma_{sk} &= (\varepsilon_k - \varepsilon_{sk}^0) E_s v_{sk}, \\ \sigma_{sj} &= (\varepsilon_j - \varepsilon_{sj}^0) E_s v_{smj}, \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

где v_{bi} , v_{sk} , v_{smj} – коэффициенты секущих модулей соответственно бетона, арматуры в сечениях без трещин и в сечениях с трещинами, определяемые по представленным выше диаграммам с учетом действия отрицательных температур; ε_{bi}^0 , ε_{sk}^0 , ε_{sj}^0 – температурные деформации:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{bi}^0 &= \alpha_{bi} t_i, \\ \varepsilon_{sk}^0 &= \alpha_{sk} t_k, \\ \varepsilon_{sj}^0 &= \alpha_{sj} t_j. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Здесь t_i , t_k , t_j – приращения температуры на участках i , k , j .

Относительные деформации в бетоне и арматуре выражаются через r_x – кривизну элемента в плоскости ZOY, r_y – кривизну элемента в плоскости ZOX и ε_0 – относительные удлинения на уровне оси Z по зависимостям гипотезы плоских сечений. Для элементов с трещинами гипотеза плоских сечений считается справедливой для средних деформаций на участке между трещинами.

На основе указанных предпосылок устанавливаются физические соотношения вида:

$$\begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ N \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} \\ D_{12} & D_{22} & D_{23} \\ D_{13} & D_{23} & D_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} r_x \\ r_y \\ \varepsilon_0 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} M_x^0 \\ M_y^0 \\ N_t^0 \end{Bmatrix}, \quad (16)$$

где M_x^0 , M_y^0 , N_t^0 – условные (эквивалентные) усилия, вызываемые температурными деформациями ε_{bi}^0 , ε_{sk}^0 , ε_{sj}^0 и определяемые по зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} M_x^0 &= \sum_i \varepsilon_{bi}^0 A_{bi} z_{bxi} E_b v_{bi} + \sum_k \varepsilon_{sk}^0 A_{sk} z_{sxx} E_s v_{sk} + \sum_j \varepsilon_{sj}^0 A_{sj} z_{sxj} E_s v_{smj}, \\ M_y^0 &= \sum_i \varepsilon_{bi}^0 A_{bi} z_{byi} E_b v_{bi} + \sum_k \varepsilon_{sk}^0 A_{sk} z_{syk} E_s v_{sk} + \sum_j \varepsilon_{sj}^0 A_{sj} z_{syj} E_s v_{smj}, \\ N_t^0 &= \sum_i \varepsilon_{bi}^0 A_{bi} E_b v_{bi} + \sum_k \varepsilon_{sk}^0 A_{sk} E_s v_{sk} + \sum_j \varepsilon_{sj}^0 A_{sj} E_s v_{smj}, \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

D_{ij} – жесткости элемента, которые вычис-

ляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} D_{11} &= \sum_i A_{bi} z_{1bi}^2 E_b v_{bi} + \sum_k A_{sk} z_{1sk}^2 E_s v_{sk} + \sum_j A_{sj} z_{1sj}^2 E_s v_{smj}, \\ D_{12} &= \sum_i A_{bi} z_{1bi} z_{2bi} E_b v_{bi} + \sum_k A_{sk} z_{1sk} z_{2sk} E_s v_{sk} + \sum_j A_{sj} z_{1sj} z_{2sj} E_s v_{smj}, \\ D_{13} &= \sum_i A_{bi} z_{1bi} E_b v_{bi} + \sum_k A_{sk} z_{1sk} E_s v_{sk} + \sum_j A_{sj} z_{1sj} E_s v_{smj}, \\ D_{22} &= \sum_i A_{bi} z_{2bi}^2 E_b v_{bi} + \sum_k A_{sk} z_{2sk}^2 E_s v_{sk} + \sum_j A_{sj} z_{2sj}^2 E_s v_{smj}, \\ D_{23} &= \sum_i A_{bi} z_{2bi} E_b v_{bi} + \sum_k A_{sk} z_{2sk} E_s v_{sk} + \sum_j A_{sj} z_{2sj} E_s v_{smj}, \\ D_{33} &= \sum_i A_{bi} E_b v_{bi} + \sum_k A_{sk} E_s v_{sk} + \sum_j A_{sj} E_s v_{smj}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Метод преобразования физических соотношений (16)...(18) в физические соотношения в конечных приращениях.

Используем подход, разработанный в [10], [11]. Соотношения (16)...(18) записы-

ваются для двух ступеней нагрузки $P_{(n)}$ и $P_{(n+1)} = (P_n + \Delta P)$ и из второй системы $(n+1)$ вычитается система (n) :

$$\begin{aligned} (M_{x(n+1)} - M_{x(n)}) &= (D_{11(n+1)}r_{x(n+1)} - D_{11(n)}r_{x(n)}) + (D_{12(n+1)}r_{y(n+1)} - D_{12(n)}r_{y(n)}) + \\ &+ (D_{13(n+1)}\varepsilon_{0(n+1)} - D_{13(n)}\varepsilon_{0(n)}) - (M_{x(n+1)}^0 - M_{x(n)}^0), \\ (M_{y(n+1)} - M_{y(n)}) &= (D_{12(n+1)}r_{x(n+1)} - D_{12(n)}r_{x(n)}) + (D_{22(n+1)}r_{y(n+1)} - D_{22(n)}r_{y(n)}) + \\ &+ (D_{23(n+1)}\varepsilon_{0(n+1)} - D_{23(n)}\varepsilon_{0(n)}) - (M_{y(n+1)}^0 - M_{y(n)}^0), \\ (N_{(n+1)} - N_{(n)}) &= (D_{13(n+1)}r_{x(n+1)} - D_{13(n)}r_{x(n)}) + (D_{23(n+1)}r_{y(n+1)} - D_{23(n)}r_{y(n)}) + \\ &+ (D_{33(n+1)}\varepsilon_{0(n+1)} - D_{33(n)}\varepsilon_{0(n)}) - (N_{t(n+1)}^0 - N_{t(n)}^0). \end{aligned} \quad (19)$$

Здесь

$$\begin{aligned} (M_{x(n+1)} - M_{x(n)}) &= \Delta M_x; \quad (M_{y(n+1)} - M_{y(n)}) = \Delta M_y, \\ (N_{(n+1)} - N_{(n)}) &= \Delta N; \quad (M_{x(n+1)}^0 - M_{x(n)}^0) = \Delta M_x^0, \\ (M_{y(n+1)}^0 - M_{y(n)}^0) &= \Delta M_y^0; \quad (N_{t(n+1)}^0 - N_{t(n)}^0) = \Delta N_t^0, \end{aligned} \quad (20)$$

где ΔM_x , ΔM_y , ΔN – конечные приращения моментов M_x , M_y и силы N ; ΔM_x^0 , ΔM_y^0 , ΔN_t^0 – конечные приращения условных усилий от действия температуры; аналогично – конечные приращения кривизны r_x и r_y и относительных деформаций $\varepsilon_{(0)}$ составляют:

$$\begin{aligned} r_{x(n+1)} - r_{x(n)} &= \Delta r_x, \\ r_{y(n+1)} - r_{y(n)} &= \Delta r_y, \\ \varepsilon_{0(n+1)} - \varepsilon_{0(n)} &= \Delta \varepsilon_0. \end{aligned} \quad (21)$$

Умножив и одновременно разделив первые разности в правой части (19) на Δr_x ,

вторые – на Δr_y и третьи – на $\Delta \varepsilon_0$, находим:

$$\left. \begin{aligned} D_{11}^k &= \frac{D_{11(n+1)}r_{x(n+1)} - D_{11(n)}r_{x(n)}}{\Delta r_x}, \\ D_{22}^k &= \frac{D_{22(n+1)}r_{y(n+1)} - D_{22(n)}r_{y(n)}}{\Delta r_y}, \\ D_{33}^k &= \frac{D_{33(n+1)}\varepsilon_{0(n+1)} - D_{33(n)}\varepsilon_{0(n)}}{\Delta \varepsilon}, \\ D_{12}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{D_{12(n+1)}r_{y(n+1)} - D_{12(n)}r_{y(n)}}{\Delta r_y} + \frac{D_{12(n+1)}r_{x(n+1)} - D_{12(n)}r_{x(n)}}{\Delta r_x} \right], \\ D_{13}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{D_{13(n+1)}\varepsilon_{0(n+1)}^0 - D_{13(n)}\varepsilon_{0(n)}^0}{\Delta \varepsilon^0} + \frac{D_{13(n+1)}r_{x(n+1)} - D_{13(n)}r_{x(n)}}{\Delta r_x} \right], \\ D_{23}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{D_{23(n+1)}\varepsilon_{0(n+1)}^0 - D_{23(n)}\varepsilon_{0(n)}^0}{\Delta \varepsilon_0} + \frac{D_{23(n+1)}r_{y(n+1)} - D_{23(n)}r_{y(n)}}{\Delta r_y} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Усреднение побочных коэффициентов вводится, чтобы избежать погрешностей в определении побочных коэффициентов на приращениях, которые будут приводить к нарушению симметрии и усложнению расчетов.

С учетом (22) зависимости (16) преобразовываются к виду:

$$\begin{Bmatrix} \Delta M_x \\ \Delta M_y \\ \Delta N \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11}^k & D_{12}^k & D_{13}^k \\ D_{12}^k & D_{22}^k & D_{23}^k \\ D_{13}^k & D_{23}^k & D_{33}^k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta \epsilon_x \\ \Delta \epsilon_y \\ \Delta \epsilon_0 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \Delta M_x^0 \\ \Delta M_y^0 \\ \Delta N_t^0 \end{Bmatrix}. \quad (23)$$

Зависимости (23), как и зависимости (16), могут использоваться в построениях конечных элементов для расчета стержневых железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях действия отрицательных температур. Однако конечно-элементные модели, построенные на основании (23), для решения задач, учитывая существенную физическую нелинейность, требуют применения шагово-итерационных методов с большим количеством итераций. Как показал опыт расчета плит и балок-стенок без учета влияния температурных деформаций [11], использование физических соотношений в виде (23) позволяет производить расчеты безитерационным или слабо-итерационным методами.

ВЫВОДЫ

1. На основании анализа результатов экспериментальных исследований выполнена корректировка диаграмм деформирования бетона и арматуры применительно к условиям действия низких отрицательных температур в диапазоне от +20°C до -70°C.

2. Представлено построение физических соотношений в конечных приращениях, предназначенных для расчета стержневых железобетонных конструкций современными вычислительными методами (МКЭ и др.) в условиях совместного действия нагрузок и значительных по величине отрицательных температур с использованием слабоитерационных и безитерационных подходов для решения разрешающих систем уравнений с учетом физической нелинейности.

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. С. 92...126.

2. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н. О диаграммной методике расчета деформаций стержневых элементов и ее частных случаях // Бетон и железобетон. – 2012, №6. С.20...27.

3. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н., Карпенко С.Н., Кадиев Д.З. О построении диаграммного метода расчета стержневых железобетонных конструкций в условиях действия низких отрицательных температур // Изв. вузов. Строительство. – 2018, №6 (714), июнь. С. 5...17.

4. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н., Карпенко С.Н., Кадиев Д.З. К диаграммам деформирования бетона под нагрузкой при действии температуры до минус 70°C в зависимости от его структурно-технологических характеристик // Строительные материалы. – 2018, №6. С. 13...19.

5. Москвин В.М., Капкин М.М., Савицкий А.Н., Ярмаковский В.М. Бетон для строительства в суровых климатических условиях. – Л.: Ленинградское отделение Стройиздата, 1973. С. 168.

6. Ярмаковский В.Н. О методе расчета железобетонных конструкций повышенной морозостойкости // НИИЖБ: Повышение стойкости бетона и железобетона при воздействии агрессивных сред. – М., 1975. С. 34...39.

7. Статически неопределимые железобетонные конструкции. Диаграммные методы автоматизированного расчета и проектирования. – М.: Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве, 2017.

8. Истомина А.Д. Работа центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательной температуре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С. 141...144.

9. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н. Диаграммный метод расчета стержневых железобетонных конструкций, эксплуатируемых при действии низких отрицательных температур // Academia. Архитектура и строительство. – 2017, №1.

10. Карпенко С.Н. Построение общей методики расчета железобетонных стержневых конструкций в форме конечных приращений // Бетон и железобетон. – 2005, №1. С.13...18.

11. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Петров А.Н., Паловина С.Н. Модель деформирования железобетона в приращениях и расчет железобетонных балок-стенок и изгибаемых плит с трещинами. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. С. 200.

REFERENCES

1. Karpenko N.I. Obshchie modeli mekhaniki zhelezobetona. – M.: Stroyizdat, 1996. S. 92...126.

2. Karpenko N.I., Karpenko S.N. O diagrammnoy metodike rascheta deformatsiy stержnevyykh elementov i ee chastnykh sluchayakh // Beton i zhelezobeton. – 2012, №6. S.20...27.

3. Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N., Karpenko S.N., Kadiev D.Z. O postroenii diagrammnogo metoda rascheta sterzhnevyykh zhelezobetonnykh konstruksiy v usloviyakh deystviya nizkikh otritsatel'nykh temperatur // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2018, №6 (714), iyun'. S. 5...17.

4. Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N., Karpenko S.N., Kadiev D.Z. K diagrammam deformirovaniya betona pod nagruzkoy pri deystvii temperatury do minus 70°C v zavisimosti ot ego strukturno-tekhnologicheskikh kharakteristik // Stroitel'nye materialy. – 2018, №6. S. 13...19.

5. Moskvina V.M., Kapkin M.M., Savitskiy A.N., Yarmakovskiy V.M. Beton dlya stroitel'stva v surovyykh klimaticheskikh usloviyakh. – L.: Leningradskoe otdelenie Stroyizdata, 1973. S. 168.

6. Yarmakovskiy V.N. O metode rascheta zhelezobetonnykh konstruksiy povyshennoy morozostoykosti // NIIZhB: Povyshenie stoykosti betona i zhelezobetona pri vozdeystvii agressivnykh sred. – M., 1975. S.34...39.

7. Sticheski neopredelimye zhelezobetonnye konstruksii. Diagrammnye metody avtomatizirovannogo rascheta i proektirovaniya. – M.: Federal'nyy tsentr normirovaniya, standartizatsii i otsenki sootvetstvie v stroitel'stviya, 2017.

8. Istomin A.D. Rabota tsentral'no-rastyanytykh zhelezobetonnykh elementov pri otritsatel'noy temperature // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №2. S. 141...144.

9. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N. Diagrammnyy metod rascheta sterzhnevyykh zhelezobetonnykh konstruksiy, ekspluatiruemykh pri vozdeystvii nizkikh otritsatel'nykh temperatur // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. – 2017, №1.

10. Karpenko S.N. Postroenie obshchey metodiki rascheta zhelezobetonnykh sterzhnevyykh konstruksiy v forme konechnykh prirashcheniy // Beton i zhelezobeton. – 2005, №1. S.13...18.

11. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Petrov A.N., Palyuvina S.N. Model' deformirovaniya zhelezobetona v prirashcheniyakh i raschet zhelezobetonnykh balok-stenok i izgibaemykh plit s treshchinami. – Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2013. C. 200.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

УДК 536.2:69.022

УРАВНЕНИЯ ИЗОТЕРМ СОРБЦИИ ПАРОВ ВОДЫ МАТЕРИАЛАМИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

EQUATIONS OF ISOTHERMS SORPTION OF WATER VAPORS BY BUILDINGS CONSTRUCTIONS MATERIALS

И.Я. КИСЕЛЕВ

I.YA. KISELYOV

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)

(Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences)

E-mail: ikiselyov@bk.ru

Предложена эмпирическая формула, описывающая изотермы сорбции паров воды строительными материалами. Разработаны методы определения констант этой формулы и емкости монослоя адсорбированных паров воды по результатам экспериментального измерения равновесной сорбционной влажности материалов. Для семи материалов получены формулы, описывающие зависимость равновесной сорбционной влажности от относительной влажности воздуха. Полученные формулы могут быть применены при расчете сопротивления теплопередачи наружных ограждающих конструкций зданий.

An empirical formula describing the isotherms of water vapor sorption by building materials is proposed. Methods have been developed for determining the constants of this formula and the capacity of a monolayer of adsorbed water vapor from the results of experimental measurements of the equilibrium sorption moisture of materials. For seven materials, formulae describing the dependence of the equilibrium sorption humidity on the relative humidity of the air have been obtained. The obtained formulay can be applied when calculating the heat transfer resistance of the external building envelope.

Ключевые слова: строительные материалы, равновесная сорбционная влажность, изотермы сорбции, эмпирические формулы.

Keywords: building materials, equilibrium sorption humidity, sorption isotherms, empirical formulae.

Для проведения расчетов структурных характеристик строительных материалов на основании изотерм сорбции паров воды этими материалами, а также для проведения теплотехнических расчетов ограждающих конструкций, при изготовлении которых использованы данные материалы, необходимо располагать аналитической записью уравнения изотермы сорбции паров воды этими материалами [1...6]. БЭТ- и N-уравнения [7...15] изотерм сорбции паров воды не могут быть использованы для этой цели, так как оба эти уравнения не учитывают явление капиллярной конденсации паров воды в порах строительных материалов при больших значениях относительной влажности воздуха.

Для аналитического описания процесса сорбции паров воды строительными материалами во всем диапазоне изменения относительной влажности воздуха могут быть использованы две эмпирические формулы. Первая формула выведена У.Д. Харкинсом (W. Harkins) и Г. Джурой (G. Jura) [16], [17], а вторая – Дж. Хелси (G. Halsey) [18], [19]. Дж. Хелси вывел формулу теоретически, рассматривая процесс адсорбции газообразного адсорбата адсорбентом, поверхность которого не является однородной. Несмотря на то, что формула Дж. Хелси выведена теоретически, она представляет собой только хорошую эмпирическую формулу изотермы сорбции, так как входящие в состав формулы константы могут быть определены только по результатам обработки экспериментально полученной изотермы сорбции, то есть яв-

ляются эмпирическими константами. Однако следует отметить, что формула Дж. Хелси имеет преимущество по сравнению с формулой У.Д. Харкинса – Г. Джуря, так как предоставляет возможность для последующего анализа процесса сорбции и прогнозирования хода этого процесса при других температурах. В данной работе формула Дж. Хелси применена в качестве эмпирической формулы для аналитического описания изотермы сорбции паров воды строительными материалами во всем диапазоне изменения относительной влажности воздуха.

Кратко изложим порядок получения эмпирической формулы, аналитически описывающей экспериментально полученную изотерму сорбции. Запишем формулу Дж. Хелси в предложенной им форме:

$$\frac{w_p}{w_m} = \left[\frac{a}{RT(-\ln \varphi)} \right]^{\frac{1}{r}}, \quad (1)$$

где w_p – равновесная сорбционная влажность материала, кг/кг; w_m – емкость монослоя, кг/кг; T – температура, К; $R = 8,314 \cdot 10^3$ Дж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная; φ – относительная влажность воздуха, Па/Па; a – эмпирическая константа, Дж/кмоль; r – эмпирическая константа.

Так как Дж. Хелси анализировал не зависимость w_p от φ , а зависимость отношения w_p/w_m от φ , то необходимые для расчетов численные значения емкости монослоя w_m паров воды для исследованных материалов

предварительно были определены по N-методу [7], [9], [10].

Далее запишем уравнение (1) в следующей форме:

$$\ln\left(\frac{w_p}{w_m}\right) = \frac{1}{r} \ln\left(\frac{1}{-\ln \varphi}\right) + \frac{1}{r} \ln \frac{a}{RT}. \quad (2)$$

При этой форме записи $y = \ln\left(\frac{w_p}{w_m}\right)$ явля-

ется линейной функцией аргумента $x = \ln\left(\frac{1}{-\ln \varphi}\right)$.

Далее для исследуемого материала по n измеренным значениям равновесной сорбционной влажности w_{pi} , которые соответствуют значениям относительной влажности воздуха φ_i , составляем таблицу значений

$$y_i = \ln\left(\frac{w_{pi}}{w_m}\right), \text{ соответствующих } x_i = \ln\left(\frac{1}{-\ln \varphi_i}\right).$$

На основании данных, представленных в этой таблице, методом регрессивного анализа находим коэффициенты линейной регрессии:

угловой

$$a_n = \frac{1}{r} \quad (3)$$

и постоянный

$$b_n = \frac{1}{r} \ln \frac{a}{RT}. \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) следует:

$$r = \frac{1}{a_n}, \quad (5)$$

$$a = RT \exp\left(\frac{b_n}{a_n}\right). \quad (6)$$

Вычисляем по формулам (5) и (6) значения констант a и r . Подставив ранее определенные значения емкости монослоя w_m [7], [9], [10] и вычисленные значения констант a и r , а также температуры T в формулу (1), получим эмпирическое уравнение изотермы исследуемого материала при той температуре T , при которой проведен эксперимент. Для удобства последующего анализа целесообразно записать уравнение изотермы в виде:

$$w_p(\varphi) = w_m \left[\frac{a}{RT(-\ln \varphi)} \right]^{\frac{1}{r}}. \quad (7)$$

В табл.1 в качестве примера представлены результаты обработки изотерм сорбции паров воды семи исследованных строительных материалов. Изотермы экспериментально измерены на вакуумной сорбционной установке при температуре $+20^\circ\text{C}$. Обработка выполнена с целью получения эмпирических формул, описывающих изотермы сорбции исследованных материалов при этой температуре.

Т а б л и ц а 1

Материал	Плотность γ_o , кг/м ³	Емкость монослоя w_m , кг/кг	Константы эмпирической формулы		Коэффициенты линейной регрессии		Коэффициент корреляции
			a , $10^6 \times$ \times Дж/кмоль	r	угловой a_n	постоянный b_n	
Керамзитобетон	850	0,0166	5,30	2,25	0,445	0,346	0,983
Арболит	650	0,0361	4,79	1,83	0,546	0,369	0,991
Шунгзитобетон	1100	0,0112	6,47	2,67	0,374	0,365	0,981
Пенобетон	750	0,0160	4,55	1,83	0,546	0,341	0,989
Керамзитобетон	1200	0,0746	6,36	2,21	0,453	0,434	0,995
Газобетон	400	0,0136	5,22	2,18	0,460	0,350	0,997
Газобетон	700	0,0184	5,40	1,73	0,579	0,460	0,992
Фильтровальная бумага	-	0,0343	5,50	2,32	0,432	0,352	0,982

В табл. 1 приведены значения емкости монослоя w_m , определенные по N-методу, и значения констант a и τ эмпирической формулы, вычисленные по формулам (5) и (6). В таблице также представлены значения коэффициентов линейной регрессии a_n и b_n , полученные при обработке изотерм сорбции методом регрессивного анализа и значения коэффициента корреляции линейной регрессии. Путем подстановки в формулу (7) значений емкости монослоя w_m , констант a и τ , а также температуры $T = 293,15$ К ($+20^\circ\text{C}$), можно получить эмпирические формулы, описывающие изотермы сорбции каждого исследуемого материала при этой температуре.

ВЫВОДЫ

Полученные эмпирические формулы с точностью (коэффициент корреляции 0,981...0,997), достаточной для теплотехнических расчетов наружных ограждающих конструкций зданий, описывают зависимости равновесной сорбционной влажности материалов конструкций от относительной влажности воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gagarin Vladimir, Akhmetov Vadim and Zubarev Kirill. Moisture behavior calculation of single-layer enclosing structure by means of discrete-continuous method // MATEC Web Conf. – V. 170, 2018.
2. Gagarin Vladimir, Akhmetov Vadim and Zubarev Kirill. Unsteady-state moisture behavior calculation for multilayer enclosing structure made of capillary-porous materials // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 177 (2018) 01202.
3. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Методика выбора энергоресурсосберегающих решений на этапе эксплуатации жилых зданий // Бюллетень строительной техники. – 2017, № 6 (994). С. 54...55.
4. Пастушков П.П., Павленко Н.В., Коркина Е.В. Использование расчетного определения эксплуатационной влажности теплоизоляционных материалов // Строительство и реконструкция. – 2015, № 4 (60). С. 168...172.
5. Гагарин В.Г., Пастушков П.П., Реутова Н.А. К вопросу о назначении расчетной влажности строительных материалов по изотерме сорбции // Строительство и реконструкция. – 2015, № 4 (60). С.152...155.
6. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Определение расчетной влажности строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. – 2015, №8. С. 28...33.

7. Брунауэр С. Адсорбция паров и газов. – Т.1. Физическая адсорбция. – М., 1948.

8. Брунауэр С., Гринберг С.А. Гидратация трехкальциевого и р-двухкальциевого силиката при комнатной температуре // В кн. IV Международный конгресс по химии цемента. – М., 1964. С. 21...32.

9. Гагарин В.Г. О модификации t-метода для определения удельной поверхности макро- и мезопористых адсорбентов // Журнал физической химии. – 1985. Т. 59, № 5. С. 1838...1839.

10. Грег С., Синг Л. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М., 1984.

11. Brunauer S., Emmet P.H., Teller E. Adsorption of Gases in multimolecular layers. // J. Am. Chem. Soc. – Vol. 60, № 2, 1938. P. 309...319.

12. Hanna K.M., Older I., Brunauer S., Hagymassy J., Bodor E. Pore structure analysis by oxygen adsorption. I. t-curves and methods of analysis // J. Coll. Int. Sci. – Vol. 45, № 1, 1973. P. 27...37.

13. Lippens B.C., De Boer J.H. Studies on pore in catalysts. 5. The t-method. // J. Catalysis. – Vol. 4, № 3, 1965. P. 319...323.

14. Payne D.A., Sing K.S.W., Turk D.H. Comparison of argon and nitrogen adsorption isotherms on porous and nonporous hydroxylated silica // J. Coll. Int. Sci. – Vol. 43, № 2, 1973. P. 287...293.

15. Sheck T., Oinonen H. Measurements of pore size distribution of porous materials. – Helsinki, 1970.

16. Harkins W.D., Jura G. A vapour adsorption method for the determination of the area and the areas occupied by nitrogen and other molecules on surface of a solid // J. Am. Chem. Soc. – Vol. 66, № 8, 1944. P.1366... 1373.

17. Jura G., Harkins W.D. A new adsorption isotherm which is valid over a very wide range of pressure // J. Chem. Phys. – Vol. 11, № 9, 1943. P. 430...431.

18. Halsey G. Physical adsorption on non-uniform surface // J. Chem. Phys. – Vol. 16, № 10, 1948. P.931...937.

19. Singleton J.H., Halsey G.D. Analysis of physical adsorption phenomena // Canad. J. Chem. – Vol. 33, 1955. P. 184...192.

REFERENCES

1. Gagarin Vladimir, Akhmetov Vadim and Zubarev Kirill. Moisture behavior calculation of single-layer enclosing structure by means of discrete-continuous method // MATEC Web Conf. – V. 170, 2018.
2. Gagarin Vladimir, Akhmetov Vadim and Zubarev Kirill. Unsteady-state moisture behavior calculation for multilayer enclosing structure made of capillary-porous materials // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 177 (2018) 01202.
3. Sheina S.G., Minenko E.N. Metodika vybora energoresursosberegayushchikh resheniy na etape ekspluatatsii zhilykh zdaniy // Byulleten' stroitel'noy tekhniki. – 2017, № 6 (994). S. 54...55.
4. Pastushkov P.P., Pavlenko N.V., Korkina E.V. Ispol'zovanie raschetnogo opredeleniya ekspluatatsion-

noy vlazhnosti teploizolyatsionnykh materialov // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2015, № 4 (60). S.168...172.

5. Gagarin V.G., Pastushkov P.P., Reutova N.A. K voprosu o naznacheniі raschetnoy vlazhnosti stroitel'nykh materialov po izoterme sorbtzii // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2015, № 4 (60). S. 152...155.

6. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Opredelenie raschetnoy vlazhnosti stroitel'nykh materialov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2015, № 8. S.28...33.

7. Brunauer S. Adsorbtsiya parov i gazov. – V.1. Fizicheskaya adsorbtsiya. – M., 1948.

8. Brunauer S., Grinberg S.A. Gidratatsiya trekhkal'tsievogo i r-dvukhkal'tsievogo silikata pri komnatnoy temperature // V kn. IV Mezhdunarodnyy kongress po khimii tsementa. – M., 1964. S. 21...32.

9. Gagarin V.G. O modifikatsii t-metoda dlya opredeleniya udel'noy poverkhnosti makro- i mezoporistykh adsorbentov // Zhurnal fizicheskoy khimii. – 1985. V.59, № 5. S. 1838...1839.

10. Greg S., Sing L. Adsorbtsiya, udel'naya poverkhnost', poristost'. M., 1984.

11. Brunauer S., Emmet P.H., Teller E. Adsorption of Gases in multimolecular layers.// J. Am. Chem. Soc. – Vol. 60, № 2, 1938. P. 309...319.

12. Hanna K.M., Older I., Brunauer S., Hagymassy J., Bodor E. Pore structure analysis by oxygen adsorption. I. t-curves and methods of analysis // J. Coll. Int. Sci. – Vol. 45, № 1, 1973. P. 27...37.

13. Lippens B.C., De Boer J.H. Studies on pore in catalysts. 5. The t-method.// J. Catalysis. – Vol. 4, № 3, 1965. P. 319...323.

14. Payne D.A., Sing K.S.W., Turk D.H. Comparison of argon and nitrogen adsorption isotherms on porous and nonporous hydroxylated silica // J. Coll. Int. Sci. – Vol. 43, № 2, 1973. P. 287...293.

15. Sheck T., Oinonen H. Measurements of pore size distribution of porous materials. – Helsinki, 1970.

16. Harkins W.D., Jura G. A vapour adsorption method for the determination of the area and the areas occupied by nitrogen and other moleculars on surface of a solid//J. Am. Chem. Soc. – Vol. 66, № 8, 1944. P.1366... 1373.

17. Jura G., Harkins W.D. A new adsorption isotherm which is valid over a very wide range of pressure // J. Chem. Phys. – Vol. 11, № 9, 1943. P. 430...431.

18. Halsey G. Physical adsorption on non-uniform surface // J. Chem. Phys. – Vol. 16, № 10, 1948. P.931...937.

19. Singleton J.H., Halsey G.D. Analysis of physical adsorption phenomena // Canad. J. Chem. – Vol. 33, 1955. P. 184...192.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

УДК 728.8

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И МОНТАЖА СТЕКЛОФИБРОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ЗДАНИЙ

FEATURES OF TECHNOLOGY OF MANUFACTURING AND INSTALLATION OF GLASS-FIBER-CONCRETE PRODUCTS AT CAPITAL REPAIR OF BUILDINGS

О.А. КОРОЛЬ, Н.Н. БАЙКОВ, В.С. РОЙФЕ

O.A. KOROL, N.N. BAYKOV, V.S. ROYFE

**(Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)**

**(National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences)**

E-mail: mrkorol.oleg@gmail.com; 89261930746@mail.ru; shuig@mail.ru

Стеклофибробетон (СФБ) представляет собой растворный цементно-песчаный камень, в состав которого в качестве армирующего элемента введено щелочестойкое стекловолокно. Получаемый в результате этого ком-

позиционный материал приобретает благодаря присутствию в нем стекловолокна высокий предел прочности при растяжении. СФБ – это универсальный строительный материал, изделия из которого, будучи тонкостенными, обладают высокой прочностью. СФБ применяется в тонкостенных элементах и конструкциях зданий и сооружений, для которых существенно важным является: снижение собственного веса, повышение трещиностойкости, обеспечение водонепроницаемости бетона и его долговечности (в том числе в агрессивных средах), повышение ударной вязкости и сопротивления истиранию, наличие радиопрозрачности, а также повышение архитектурной выразительности и экологической чистоты. Стеклофибробетонные стеновые облицовочные панели используются в элементах, выполняемых в качестве модульных элементов не только при серийном унифицированном строительстве; в виде облицовочных панелей при капитальном ремонте старых зданий. Изделия из СФБ изготавливаются в широком спектре фактур и цветов. В статье рассмотрены особенности производства стеклофибробетонных элементов, влияющих на принципы монтажа СФБ на примере карнизов.

Glass fiber concrete (SFB) is a cement-sand mortar stone, which includes alkali-resistant fiberglass as a reinforcing element. The resulting composite material is acquired due to the presence in it of fiberglass high tensile strength. SFB is a universal construction material, products from which, being thin-walled, have high strength. SFB is used in thin-bone elements and structures of buildings and structures for which essential but important is to reduce its own weight, increase crack resistance, ensure the water resistance of concrete and its durability (including in aggressive media), increase toughness and resistance abrasion, the presence of radio transparency, as well as increased architectural expressiveness and environmental cleanliness. Glass fiber concrete wall cladding panels are used in elements that are performed as modular elements, not only in the case of serial unified construction; in the form of cladding panels for capital repairs of old buildings. Products from SFB are made in a wide range of textures and colors. The article will consider the features of the production of glass-fiber-concrete elements that affect the principles of installation of SFC on the example of eaves.

Ключевые слова: стеклофибробетон, капитальный ремонт, фасадные системы.

Keywords: glass fiber concrete, overhaul, facade systems.

В настоящее время в практике производства работ по капитальному ремонту находят применение новые, современные материалы, конструктивные элементы и технологии [1], [2]. Изделия из СФБ производятся с встроенными закладными элементами, что максимально упрощает монтаж изделий на заранее смонтированную подсистему. Мелкогабаритные изделия и карнизы выносом до 200 мм могут монтироваться без дополнительной подсистемы. Подсистема, по желанию заказчика и в зависимости от весовых нагрузок, мо-

жет быть изготовлена из черных металлов, оцинкованных материалов или алюминия.

На рис. 1 представлены элементы декора из СФБ на фасаде.

Технологически возможны несколько типов оформления стыков между элементами.

Первый способ.

Изделия монтируются с равными зазорами (3...5 мм). После монтажа изделия грунтуются, окрашиваются, швы остаются открытыми. При производстве изделий раскладка изделий на фасаде делается таким образом,

чтобы соблюсти симметрию и выдержать наиболее эстетичный вид фасада.



Рис. 1

Второй способ.

Монтаж осуществляется аналогично, при этом после окраски швы заделываются герметиком, что снижает вероятность попадания внутрь влаги, мусора. Рекомендуется использовать фасадные полиуретановые герметики. При таком способе монтажа швы между изделиями остаются видны. Стоит обратить внимание, что полиуретановые герметики колеруются, что позволяет максимально приблизить цвет шва к цвету финишного покрытия декоративного элемента.

Третий способ.

"Монолитные" карнизы (без видимого шва) получить значительно сложнее, поскольку возможны незначительные подвижки элементов на подсистеме (из-за температурного расширения материалов), что может привести к возникновению трещин в зоне швов на готовом карнизе. Для снижения вероятности образования трещин для финишной доводки элементов необходимо использовать отделочные материалы (краски, шпаклевки) на резиновой основе. При этом полностью исключить возникновение трещин на карнизах с выносом более 300 мм невозможно. Для финишной отделки используются: краски и шпаклевки на резиновой основе, полиуретановый герметик для заделки швов.

Из всех перечисленных вариантов монтажа наиболее перспективным является второй способ, поскольку при таком монтаже

вероятность возникновения трещин минимальная, эксплуатационные характеристики выше [3].



Рис. 2

На рис. 2 показана подсистема под СФБ без утепления.

Как было изложено выше, в изделиях из СФБ сделаны закладные детали, благодаря чему производится монтаж к ранее собранной подсистеме. Подсистема представляет из себя оцинкованный уголок, который при использовании сварки и анкеров крепится к фасаду здания [4], [5].

Существуют два основных метода изготовления изделий из стеклофибробетона, широко применяемые во всем мире. Это пневмонабрызг и метод премикса (предварительного смешивания).

При пневмонабрызге цементно-песчаный раствор набрызгивается (напыляется) в форму с одновременной подачей рубленого стекловолокна при помощи специального пистолета-напылителя, который также осуществляет рубку стекловолокна.

Пистолет-напылитель может находиться в руках оператора, производящего напыление (ручной набрызг), или быть смонтированным на специальной траверсе при автоматическом (механизированном) набрызге.

При премиксе рубленое стекловолокно добавляется в цементно-песчаный раствор во время перемешивания. Приготовленный таким образом материал затем выливается

или подается насосом в формы с последующим виброуплотнением или без оно, но с использованием специальных добавок для самоуплотнения смеси.

Выбор правильного состава смеси является определяющим для качества СФБ изделий. Подобранный СФБ смесь должна обеспечивать достижение изделием требуемых механических свойств через 7 и 28 дней, а также набор необходимой распалубочной прочности. Также она должна обладать необходимой удобоукладываемостью и сохранять ее в течение всего производственного процесса.

В состав стандартной смеси входят портландцемент, мелкозернистый песок, вода, пластификатор и/или полимер.

Как правило, на практике используют равные количества песка и цемента, в пропорции 1:1. Песок крайне важен для снижения усадки в СФБ.

Также необходимо добавлять в смесь пластификаторы или суперпластификаторы. В зависимости от климатических условий следует применять пластификаторы с замедлителями или ускорителями схватывания.

Степень дозировки пластификаторов варьируется существенно, и здесь следует руководствоваться рекомендациями производителей. Обычно она указывается в процентах к весу цемента.

Водоцементное отношение определяется к весу всей воды, присутствующей в смеси, а не только добавленной воды, так как вода может присутствовать и в песке, и в любом добавленном полимере. Например, если используются 50 кг песка, и песок имеет 6%-ное содержание влаги, это означает, что в песке содержится 3 кг воды, и соответственно на эти 3 кг должно быть уменьшено добавляемое в смесь количество воды затворения.

Когда добавляется полимер, его количество определяется, как вес твердых частиц полимера к весу цемента. Полимер поставляется в виде эмульсии (твердые частицы, растворенные в воде), чаще всего с 50%-ным содержанием твердых частиц. Для 50 кг цемента 5% твердого вещества полимера составляет 2,5 кг твердого вещества или 5 кг эмульсии. При расчете добавляемой воды в

смесь с полимером количество воды в полимерной эмульсии должно быть учтено.

Содержание стекла определяется выражением в процентах содержанием стекловолокна к весу всей смеси.

Для премикса процентное содержание стекловолокна должно быть в пределах 1,5...3,5%.

В премиксе стекло добавляется в уже приготовленную цементно-песчаную смесь, и поэтому вес стекла фигурирует как компонент смеси. Длина волокна, как правило, составляет 13 мм [6].

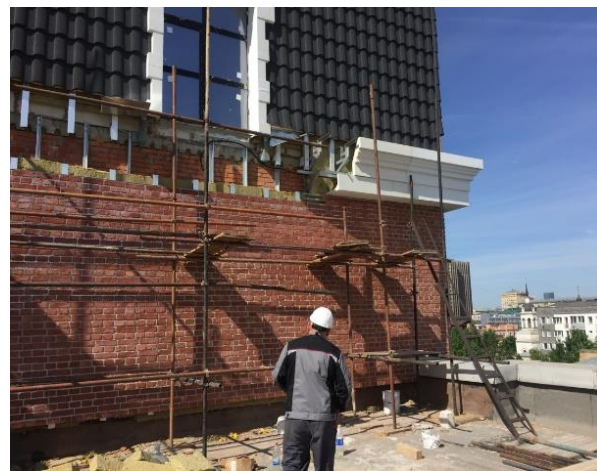


Рис. 3

На рис. 3 показан монтаж карниза из СФБ. Технологические процессы и операции приготовления смеси для премикса включают:

1) подъем лопасти смесителя из бадьи и заливку в бадью отмеренного количества воды и других жидких компонентов смеси, опускание в бадью лопасти смесителя и включение смесителя на малую скорость (в пределах показаний 2...3);

2) засыпку в бадью песка;

3) засыпку в бадью цемента;

4) увеличение скорости смесителя до показаний 6...7 и продолжение перемешивания еще в течение 20...40 с;

5) остановку смесителя и поднятие лопасти. Очистку всех наслоений смеси со стенок бадьи и оценку состояния смеси с точки зрения ее удобоукладываемости. При необходимости – добавление материалов;

6) вновь запуск смесителя и перемешивание на высокой скорости в течение 10...20 с;

7) уменьшение скорости смесителя до малых оборотов и добавление предварительно

рубленого стекловолокна через загрузочный лоток для быстрого и равномерного распределения волокна в смеси;

8) после добавления волокна перемешивание в течение 10 с;

9) остановка смесителя и поднятие вала с лопастью из бадьи, которая теперь может быть перемещена к месту выгрузки смеси в растворонасосную станцию.

Превышение времени перемешивания, применение смесителя неподходящего типа или использование неверно подобранного стекловолокна приводят к снижению качества стеклофибробетона по причине распада волокна на элементарные нити [7].

В табл. 1 представлена технологическая последовательность определения подвижности смеси по осадке конуса.

В табл. 2 приведен состав смеси для примекса (без добавления полимера), а в табл. 3 – для самоуплотняющегося примекса (без добавления полимера).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Эскиз	Технологическая операция
1		Установить цилиндр в центр площадки с измерительными кольцами
2		Заполнить цилиндр смесью. При необходимости слегка уплотнить смесь, выгоняя из нее попавший воздух
3		С помощью шпателя выровнять поверхность смеси в цилиндре таким образом, чтобы смесь была на одном уровне с краями цилиндра
4		Строго вертикально и плавно поднять цилиндр с площадки, давая возможность смеси растечься по площадке с измерительными кольцами
5		Измерить подвижность смеси по числу колец, закрытых смесью. Норма для смеси стандартной рецептуры составляет 2...3 кольца в зависимости от температуры окружающей среды

Т а б л и ц а 2

Количество, кг		Соотношение	
Портландцемент	50	Соотношение цемент/песок	1:1
Песок	50		
Вода	16	Водоцементное отношение	0,32
Суперпластификатор	500 мл	Пластфикатор	1% к цементу
Стекловолокно	3	2,5 % стекловолокна ACS13H530X	

Т а б л и ц а 3

Количество, кг		Соотношение	
Портландцемент	50	Соотношение цемент/песок	1:1
Песок	50		
Вода	18	Водоцементное отношение	0,32
Пластификатор Flowaid для самоуплотняющегося бетона	500 мл	Пластфикатор	1% к цементу
Стекловолокно	3	2,5 % стекловолокна ACS13H530X	

Для примекса измерение подвижности смеси следует производить до добавления в смесь стекловолокон [8].

Формы

Сборка форм производится таким образом, чтобы ее борта, торцевые элементы, замки и прочее были правильно установлены и между ними отсутствовали зазоры. Углы, имеющие 90°, должны быть проверены с помощью угольника, а основные ли-

нейные размеры – с помощью рулетки. Следует провести визуальный осмотр формы с целью обнаружения повреждений, которые могут сказаться на качестве конечного изделия.

Также необходимо тщательно очищать формы и удалять из них весь мусор.

Тонкий слой опалубочной смазки наносится на все поверхности формы кистью, тряпкой или путем разбрызгивания. Все из-

лишки смазки следует удалить с помощью тряпки.

Когда формы заполнены СФБ премиксом, к виброобработке прибегают для того, чтобы полностью заполнить формы смесью и устранить из смеси попавший в нее воздух. Виброобработка в сочетании с правильным методом заполнения формы позволяет предупредить захват воздуха в форме, что ведет, в свою очередь, к образованию неприглядных раковин на поверхности изделий.

Самоуплотняющийся премикс не требует виброобработки вообще или требует ее в очень незначительном количестве. Применение специального пластификатора FLOWAID SCC позволяет получать очень текучую смесь. Стабилизатор, входящий в состав этого пластификатора, не допускает расслаивания смеси. Преимуществами самоуплотняющегося премикса являются:


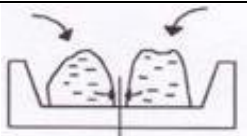




- 1) отсутствие шума при производстве,
- 2) отсутствие негативных аспектов для здоровья и безопасности персонала, связанных с применением виброоборудования,
- 3) большой срок службы форм,
- 4) отсутствие необходимости устанавливать и снимать формы с вибростола,
- 5) более высокое качество поверхности изделий,
- 6) смесь в форму может подаваться насосом,
- 7) возможность использовать смеси для лицевой отделки.

Заполнение формы смесью производится с середины и СФБ премикс растекается от середины к краям формы из одной точки. Ослабленное сечение образуется там, где встречаются два потока смеси, заливаемой в форму с двух разных точек, так как это место не будет перекрываться волокнами. Необходимо создавать возможность выхода воздуха из формы (табл. 4 (а,б,в) – технологические особенности и ошибки при укладке смеси в формы).

Складирование изделий до распалубки

После заполнения форм методом примекса они перемещаются на участок созревания для твердения материала и набора прочности. Необходимо чтобы заполненные формы были установлены на ровной поверхности и не подвергались изгибу и кручению.

Т а б л и ц а 4

Вариант	Правильно	Неправильно
а		
б		
в		

Последующий этап – это выдерживание изделий. Используют два вида выдерживания – сухой и влажный режимы.

Сухой режим выдерживания используется с применением полимерной добавки, которая должна быть введена в состав смеси.

После завершения формования изделие накрывается пленкой и до распалубки хранится в температурном диапазоне от минимальной температуры образования полимерной пленки до 40°C.

После распалубки изделие может выдерживаться в естественных условиях либо в цехе, либо на внешнем складе. В зимний период времени или в тех случаях, когда ожидаются заморозки, изделия следует хранить в цехе еще в течение двух дней после распалубки.

Выдержав в течение часа после завершения формования формы с изделиями, они накрываются полиэтиленом.

После распалубки изделия можно:

- а) складировать на поддоне, обернув термоусадочным материалом,
- б) складировать на участке с целью выдерживания изделий, накрыв их полиэтиленом,
- в) поместить в камеру тепловлажностной обработки.

Если используется вариант "б", изделие следует ежедневно увлажнять. В некоторых

случаях, в зависимости от уровня влажности, увлажнение можно проводить чаще.

При влажном режиме выдерживания СФБ изделий они хранятся в помещении, как правило, в течение 7 дней.

При складировании и транспортировке панелей необходимо принять меры предосторожности с тем, чтобы:

- защитить от повреждений наиболее уязвимые участки,
- не допустить деформации изделий, не допустить образования пятен или обесцвечивания наиболее "видимых" участков изделия,
- свести к минимуму количество операций по погрузке-разгрузке изделий.

Выбор метода складирования и транспортировки зависит от типа изделия. Изделия небольшого размера могут быть уложены в штабель на поддонах и накрыты термоусадочным материалом. Крупноразмерные панели облицовки фасадов могут складироваться и перевозиться в вертикальном положении на А-образных рамах.

Контроль качества изделий из стеклофибробетона

Контроль качества изделий из СФБ должен осуществляться заводской или строительной лабораторией в соответствии с требованиями ТУ.

Определение эксплуатационной надежности (прочности, трещиностойкости, жесткости и т.д.) конструкций из СФБ производится таким же образом, как и изделий из обычного железобетона по ГОСТ или ТУ на данное изделие с учетом положений настоящих норм.

Периодичность контроля прочности СФБ изготовленных конструкций устанавливается ГОСТ или ТУ на соответствующие изделия [9].

Система контроля прочности СФБ включает:

- приемочный контроль качества исходных материалов;
- контроль фибросодержания и однородности распределения фибр в матрице;
- контроль степени уплотнения СФБ;
- контроль средней величины и коэффициента вариации предела прочности СФБ при растяжении;

- контроль средней величины прочности материала матрицы при сжатии.

Каждая новая партия фибры, поступившая на производство, проверяется на соответствие паспортным данным завода-изготовителя и дополнительно испытывается в бетонах текущего производственного состава.

Стекловолоконная щелочестойкая фибра испытывается в мелкозернистых бетонных производственных составах при температурах 60...80°C изотермического выдерживания в течение 8 ч. Прочность бетона в первом случае не должна отличаться от производственной более чем на $\pm 10\%$, а снижение прочности во втором случае по сравнению с первым не должно превышать 20%.

На технологических линиях организуется систематический контроль равномерности распределения фибр в бетонной смеси.

Из разных участков изготавливаемой конструкции отбирается не менее 10 проб бетонной смеси массой приблизительно 200...300 г.

Далее после предварительного взвешивания пробы смесь помещается на систему сит с ячейкой 5 и 2,5 мм и промывается водой. После промывки стекловолокно, оставшееся на верхнем сите с ячейкой 5 мм, извлекается вручную (небольшая часть волокон может при промывке пройти через сито 5 мм, в этом случае оно собирается с нижнего сита), высушивается и взвешивается.

При формировании изделий качество уплотнения смеси характеризуется коэффициентом уплотнения, представляющим собой отношение фактической средней плотности уплотненной смеси к теоретически рассчитанному. Величина этого коэффициента составляет не менее 0,94...0,96. Фактическую среднюю плотность смеси следует определять в мерном сосуде емкостью не менее 1 л, жестко закрепленном на лабораторной виброплощадке. Ориентировочное время уплотнения равно $3 \times Ж$, где Ж – жесткость смеси, с.

Контроль СФБ на истираемость, ударную вязкость, вязкость разрушения и т.д. производится в тех случаях, когда они предусмотрены соответствующими стандартами или ТУ.

Определение прочности СФБ и бетона-матрицы может осуществляться путем использования:

– разрушающих методов испытаний изготовленных контрольных образцов согласно ГОСТ 10180;

– неразрушающих методов испытаний согласно ГОСТ 21217.

Таким образом, приготовление смеси для стеклофибробетона представляет собой регламентированный процесс, обеспечивающий надлежащее качество готовой продукции.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены основные технологические особенности производства изделий из стеклофибробетона и процессы монтажа изделий из них на подсистему из алюминия.

2. Все стадии производства изделий из СФБ связаны технологическими, организационными и тестовыми мероприятиями, которые позволяют на стадии изготовления изделия обеспечивать их высокотехнологичный монтаж при производстве строительных и ремонтно-строительных фасадных работ, включая работы, осуществляемые при капитальном ремонте многоквартирных жилых домов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Король О.А., Кузнецов Г.С.* Многокритериальный анализ мероприятий при проведении капитального ремонта многоквартирных жилых домов. – 2017.

2. *Король О.А.* Концептуальные основы формирования нормативной базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных жилых домов. – 2018.

3. *Шимко Владимир.* Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды. – М.: Архитектура-С, 2006.

4. *Кузин Н.Я., Селезнева А.К.* Особенности организации капитального ремонта многоквартирных до-

мов // *Современные проблемы науки и образования.* – 2015, № 1. С. 642.

5. *Вольфсон В.Л., Ильяшенко В.А., Комисарчик Р.Г.* Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий. – 2-е изд., репринтное. – М.: Стройиздат, 2003.

6. *Лукаш Л.В.* Изделия из стеклофибробетона. Технические условия № ТУ 32.99.59-001-73230920-2017.

7. *Дмитриев А.Н.* Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем. – 2005.

8. *Блази В.* Строительная физика. – М.: Техносфера, 2005.

9. *Кожевников С.А.* Особенности и проблемы формирования новой системы капитального ремонта // *Проблемы развития территории.* – 2016, №4(84). С.61...76.

REFERENCES

1. Korol' O.A., Kuznetsov G.S. *Mnogokriterial'nyy analiz meropriyatiy pri provedenii kapital'nogo remonta mnogokvartirnykh zhilykh domov.* – 2017.

2. Korol' O.A. *Kontseptual'nye osnovy formirovaniya normativnoy bazy kapital'nogo remonta obshchego imushchestva mnogokvartirnykh zhilykh domov.* – 2018.

3. *Shimko Vladimir.* *Arkhitekturno-dizaynerskoe proektirovanie gorodskoy sredy.* – М.: Архитектура-С, 2006.

4. *Kuzin N.Ya., Selezneva A.K.* *Osobennosti organizatsii kapital'nogo remonta mnogokvartirnykh domov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* – 2015, № 1. S. 642.

5. *Volfson V.L., Il'yashenko V.A., Komisarchik R.G.* *Rekonstruktsiya i kapital'nyy remont zhilykh i obshchestvennykh zdaniy.* – 2-e izd., reprinted. – М.: Stroyizdat, 2003.

6. *Lukash L.V.* *Izdeliya iz steklofibrobetona. Tekhnicheskie usloviya № TU 32.99.59-001-73230920-2017.*

7. *Dmitriev A.N.* *Tekhnicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu, montazhu i ekspluatatsii navesnykh fasadnykh sistem.* – 2005.

8. *Blazi V.* *Stroitel'naya fizika.* – М.: Tekhnosfera, 2005.

9. *Kozhevnikov S.A.* *Osobennosti i problemy formirovaniya novoy sistemy kapital'nogo remonta // Problemy razvitiya territorii.* – 2016, №4(84). S. 61...76.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ОГРАЖДЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СЛОИСТЫХ ВИБРОДЕМПФИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**RESEARCH OF INCREASE IN SOUND INSULATION
OF THE EXISTING PROTECTIONS
WITH USE OF LAYERED VIBRATION DAMPED ELEMENTS**

Н.А. КОЧКИН, И.Л. ШУБИН, А.А. КОЧКИН

N.A. KOCHKIN, I. L. SHUBIN, A.A. KOCHKIN

(Вологодский государственный университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)

(Vologda State University,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences)

E-mail: vol.nikit@inbox.ru

Рассматривается повышение звукоизоляции существующих ограждений из гипсовых пазогребневых блоков с использованием гибких плит на отnose, состоящих из слоистых вибродемпфированных элементов с заполнением воздушного промежутка звукопоглощающим материалом различной толщины.

Increase in sound insulation of the existing protections from plaster tongue-and-groove blocks with use of flexible plates is considered on carrying, consisting of layered the vibration damped elements with filling of an air interval with sound-absorbing material of various thickness.

Ключевые слова: звукоизоляция, существующие ограждения, гибкая плита на отnose, слоистый вибродемпфированный элемент, звукопоглощающий материал.

Keywords: sound insulation, the existing protections, a flexible plate on carrying, a layered vibration damped element, sound-absorbing material.

Для создания звукового комфорта в зданиях при их реконструкции или капитальном ремонте следует повышать звукоизоляцию существующих ограждающих конструкций до действующих нормативных значений.

Часто используется способ повышения звукоизоляции за счет устройства вплотную еще одной перегородки, что приводит к незначительному увеличению звукоизоляции на 2...3 дБ и значительному увеличению

нагрузки на несущие элементы зданий. Существует и другой способ повышения звукоизоляции путем устройства гибких плит на отnose – двух или трех листовых материалов, соединенных между собой "насухо" на некотором расстоянии от существующего ограждения [1], [2]. Звукоизоляция таких ограждающих конструкций зависит от различных параметров: способа крепления гибких плит на отnose существующей пере-

городки (линейного или точечного, жесткого или виброизолированного) [3...5], толщины звукопоглощающего материала (ЗМП), способа соединения листовых материалов – "насухо" или соединенных вибропоглощающей мастикой (ВПМ) в виде слоистых виброремпфированных элементов (СВДЭ) [6...11].

Ниже приведены результаты исследований звукоизоляции существующего ограждения из гипсовых блоков толщиной 80 мм, плотностью 1100 кг/м^3 , с гибкой плитой на отnose с толщиной звукопоглощающего материала 25, 50, 75 мм и без звукопоглощающего материала. В качестве звукопоглощающего материала используется минераловатная плита Роквул Акустик Баттс толщиной 25 мм. В качестве гибкой плиты используется 2 или 3 листа ГКЛ, соединенных вибропоглощающими мастиками Грин Глу или Акцент 117 толщиной до 1 мм. Частотные характеристики звукоизоляции исследуемых ограждений приведены на рис. 1...4 (рис. 1 – частотные характеристики звукоизоляции ограждающих конструкций: гипсовая плита толщиной 80 мм со слоистым элементом с вибропоглощением, состоящим из двух листов ГКЛ толщиной по 12,5 мм, склеенных вибропоглощающей мастикой Акцент 117 в зависимости от толщины звукопоглощающего материала Роквул Акустик Баттс: 1 – без ЗМП, $R_w=43 \text{ дБ}$; 2 – 25 мм, $R_w=52 \text{ дБ}$; 3 – 50 мм, $R_w=56 \text{ дБ}$; 4 – 75 мм, $R_w=57 \text{ дБ}$; 5 – гипсовая плита толщиной 80 мм, $R_w=40 \text{ дБ}$; 6 – закон массы для ограждения 5, $\mu=89 \text{ кг/м}^2$; 7 – закон массы для ограждения 1, $\mu=112 \text{ кг/м}^2$; рис. 2 – частотные характеристики звукоизоляции ограждающих конструкций: гипсовая плита толщиной 80 мм со слоистым элементом с вибропоглощением, состоящим из двух листов ГКЛ толщиной по 12,5 мм, склеенных ВПМ Грин Глу в зависимости от толщины ЗМП Роквул Акустик Баттс: 1 – без ЗМП, $R_w=44 \text{ дБ}$; 2 – 25 мм, $R_w=54 \text{ дБ}$; 3 – 50 мм, $R_w=58 \text{ дБ}$; 4 – 75 мм, $R_w=59 \text{ дБ}$; 5 – гипсовая плита толщиной 80 мм, $R_w=40 \text{ дБ}$; 6 – закон массы для ограждения 5, $\mu=89 \text{ кг/м}^2$; 7 – закон массы для ограждения 1, $\mu=112 \text{ кг/м}^2$;

рис. 3 – частотные характеристики звукоизоляции ограждающих конструкций: гипсовая плита толщиной 80 мм со слоистым элементом с вибропоглощением, состоящим из трех листов ГКЛ толщиной по 12,5 мм, склеенных ВПМ Грин Глу в зависимости от толщины ЗМП Роквул Акустик Баттс: 1 – без ЗМП, $R_w=45 \text{ дБ}$; 2 – 25 мм, $R_w=55 \text{ дБ}$; 3 – 50 мм, $R_w=59 \text{ дБ}$; 4 – 75 мм, $R_w=59 \text{ дБ}$; 5 – гипсовая плита толщиной 80 мм, $R_w=40 \text{ дБ}$; 6 – закон массы для ограждения 5, $\mu=89 \text{ кг/м}^2$; 7 – закон массы для ограждения 1, $\mu=123,7 \text{ кг/м}^2$; рис. 4 – частотные характеристики звукоизоляции ограждающих конструкций: гипсовая плита толщиной 80 мм с двумя листами ГКЛ толщиной по 12,5 мм, соединенных "насухо" в зависимости от толщины ЗМП Роквул Акустик Баттс: 1 – без ЗМП, $R_w=41 \text{ дБ}$; 2 – 25 мм, $R_w=49 \text{ дБ}$; 3 – 50 мм, $R_w=54 \text{ дБ}$; 4 – 75 мм, $R_w=55 \text{ дБ}$; 5 – гипсовая плита толщиной 80 мм, $R_w=40 \text{ дБ}$; 6 – закон массы для ограждения 5, $\mu=89 \text{ кг/м}^2$; 7 – закон массы для ограждения 1, $\mu=111,5 \text{ кг/м}^2$). Дополнительная звукоизоляция при различных звуко- и вибропоглощающих материалах, видах облицовок представлена в табл. 1 (индекс изоляции воздушного шума ограждающих конструкций из гипса толщиной 80 мм с дополнительным слоистым элементом с вибропоглощением R_w , дБ и дополнительная звукоизоляция, ΔR , дБ, в зависимости от толщины звукопоглощающего материала Роквул Акустик Баттс; $R_1=40 \text{ дБ}$) и на рис. 5 (дополнительная звукоизоляция гипсовой плиты толщиной 80 мм со слоистым элементом с вибропоглощением, состоящим из двух листов ГКЛ толщиной по 12,5 мм, склеенных: 1 – ВПМ Акцент 117; 2 – ВПМ Грин Глу; 3 – соединенных "насухо"; 4 – из трех листов ГКЛ, с двумя слоями Грин Глу, в зависимости от толщины ЗМП Роквул Акустик Баттс; 5 – дополнительная звукоизоляция двойного ограждения из СВДЭ, состоящая из двух листов ГКЛ толщиной по 10 мм и ВПМ без ЗМП).

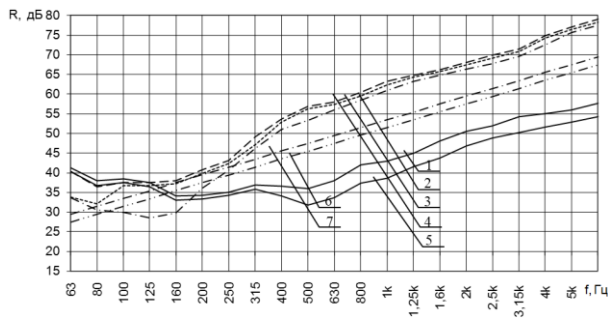


Рис. 1

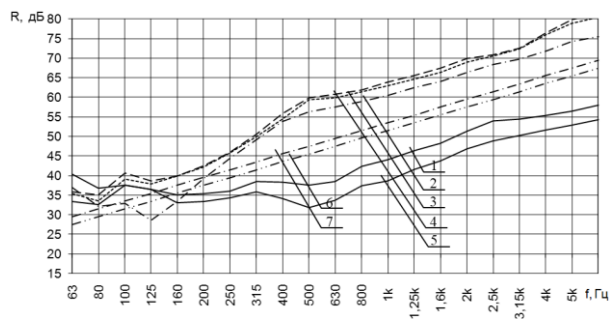


Рис. 2

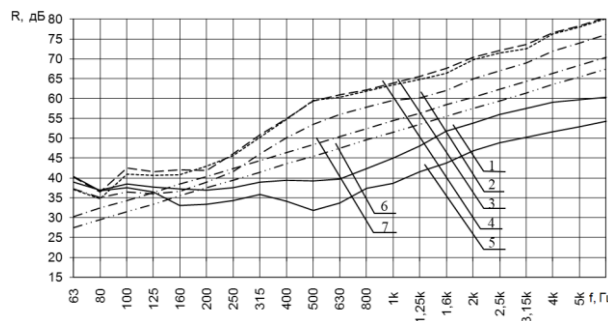


Рис. 3

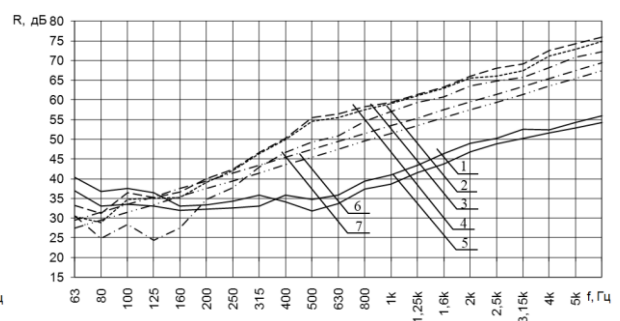


Рис. 4

Таблица 1

Толщина ЗПМ, мм	80/ЗПМ/12,5/12,5 ГКЛ, "насухо"	80/ЗПМ/12,5/1/12,5 ГКЛ, Акцент 117	80/ЗПМ/12,5/1/12,5 ГКЛ, Грин Глу	80/ЗПМ/12,5/1/12,5/1/12,5 ГКЛ, 2Грин Глу
0	41/1	43/3	44/4	45/5
25	49/9	52/12	54/14	55/15
50	54/14	56/16	58/18	59/19
75	55/15	57/17	59/19	59/19
	Рис. 4	Рис. 1	Рис. 2	Рис. 3

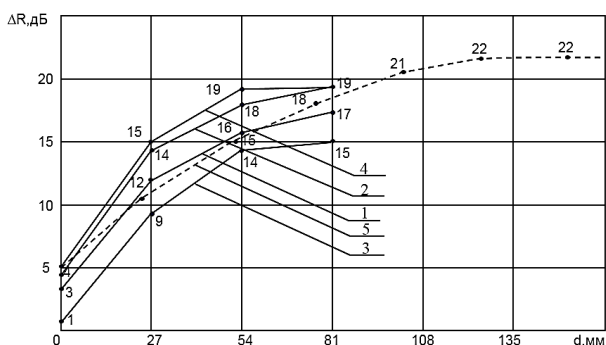


Рис. 5

ВЫВОДЫ

Из представленных выше результатов экспериментальных исследований звукоизоляции существующих ограждений из гипса толщиной 80 мм с гибкой плитой на отнесе видно, что:

- 1) при увеличении толщины звукопоглощающего материала звукоизоляция повышается;
- 2) при толщине звукопоглощающего материала 25 мм (1 слой) дополнительная звукоизоляция повышается на 8...10 дБ в зависимости от способа соединения листов ГКЛ, "насухо" или с использованием вибропоглощающих мастик Акцент 117 или Грин Глу, или увеличением слоев ГКЛ;
- 3) при толщине звукопоглощающего материала 50 мм (2 слоя) дополнительная звукоизоляция повышается еще на 4...5 дБ;
- 4) при толщине звукопоглощающего материала 75 мм (3 слоя) дополнительная звукоизоляция повышается еще до 1 дБ;
- 5) дальнейшее увеличение толщины звукопоглощающего материала не приводит к повышению дополнительной звукоизоляции

плиты на отnose и соответственно к повышению звукоизоляции ограждающей конструкции, это хорошо согласуется с ранее известными работами по исследованию звукоизоляции двойных ограждений из однослойных элементов одинаковой толщины без звукопоглощающего материала [1] и двойных ограждений из вибродемпфированных элементов одинакового состава без звукопоглощающего материала [9];

б) с учетом максимальной дополнительной звукоизоляции при толщине звукопоглощающего материала до 25 мм рекомендуется устраивать дополнительную звукоизоляцию с меньшей толщиной звукопоглощающего материала и СВДЭ и увеличивать количество таких элементов дополнительной звукоизоляции;

7) увеличение коэффициента потерь дополнительной плиты на отnose увеличивает дополнительную звукоизоляцию на $2 \div 4$ дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пороженко М.А., Минаева Н.А., Сухов В.Н. Оценка изоляции воздушного шума стеной с гибкой плитой на отnose // Жилищное строительство. – 2016, №7. С. 54...56.
2. Минаева Н.А. Экспериментальные исследования звукоизоляции пазогребневых плит, обшитых гипсокартонными плитами // АСADEMIA. Архитектура и строительство. – 2010, № 3. С. 194...197.
3. Бобылев В.Н., Дымченко В.В., Монич Д.В., Хазов П.А. Численное моделирование звукоизолирующих каркасно-обшивных перегородок с различными типами стоечных профилей // Приволжский научный журнал. – 2018, № 1. С. 20...25.
4. Дымченко В.В., Монич Д.В. Повышение звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок путем применения рациональной конструкции стоечных профилей // Приволжский научный журнал. – 2014, № 3. С. 48...58.
5. Овсянников С.Н., Старцева О.В. Оценка структурной звукопередачи в расчете звукоизоляции двойных перегородок // АСADEMIA. Архитектура и строительство. – 2010, № 3. С. 186...190.
6. Патент на полезную модель RUS 186418 08.06.2018. Звукоизолирующая конструкция со слоистым вибропоглощающим элементом на отnose / А.А.Кочкин, И.В.Матвеева, Н.А. Кочкин, А.В.Киряткова.
7. Кочкин А.А., Шубин И.Л. Исследование слоистых вибродемпфированных элементов и конструкций из них для снижения шума // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 3. С.184...187.

8. Кочкин А.А., Шубин И.Л., Шашкова Л.Э., Кочкин Н.А. Проектирование звукоизоляции слоистых элементов конечных размеров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С.161...167.

9. Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А., Киряткова А.В. О регулировании звукоизоляции слоистых вибродемпфированных элементов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 181...187.

10. Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А. Расчет колебательной скорости и излучаемой мощности элементов конечных размеров в условиях различных резонансов // Жилищное строительство. – 2016, № 7. С. 15...19.

11. Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А. О прохождении и излучении звука в слоистых вибродемпфированных элементах // Строительство и реконструкция. – 2016, № 3 (65). С. 119...125.

REFERENCES

1. Porozhenko M.A., Minaeva N.A., Suhov V.N. Ocenka izoljacji vozdušnogo shuma stennoj s gibkoj plitnoj na otnose // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2016, №7. S. 54...56.
2. Minaeva N.A. Jeksperimental'nye issledovanija zvukoizoljaciji pazogrebnevyyh plit, obshityh gipsokartonnymi plitami // АСADEMIA. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2010, № 3. S. 194...197.
3. Bobylev V.N., Dymchenko V.V., Monich D.V., Hazov P.A. Chislennoe modelirovanie zvukoizolirujušhijh karkasno-obshivnyh peregorodok s razlichnymi tipami stoechnyyh profilej // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2018, № 1. S. 20...25.
4. Dymchenko V.V., Monich D.V. Povyshenie zvukoizoljaciji karkasno-obshivnyh peregorodok putem primeneniya racional'noj konstrukcii stoechnyyh profilej // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2014, № 3. S. 48...58.
5. Ovsjannikov S.N., Starceva O.V. Ocenka strukturnoj zvukoperedachi v raschete zvukoizoljaciji dvoynyh peregorodok // АСADEMIA. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2010, № 3. S. 186...190.
6. Patent na poleznuju model' RUS 186418 08.06.2018. Zvukoizolirujušhaja konstrukcija so sloistym vibropogloshhajushhim jelementom na otnose / A.A.Kochkin, I.V.Matveeva, N.A. Kochkin, A.V.Kirjatkova.
7. Kochkin A.A., Shubin I.L. Issledovanie sloistyh vibrodempfirovannyh jelementov i konstrukcij iz nih dlja snizhenija shuma // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2018, № 3. S.184...187.
8. Kochkin A.A., Shubin I.L., Shashkova L.Je., Kochkin N.A. Proektirovanie zvukoizoljaciji sloistyh jelementov konechnyyh razmerov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №4. S.161...167.
9. Kochkin A.A., Shubin I.L., Kochkin N.A., Kirjatkova A.V. O regulirovanii zvukoizoljaciji sloistyh vibrodempfirovannyh jelementov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №4. S.181...187.

10. Kochkin A.A., Shubin I.L., Kochkin N.A. Raschet kolebatel'noj skorosti i izluchaemoj moshhnosti jelementov konechnyh razmerov v uslovijah razlichnyh rezonansov // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2016, № 7. S.15...19.

11. Kochkin A.A., Shubin I.L., Kochkin N.A. O prohozhdenii i izluchenii zvuka v sloistyh vibrodemp-firovannyh jelementah // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2016, № 3 (65). S. 119...125.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

УДК 697.922

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ
КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА
РАСЧЕТА ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ
С РАССЕИВАЮЩИМИ ЗВУК ПРЕДМЕТАМИ**

**EXPERIMENTAL ESTIMATION OF THE ACCURACY
OF THE COMBINED METHOD
OF NOISE CALCULATION IN ROOMS
WITH SOUND-SCATTERING OBJECTS**

A.I. ANTONOV, V.I. LEDENEV, I.V. MATVEEVA, I.L. SHUBIN

A.I. ANTONOV, V.I. LEDENEV, I.V. MATVEEVA, I.L. SHUBIN

**(Тамбовский государственный технический университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)**

**(Tambov State Technical University,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences)**

E-mail: gsiad@mail.tambov.ru

На формирование шумового режима в производственных помещениях большое влияние оказывают характер отражения звука от ограждений и наличие рассеивающего звук оборудования. Для расчета шума в таких условиях разработан комбинированный расчетный метод, учитывающий сложный зеркально-диффузный характер отражения звука от ограждений и рассеивателей, размеры рассеивателей и их расположение. В статье приводятся результаты экспериментальной оценки точности комбинированного расчетного метода. При сравнительном анализе использованы результаты расчетов, выполненные при исходных данных и граничных условиях, максимально близких к реальным условиям проводимого эксперимента. Оценена также точность комбинированного расчетного метода применительно к реальным производственным условиям.

The formation of noise in production rooms is greatly influenced by the nature of the reflection of sound from fences and the presence of sound-dissipating equipment. To calculate noise under such conditions, a combined calculation method has

been developed that takes into account the complex mirror-diffuse nature of the reflection of sound from fences and scatterers, the dimensions of the scatterers and their arrangement. The results of the experimental estimation of the accuracy of the combined calculation method are given in the article. The comparative analysis uses the results of calculations performed with the initial data and boundary conditions as close as possible to the actual conditions of the experiment. The accuracy of the combined calculation method is also estimated as applied to real production conditions.

Ключевые слова: производственные помещения, шумовой режим, методы расчета шума, технологическое оборудование.

Keywords: production facilities, noise regime, noise calculation methods, process equipment

Формирование шумового режима в производственных помещениях является сложным процессом, зависящим от большого количества факторов, влияющих на возникновение и распространение отраженной составляющей шума [1]. Как показано в работе [1], к наиболее важным из них относятся характер отражения звука от ограждений и наличие в помещениях различного вида рассеивателей (строительных элементов, технологического оборудования и т.д.). В связи с этим при расчетах энергетических характеристик шума необходимо использовать методы расчета, учитывающие реальный характер отражения звука от ограждений и рассеяние звуковой энергии на предметах, находящихся в помещении.

Установлено [2], что реальный характер отражения звука от ограждений в производственных помещениях соответствует смешанной зеркально-диффузной модели отражения, при которой одна часть падающей на ограждения энергии отражается зеркально, а другая ее часть рассеивается диффузно в соответствии с законом отражения Ламберта. Выполненные нами исследования показали, что в помещениях с рассеивателями коэффициенты рассеяния отраженной энергии зависят от формы помещения, характера поверхностей, вида рассеивающего звук оборудования [2].

Для учета смешанного зеркально-диффузного характера отражения звука нами предложена комбинированная расчетная модель [3], в которой зеркальная составляющая отраженной энергии определяется методом прос-

леживания лучей [4], а рассеянная составляющая – численным статистическим энергетическим методом [5]. В настоящее время модель и реализующие ее компьютерные программы используются при расчетах шума в помещениях с технологическим оборудованием небольших размеров, равномерно распределенным по объему помещения [6], в помещениях с крупногабаритным оборудованием [3], [7], в помещениях с перегородками неполной высоты [8], а также при расчетах шума в крупногабаритных газовоздушных каналах [9...11]. Следует отметить, что при оценке распределения диффузно рассеянной составляющей отраженного шума в численном статистическом энергетическом методе используются коэффициенты звукопоглощения ограждений и длины среднего свободного пробега отраженных звуковых волн, учитывающие влияние на них рассеивающего звук оборудования [12], [13].

Для оценки адекватности предложенной расчетной модели и реализующих ее методов было проведено большое количество экспериментальных исследований с целью сравнения их с расчетными данными. Среди них для исключения влияния трудно учитываемых случайных факторов был поставлен специальный эксперимент, позволяющий более точно учесть условия формирования шумового режима в прямоугольном помещении с рассеивателями правильной геометрической формы. Основной целью эксперимента являлось установление соответствия между расчетными данными и экспериментальными результатами, полученными

ми при известных граничных условиях в помещениях и на рассеивателях и при известной мощности источника шума.

Ниже приводятся результаты сравнения расчетов уровней шума с экспериментальными данными, полученными в прямоугольном помещении при размещении в нем правильных по форме рассеивателей в виде кубов с размерами ребер, равными одному метру.

Схемы помещения и варианты расстановки оборудования и источников шума даны на рис. 1 (схема размещения оборудования, точечного источника шума и точек измерения в помещении) и 2 (схема размещения оборудования, объемного источника шума и точек измерения в помещении).

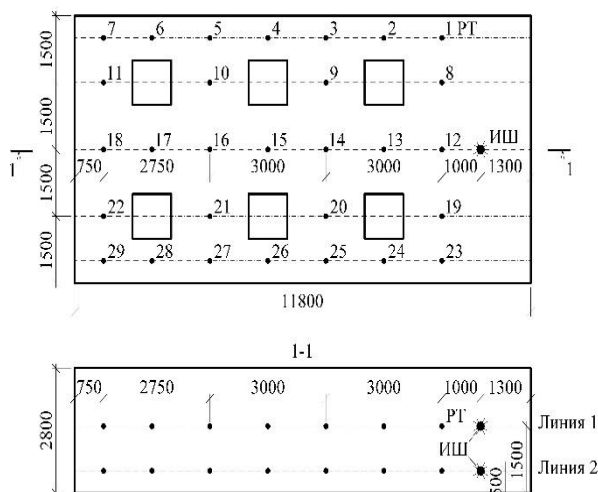


Рис. 1

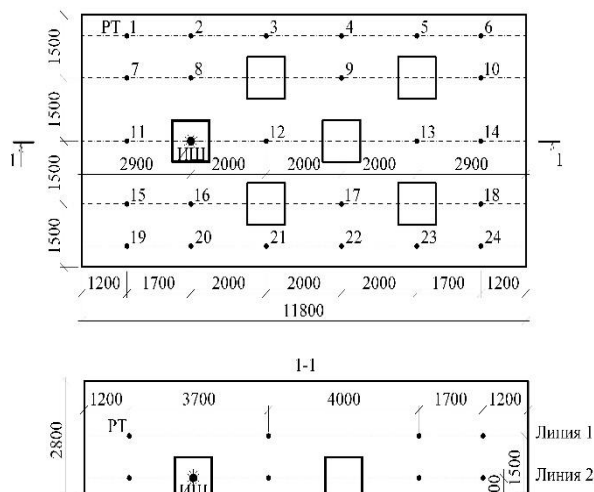


Рис. 2

В качестве источника шума использовался (додекаэдр) OED-SP-012-600. Измерения шума проводили шумомером ОКТА-ВА-101АМ. Измерения проводили для двух случаев: когда источник был открытым (рис. 1) и когда источник располагался внутри куба (рис. 2). В последнем случае рассеиватель работал в качестве объемного источника. Измерения выполняли в двух уровнях – 0,5 м и 1,5 м от уровня пола. Точечный источник шума располагался на этих же уров-

нях. Места положения расчетных точек и их номера указаны на рис. 1 и 2.

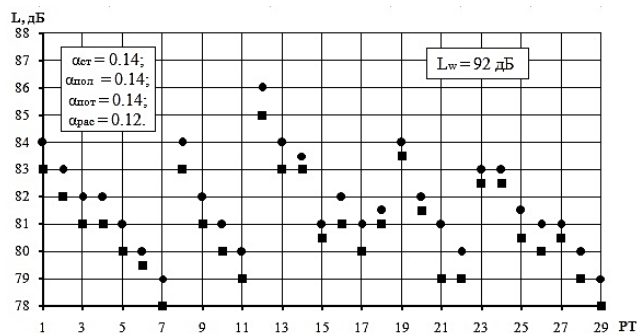
Расчеты выполняли комбинированным методом, методика реализации которого приведена в [3]. Согласно результатам работы [2] при расчетах использовался коэффициент рассеяния отраженной энергии, равный $\beta=0,2$. Коэффициенты звукопоглощения стен, полов, потолка и оборудования, использованные при расчетах, приведены в табл. 1.

Таблица 1

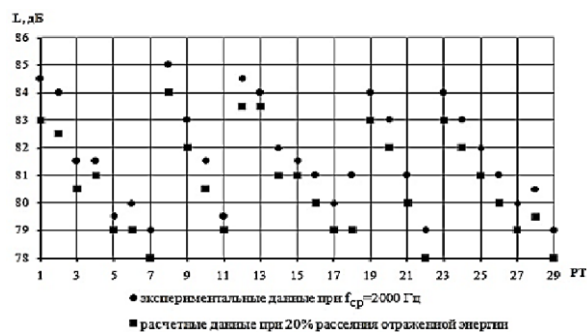
Наименование поверхностей	Коэффициенты звукопоглощения поверхностей в октавных полосах частот, Гц			
	500	1000	2000	4000
Стены, пол и потолок помещения	0,09	0,12	0,14	0,19
Поверхности рассеивателей	0,14	0,09	0,12	0,12

На рис. 3 в качестве примера приведены результаты расчетов и экспериментальные данные для октавной полосы частот с $f_{cp} = 2000$ Гц при работе точечного источника; уровни 1,5 м (а) и 0,5 м (б). На рис. 4 пока-

заны расчетные и экспериментальные данные при работе объемного источника и измерениях на уровне 1,5 м (а) и 0,5 м (б) для октавной полосы с $f_{cp} = 1000$ Гц.

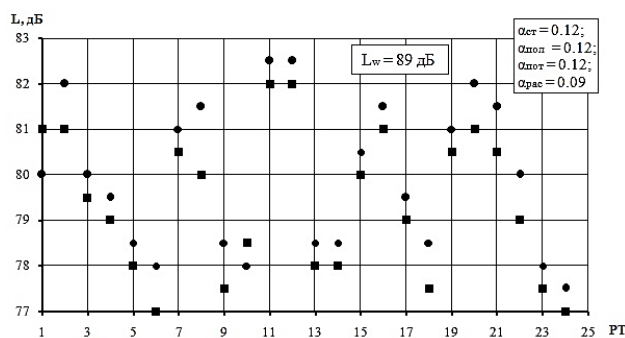


а)

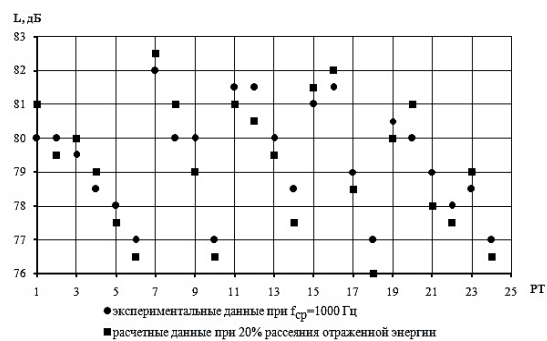


б)

Рис. 3



а)



б)

Рис. 4

Как видно из графиков, расчетные и экспериментальные данные хорошо согласуются между собой. Расхождения не превышают $\pm 1,5$ дБ. В то же время следует отметить, что в реальных производственных помещениях более сложных форм и с более разнообразным оборудованием расхождения составляют $\pm 3,0$ дБ, а в наиболее сложных ситуациях достигают и $\pm 4,0$ дБ. Это связано, в первую очередь, с неопределенностью в задании исходных данных для расчета.

ВЫВОДЫ

1. В целом результаты сравнения экспериментальных и расчетных данных подтвердили надежность расчетов звуковых полей в помещениях с оборудованием на основе предложенной комбинированной расчетной модели.

2. В случае расчетов шума для реальных производственных помещений погрешность расчетов может составлять $\pm 3,0$ дБ, что вполне приемлемо при разработке шумозащит-

ных мероприятий и оценке их акустической эффективности.

3. Для практических расчетов при проектировании шумозащиты в помещениях с оборудованием разработана компьютерная программа, реализующая предложенные расчетные методы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.И., Бацунова А.В., Шубин И.Л. Условия, определяющие процессы формирования шумового режима в замкнутых объемах, и их учет при оценке распределения звуковой энергии в помещениях // Приволжский научный журнал. – 2015, №3 (35). С. 89...96.
2. Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Федорова О.О. Влияние характера отражения звука от ограждений на выбор метода расчета воздушного шума в гражданских и промышленных зданиях // Приволжский научный журнал. – 2017, №2 (42). С.16...23.
3. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection // Procedia Engineering. – №176, 2017. P. 218...225.

4. Антонов А.И. Математическое моделирование процессов распространения звуковой энергии в зданиях // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014, № 3 (53). С. 17...23.
5. Леденев В.И., Антонов А.И., Жданов А.Е. Статистические энергетические методы расчета отраженных шумовых полей помещений // Вестник Тамбовского гос. технич. ун-та. – 2003. Т.9, №4. С.713...717.
6. Леденев В.И., Макаров А.М. Расчет энергетических параметров шумовых полей в производственных помещениях сложной формы с технологическим оборудованием // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2008, № 2. С. 94...101.
7. Антонов А.И., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Комбинированный метод расчета шумового режима в производственных зданиях теплоэлектроцентралей // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2011, № 2. С. 16...24.
8. Гусев В.П., Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных помещениях с перегородками неполной высоты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С.260...267.
9. Гусев В.П., Сидорина А.В., Антонов А.И., Леденев В.И. Проектирование звукоизоляции крупногабаритных вентиляционных каналов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С. 254...260.
10. Гусев В.П., Жоголева О.А., Леденев В.И. Компьютерный расчет уровней шума при проектировании крупногабаритных газовоздушных каналов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016, № 6 (982). С. 15...17.
11. Гусев В.П., Леденев В.И. Комбинированный метод расчета уровней шума в крупногабаритных газовоздушных каналах // В сб. докл. Всерос. научн.-практ. конф. с междунар. участием: Защита от повышенного шума и вибрации / Под ред. Н.И. Иванова. – 2013. С. 335...341.
12. Леденев В.И., Макаров А.М., Матвеева И.В., Шубин И.Л. Методика оценки коэффициентов звукопоглощения в производственных помещениях с технологическим оборудованием // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 2. С. 249...254.
13. Антонов А.И., Леденев В.И., Цукерников И.Е., Шубин И.Л. Компьютерное моделирование акустических параметров производственных помещений предприятий текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 193...198.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012613166. Расчет шумового поля в производственных помещениях энергетических объектов с крупногабаритным оборудованием / А. И. Антонов, Е. О. Соломатин. - Заявка №2012610818; дата поступл. 08.02.2012; зарег. 03.04.2012
1. Antonov A.I., Bacunova A.V., Shubin I.L. Usloviya, opredelajushhie processy formirovaniya shumovogo rezhima v zamknutyh ob"emah, i ih uchet pri ocenke raspredelenija zvukovoj jenerгии v pomeshhenijah // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2015, №3 (35). S. 89...96.
2. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Fedorova O.O. Vlijanie haraktera otrazhenija zvuka ot ograzhdenij na vybor metoda rascheta vozdušnogo shuma v grazhdanskix i promyshlennyh zdaniyah // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2017, № 2 (42). S.16...23.
3. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection // Procedia Engineering. – №176, 2017. P. 218...225.
4. Antonov A.I. Matematicheskoe modelirovanie processov rasprostraneniya zvukovoj jenerгии v zdaniyah // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2014, № 3 (53). S. 17...23.
5. Ledenev V.I., Antonov A.I., Zhdanov A.E. Statisticheskie jenergeticheskie metody rascheta otrazhennyh shumovyh polej pomeshhenij // Vestnik Tambovskogo gos. tehnic. un-ta. – 2003. T. 9, №4. S.713...717.
6. Ledenev V.I., Makarov A.M. Raschet jenergeticheskix parametrov shumovyh polej v proizvodstvennyh pomeshhenijah slozhnoj formy s tehnologicheskim oborudovaniem // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2008, № 2. S. 94...101.
7. Antonov A.I., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Kombinirovannyj metod rascheta shumovogo rezhima v proizvodstvennyh zdaniyah teplojelektrocentralej // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2011, № 2. S.16...24.
8. Gusev V.P., Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Raschety shuma pri proektirovanii shumozashhity v proizvodstvennyh pomeshhenijah s peregorodkami nepolnoj vysoty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, № 2. S.260...267.
9. Gusev V.P., Sidorina A.V., Antonov A.I., Ledenev V.I. Proektirovanie zvukoizoljaccii krupnogabaritnyh ventiljacionnyh kanalov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, № 2. S. 254...260.
10. Gusev V.P., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Komp'juternyj raschet urovnej shuma pri proektirovanii krupnogabaritnyh gazovozdušnyh kanalov // BST: Bulleten' stroitel'noj tehniky. – 2016, № 6 (982). S. 15...17.
11. Gusev V.P., Ledenev V.I. Kombinirovannyj metod rascheta urovnej shuma v krupnogabaritnyh gazovozdušnyh kanalax // V sb. dokl. Vseros. nauchn.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem: Zashhita ot povyshennogo shuma i vibracii / Pod red. N.I. Ivanova. – 2013. S. 335...341.
12. Ledenev V.I., Makarov A.M., Matveeva I.V., Shubin I.L. Metodika ocenki koeficientov zvukopogloshhenija v proizvodstvennyh pomeshhenijah s tehnologicheskim oborudovaniem // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, № 2. S. 249...254.

13. Antonov A.I., Ledenev V.I., Cukernikov I.E., Shubin I.L. Komp'yuternoe modelirovanie akusticheskikh parametrov proizvodstvennykh pomeshhenij predpriyatij tekstil'noj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 193...198.

14. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2012613166. Raschet shumovogo polja v proizvodstvennykh pomeshhenijah jenergeticheskikh ob"ektov s krupnogabaritnym oborudovaniem / A.I. Antonov, E.O. Solomatin. Zajavka №2012610818; data postupl. 08.02.2012; zareg. 03.04.2012

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 18.06.19.

УДК 699.8

**ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ
ПОДВЕДЕНИЕМ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ
С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ГРУНТОВ**

**NEIGHBORING BUILDINGS PROTECTION
BY CHANGING SHALLOW FOUNDATIONS
TO A SLAB CONSIDERING TECHNOLOGICAL SOIL MECHANICS**

В.А.ИЛЬИЧЕВ, Н.С.НИКИФОРОВА, А.В.КОННОВ

V.A. ILYICHEV, N.S. NIKIFOROVA, A.V. KONNOV

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: n.s.nikiforova@mail.ru

Приводится формула для прогноза осадок зданий на фундаментах мелкого заложения в зоне влияния глубоких котлованов при применении защитного мероприятия – подведения плитного фундамента, полученная на основе статистической обработки результатов численных расчетов в программе PLAXIS 2DV.8. Обосновывается необходимость соблюдения последовательности бетонирования плиты согласно положениям технологической механики грунтов.

A formula is given for the settlement prediction of buildings on shallow foundations in the impact zone of deep excavations when installing a protective measure – changing shallow foundations to a slab. It's obtained by statistical processing of the results of numerical modelling in the program PLAXIS 2D V.8. The necessity of following the sequence of slab casting according to the statements of the technological soil mechanics is substantiated.

Ключевые слова: окружающая застройка, подведение фундаментной плиты, прогноз осадок, технологическая механика грунтов.

Keywords: urban development, changing shallow foundations to a slab, settlement prediction, technological soil mechanics.

При строительстве и реконструкции предприятий текстильной промышленности с устройством заглубленных частей возникает необходимость в эксплуатационной пригодности зданий и объектов в зоне влияния глубокого котлована.

В качестве защитного мероприятия от неравномерности осадок существующих зданий и сооружений их фундаменты мелкого заложения могут быть переустроены в плитный фундамент. Примером использования данного способа защиты является проект реконструкции здания Мосгосстройнадзора (г. Москва, ул.Брянская, д. 9) [1] и проектное предложение по реконструкции с углублением подвала здания по адресу: г. Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 28А [2].

Для прогнозирования деформаций здания вблизи глубокого котлована, ленточные фундаменты которого были преобразованы в плиту, была проведена серия из 96 численных экспериментов в программе PLAXIS

2DV.8 в плоской постановке с использованием модели грунта Hardeningsoil.

Изменялись следующие параметры модели: глубина котлована H_k (12 и 18 м); удаленность здания от котлована L (1 м, $0,5H_k$, H_k , $2H_k$); давление под подошвой фундамента q (100, 200 и 300 кПа). Рассматривались четыре типа, характерных для Москвы ИГУ, вмещающих глубокий котлован [1]: тип I (насыпные грунты, пески от мелких до гравелистых, средней плотности и плотные), тип II (насыпные грунты, суглинки и глины от полутвердых до тугопластичных), тип IIIа (насыпные грунты, пески пылеватые рыхлые) и тип IIIб (насыпные грунты, суглинки и глины от мягкопластичных до текучих). Толщина слоя насыпных грунтов задавалась равной 2 м. Уровень подземных вод был принят на глубине 2 м от поверхности. Физико-механические характеристики грунтов различных типов ИГУ представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Тип ИГУ	Наименование грунтов	Физико-механические характеристики		
		сцепление c , кПа	угол внутреннего трения φ , °	модуль деформации E , МПа
I, II, IIIа, IIIб	насыпь	15	15	10
I	Песок Средней крупности Средней плотности	2	36	30
II	Суглинок полутвердый	38	21	22
IIIа	Песок пылеватый рыхлый	4	20	12
IIIб	Суглинки и глины от мягкопластичных до текучих	30	19	12

Полученные изополя вертикальных перемещений приведены на рис. 1 – изополя вертикальных перемещений массива грунта при подведении плитного фундамента под здание для типа ИГУ –IIIа.

Статистическая обработка полученных в результате моделирования значений осадок проводилась при помощи табличного процессора MS Excel и пакета прикладных программ Matlab.

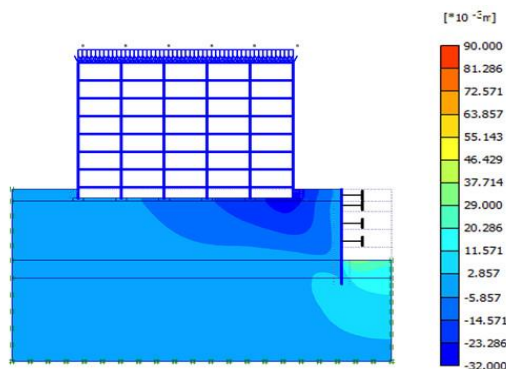
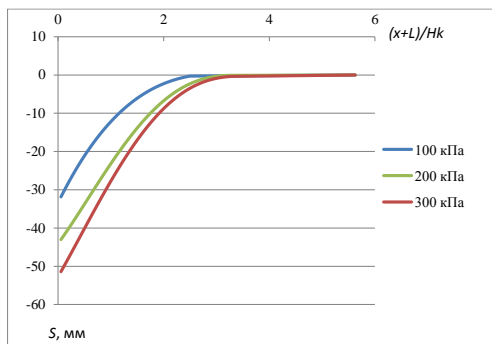


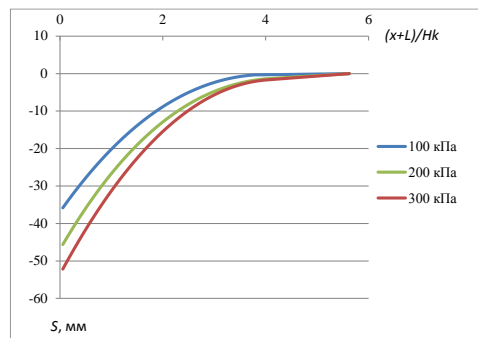
Рис. 1

В MS Excel были определены зависимости прогнозируемой осадки здания с защитными мероприятиями S_{ad} от относительной удаленности точки по длине здания от котлована $(x+L)/H_k$, где x – координата по длине здания, и осуществлена линейная и полиномиальная аппроксимация. Величина дос-

товерности аппроксимации R^2 составила от 0,78 до 0,97. Полученные графики для ИГУ IIIа и IIIб представлены на рис. 2 – графики зависимостей дополнительной осадки здания от $(x+L)/H_k$ при подведении плитного фундамента для $q=100, 200, 300$ кПа и типов ИГУ: а) IIIа; б) IIIб.



а)



б)

Рис. 2

В программном комплексе Matlab была проведена аппроксимация полученных в MS Excel графиков дополнительных осадок здания с защитным мероприятием. В результате для каждого из четырех типов ИГУ получена зависимость дополнительной осадки от относительного расстояния от котлована до точки по длине здания $(x+L)/H_k$ и давления под подошвой его фундамента q . Полученная зависимость представлена в виде формулы (1). Графическая интерпретация формулы показана на рис. 3 – графики прогнозируемой осадки здания при подведе-

дении плитного фундамента при $H_k=12-18$ м, $q=100-300$ кПа для четырех типов ИГУ.

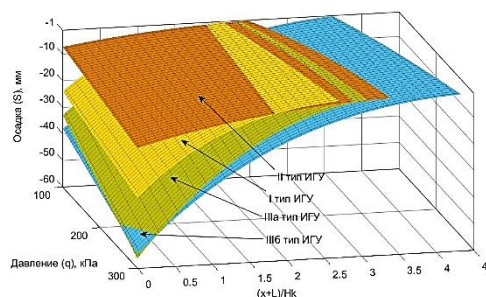


Рис. 3

$$S_{ad} = \alpha \left[K1 + K2 \left(\frac{x+L}{H_k} \right) + \beta K3 q + K4 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^2 + \beta K5 \left(\frac{x+L}{H_k} \right) q + K6 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^3 + \beta K7 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^2 q + K8 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^4 + \beta K9 \left(\frac{x+L}{H_k} \right)^3 q \right], \quad (1)$$

где S_{ad} – дополнительная осадка здания или сооружения с защитным мероприятием, мм; $\alpha = 1$ мм – коэффициент размерности; $K1...K9$ – эмпирические коэффициенты, определяются по табл.2 (коэффициенты формулы (1) осадки здания при подведении плитного фундамента); $\frac{x+L}{H_k}$ – относительное рас-

стояние от котлована до точки по длине здания, при $H_k=12...18$ м и $L = 1-36$ м принимает значения от 0,1-5,6; $\beta = 1$ м²/кН – коэффициент размерности; q – давление под подошвой фундамента, кПа, $q=100,200,300$ кПа.

Тип ИГУ	Коэффициенты уравнения								
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
I	-19,13	19,75	-0,04786	-6,973	0,02613	1,01	-0,004408	-0,05053	0,0002188
II	-3,43	2,841	-0,03789	-0,7766	0,01598	0,06844	-0,001684	0	0
IIIa	-21,26	18,85	-0,1167	-4,023	0,04987	-0,09991	-0,003802	0,06283	-0,0002895
IIIб	-29,71	18,42	-0,08342	-3,686	0,03092	0,2395	-0,002936	0	0

Для установления величины технологической осадки при переустройстве фундаментов мелкого заложения в плитный для зданий в зоне влияния подземного строительства требуются дальнейшие исследования. Однако известно, что для того, чтобы плита вступила в работу, необходимо, чтобы здание получило осадку не менее 1 см. Эту величину необходимо учитывать при прогнозировании, добавляя к значениям, полученным численным моделированием.

Проектирование переустройства ленточного фундамента в плитный следует осуществлять на основе принципов технологической механики грунтов, представляющей собой совокупность положений, обосновывающих необходимость учета технологии и последовательности производства работ при геотехнических расчетах взаимодействия грунтового массива и подземных частей сооружений [3...5]. Основные положения технологической механики грунтов заключаются в том, что усилия и деформации возводимой конструкции, взаимодействующей с грунтом, могут не только сильно количественно различаться по вариантам последовательности и технологии работ нулевого цикла, но даже менять знак в процессе возведения. Величины деформаций грунтового массива (осадки, горизонтальные перемещения и пр.) зависят от выбранной технологической последовательности производства работ. Неучет этапности проведения работ по возведению подземных конструкций при геотехнических расчетах НДС грунтовых массивов может привести не только к потере эксплуатационной пригодности подземных сооружений, но и к их разрушению. При определении напряженно-деформированного состояния фундаментных плит рекомендуется учитывать метод расчета контактных напряжений монолитных фундаментов больших размеров, который может быть применен для расчета фундаментных плит объек-

тов с подземной частью, учитывающий порядок бетонирования, разработанный В.А. Ильичевым.

ВЫВОДЫ

1. Получена формула дополнительной осадки зданий в зоне влияния глубокого котлована ($H_k=12...18$ м) при переустройстве фундаментов мелкого заложения в плитный фундамент, позволяющая прогнозировать осадку зданий с давлением под подошвой фундамента 100...300 кПа в четырех типах инженерно-геологических условий. Дана ее графическая интерпретация.

2. Переустройство фундаментов мелкого заложения в плиту следует осуществлять с учетом последовательности производства работ и порядка бетонирования плиты в соответствии с принципами технологической механики грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифорова Н.С. Обеспечение сохранности зданий в зоне влияния подземного строительства. – М.: МГСУ, 2016.
2. Коновалов П.А., Никифорова Н.С., Федюхин М.Ю. Пример реконструкции фундаментов здания с устройством заглубленного помещения // Мат. Межд. семинара: Геотехнические и эксплуатационные проблемы нефтегазовой отрасли. Тюмень, 27-29 марта 2002. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. С.78...80.
3. Ильичев В.А. Современная механика – практическому строительству // Тр. юбилейной конф., посвященной 50-летию РОМГТИФ: Российская геотехника – шаг в 21 век. – М., 15-16 марта 2007 г., том I. С.80...104.
4. Колыбин И.В., Фурсов А.А. Расчет подземных сооружений с учетом технологии их возведения // Сб. тр. НИИОСП им. Н.М. Герсееванова. – М., 2000. С.1...8.
5. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В. Аспекты производственной и экологической безопасности при строительстве и реконструкции объектов с подземной частью в рыхлых водонасыщенных песках // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С.245...248.

REFERENCES

1. Nikiforova N.S. Obespechenie sohrannosti zdaniy v zone vlijanija podzemnogo stroitel'stva. – M.: MGSU, 2016.

2. Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Fedjuhin M.Ju. Primer rekonstrukcii fundamentov zdaniya s ustrojstvom zaglublennogo pomeshhenija // Mat. Mezhd. seminar: Geotekhnicheskie i jekspluatacionnye problemy neftegazovoj otrasli. Tjumen', 27-29 marta 2002. – Tjumen': TjumGNGU, 2002. S.78...80.

3. Il'ichev V.A. Sovremennaja mehanika – prakticheskomu stroitel'stvu // Tr. jubilejnoj konf., posvjashhennoj 50-letiju ROMGGiF: Rossijskaja geotekhnika – shag v 21 vek. – M., 15-16 marta 2007 g., tom I. С.80...104.

4. Kolybin I.V., Fursov A.A. Raschet podzemnyh sooruzhenij s uchetom tehnologij ih vozvedenija // Sb. tr. NIIOSP im. N.M. Gersevanova. – M., 2000. S.1...8.

5. Il'ichev V.A., Nikiforova N.S., Konnov A.V. Aspekty proizvodstvennoj i jekologicheskoj bezopasnosti pri stroitel'stve i rekonstrukcii ob"ektov s podzemnoj chast'ju v ryhlyh vodonasyshhennyh peskah // Izv. vuzov Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, №2. S.245...248.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.

УДК 629.45

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ, САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ШТОРЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА В ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНАХ ОТКРЫТОГО ТИПА

DEVELOPMENT OF TECHNICAL, SANITARY-HYGIENIC AND ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS FOR THE CURTAIN DESIGNED FOR THE ORGANIZATION OF INDIVIDUAL SPACE IN OPEN-TYPE PASSENGER CARS

O.S. SACHKOVA, V.A. AKSENOV, I.A. KONOVAL, V.B. SHEVCHENKO

O.S. SACHKOVA, V.A. AKSENOV, I.A. KONOVAL, V.B. SHEVCHENKO

**(Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены Роспотребнадзора,
Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)))**

**(All-Russian Research Institute of Railway Hygiene of Rospotrebnadzor,
Russian University of Transport (RUT (MIIT)))**

E-mail: vnijg@yandex.ru

Разработаны технические, санитарно-гигиенические и экологические требования к шторе индивидуальной, предназначенной для организации индивидуального пространства в пассажирских вагонах открытого типа. Установлено, что образцы материала огнебиозащитного арамидного марки "Транспорт-НТ" соответствуют санитарно-гигиеническим, токсикологическим показателям, показателям противопожарной безопасности и пригодны для изготовления штор индивидуальных в пассажирских вагонах локомотивной тяги открытого типа.

Technical, sanitary and environmental requirements for the curtain of individual, designed for the organization of individual space in open passenger cars have been developed. It is established that the samples of the material of fire-bioprotective

aramid brand "Transport-NT" correspond to sanitary and hygienic, Toxicological indicators, fire safety indicators and are suitable for the manufacture of curtains in individual passenger cars of open-type locomotive traction.

Ключевые слова: технические требования, санитарно-гигиенические требования, экологические требования, штора индивидуальная, вагоны открытого типа, огнебиозащитный материал из арамидных нитей марки "Транспорт-НТ".

Keywords: technical requirements, sanitary and hygienic requirements, environmental requirements, individual curtains, open-type cars, fire-bioprotective material of aramid brand "Transport-NT".

Санитарно-гигиеническая безопасность пребывания пассажиров в вагоне – состояние внутривагонной среды, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни и здоровью пассажиров и обслуживающего персонала. Модульные пространства и пассажирские места со шторами, которые можно закрыть в любой момент, а также современный интерьер – это требования пассажиров к условиям пребывания в пассажирских вагонах открытого типа (плацкартных) [1...16].

Основная идея реновации – создание максимально комфортного личного пространства для каждого пассажира в условиях поездки.

Каждое пассажирские место должно иметь шторы: при их закрытии пассажир имеет огороженное от других пассажиров пространство.

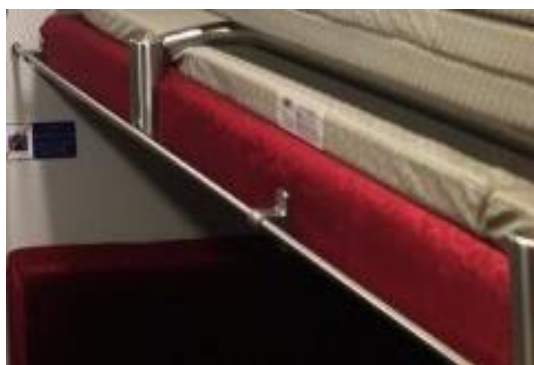


Рис. 1

Что касается санитарно-гигиенических требований, то в первую очередь штора должна изготавливаться по технологической документации, согласованной и утвержденной в установленном порядке, отвечать требова-

Цель исследований – разработка необходимых требований к шторе индивидуальной для дальнейшего создания макета отсека и проведения санитарно-гигиенических и токсикологических исследований.

Ткань шторы должна быть изготовлена из негорючих арамидных нитей. Особенностью ткани является ее структура "рип-стоп", гарантирующая высокую плотность ткани, прочность и минимальную растяжимость. Мелкие разрывы, проколы и порезы на такой ткани малозаметны и в дальнейшем не увеличиваются. Ткань шторы устойчива к сминанию, истиранию и не имеет усадки при намочении. Также данная штора должна иметь простое крепление. Элементы крепления шторы представлены на рис. 1. На рис. 2 показан салон плацкартного вагона с элементами крепления для штор индивидуальных.



Рис. 2

ниям нормативно-технической документации:

СП 2.5.1198-03. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте [1];

СанПиН 2.1.2.729. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности. Санитарные правила и нормы [2];

СанПиН 2.4.7/1.1.2651-10. Гигиенические требования к одежде для детей, подростков и взрослых [3];

Стандарт 2.15.11.04-07. Санитарно-гигиеническая безопасность материалов, предназначенных для внутреннего оборудования пассажирских вагонов [4];

ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений [5].

А ткань, из которой изготавливается штора, должна иметь биоцидную и маслостойкую обработку.

Также штора индивидуальная должна быть:

- изготовлена в огнебиозащищенном исполнении с применением грязеотталкивающей пропитки;

- без специфического запаха, превышающего допустимую норму;

- экологически чистой, не должна выделять в окружающую среду летучие вещества в таких количествах, которые могут оказывать прямое или косвенное неблагоприятное действие на организм человека (с учетом совместного действия всех выделяющихся веществ).

При эксплуатации штор в воздух помещений не должны выделяться химические вещества, относящиеся в 1-му классу опасности. Содержание остальных веществ, выделяющихся из шторы, не должно превышать предельно-допустимые концентрации (среднесуточные для атмосферного воздуха населенных мест или воздуха жилых помещений). В случае выделения из штор нескольких вредных химических веществ, обладающих суммацией действия, сумма отношений концентраций к их ПДК не должна превышать единицу.

Также при использовании шторы должна быть устойчива к механическим воздействиям, влиянию света, моющих и дезинфицирующих средств, удобно сниматься с крепления для очистки от загрязнения и

разрешена для применения органами и учреждениями Роспотребнадзора.

Уровень напряженности электростатического поля на поверхности полимерных материалов в условиях эксплуатации помещений не должен превышать 15,0 кВ/м (при относительной влажности воздуха 30...60%). А микроклимат помещения не должен ухудшаться.

Эстетическая составляющая штор должна производиться с учетом их гармоничного сочетания с цветовой гаммой отделки салона. Контроль цвета окраски проводится визуально, путем сопоставления цвета с колориметрированным атласом цветов или образцами картотеки цветовых эталонов. Проверка цветового оформления вагонов должна производиться лицами, являющимися нормальными трихроматами и прошедшими соответствующую врачебную экспертизу. Штора должна удовлетворять современным требованиям эстетики и соответствовать следующим условиям:

- подвижные механизмы шторы должны перемещаться плавно, без рывков, шума и заеданий;

- штора должна удобно сдвигаться в одну сторону и фиксироваться;

- штора должна иметь грязезащитную пропитку;

- цвет и печатный рисунок лицевой поверхности шторы должны соответствовать требованиям СП 2.5.1198-03 [1], Стандарта 2.15.11.04-07 [4], Руководства "Санитарно-гигиеническая оценка полимерсодержащих конструкционных и отделочных материалов, предназначенных для применения в пассажирских вагонах локомотивной тяги" [7].

В связи с многократным использованием шторы индивидуальной должны быть соблюдены требования надежности: показателем предельного состояния является невозможная потеря внешнего вида, изделия и крепления к шторам должны быть безопасными при эксплуатации и выдерживать нагрузки согласно ГОСТ 19917-93 [6], минимальный срок эксплуатации должен составлять 3 года, а прочность на истирание до образования дыры – не менее 10 300 циклов.

По конструкции штора должна обеспечивать универсальность применения с учетом конструктивных особенностей различных типов вагонов. Для соблюдения гигиенической составляющей штора должна подвергаться стирке с термической и термохимической обработкой в прачечных один раз в 6 месяцев и по мере загрязнения.

Материалы, применяемые при изготовлении предметов шторы, должны соответствовать требованиям ГОСТ 23432–89 [8], ГОСТ 10530–79 [9], ГОСТ Р 55183–2012 [10], материал: арамидный, негорючий. Устойчивость окраски текстильных полотен контрастных отделок, используемых при изготовлении мягкого инвентаря вагона, к физико-химическим воздействиям (стирка, пот, глажение, трение) должны быть не ниже норм для группы крашения "прочная".



Рис. 3

На рис. 3 показана штора индивидуальная в интерьере плацкартного вагона.

По результатам санитарно-гигиенических и токсикологических исследований образцов штор индивидуальных ФГУП ВНИИЖГ установлено, что в продуктах деградации обнаружены следующие химические вещества: ацетон, ксилол, толуол, бензол, этилацетат, этилбензол, гидроксиметилбензол (смесь изомеров о-, м-, п-). Превышения предельно допустимой концентрации по указанным веществам не обнаружены. Не выявлены: аммиак, гидроксibenзол (фенол), формальдегид, хлорэтен, стирол, метил-2-метилпроп-2-еноат. Величина индекса токсичности образцов материала ог-

небиозащитного арамидного марки "Транспорт-НТ" составила 12,3 % при норме до 20%.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты санитарно-гигиенических и токсикологических исследований доказывают, что штора индивидуальная может использоваться для создания индивидуального пространства пассажиров в плацкартных вагонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 2.5.1198-03. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте.
2. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.2.729–99. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции.
3. СанПиН 2.4.7/1.1.2651–10. Гигиенические требования к одежде для детей, подростков и взрослых.
4. Стандарт 2.15.11.04–07. Санитарно-гигиеническая безопасность материалов, предназначенных для внутреннего оборудования пассажирских вагонов.
5. ГН 2.1.6.3492–17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
6. ГОСТ 19917–93. Мебель для сидения и лежания. Общие технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3).
7. Руководство "Санитарно-гигиеническая оценка полимерсодержащих конструкционных и отделочных материалов, предназначенных для применения в пассажирских вагонах локомотивной тяги".
8. ГОСТ 23432–89. Полотна декоративные. Общие технические условия.
9. ГОСТ 10530–79. Изделия штучные текстильные декоративные. Общие технические условия.
10. ГОСТ Р 55183–2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования пожарной безопасности. Гигиенические требования безопасности блоков. Технические условия.
11. Юдаева О.С. Результаты предварительного этапа проведения санитарно-химических исследований полимерных материалов, используемых в вагоностроении на современном этапе // Сб. научн. ст., посвященный 80-летию ФГУП ВНИИЖГ. – М., 2005. С. 220...224.
12. Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Гигиеническая оценка отделочных материалов, применяемых в пассажирском вагоностроении // XIII Российский национальный конгресс: Человек и лекарство. – М., 2006. С. 738...739.
13. Юдаева О.С. Проведение санитарно-химических исследований полимерсодержащих отделоч-

ных материалов для объектов железнодорожного транспорта в моделированных условиях // VII науч.-практ. конф.: Безопасность движения поездов. – М., 2006. С. IV-7 – IV-8.

14. Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Влияние деформации полимерных материалов, используемых в пассажирском вагоне на здоровье пассажиров // Мат. 2-й Междунар. науч.-практ. конф.: О мерах по усилению и обеспечению взаимодействия контролирующих органов по санитарной охране территорий и государственной границы Республики Казахстан. – Республика Казахстан, Астана, 2006. С. 138...140.

15. Юдаева О.С., Сидоров Ю.П. Требования к санитарно-химическим исследованиям полимерсодержащих отделочных материалов, применяемых на объектах железнодорожного транспорта // Мат. XI Всерос. конгресса: Экология и здоровье человека на тему "Проблемы выживания человека в техносферной среде современных городов". – Самара, 2006. С.260...261.

16. Юдаева О.С., Минеева Н.А. Вопросы гигиенической безопасности материалов внутреннего оборудования пассажирских вагонов // Современные вопросы гигиены труда и профзаболеваний. – Караганда, 2007. С. 272...273.

REFERENCES

1. SP 2.5.1198-03. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте.

2. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.2.729–99. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции.

3. СанПиН 2.4.7/1.1.2651–10. Гигиенические требования к одежде для детей, подростков и взрослых.

4. Стандарт 2.15.11.04–07. Санитарно-гигиеническая безопасность материалов, предназначенных для внутреннего оборудования пассажирских вагонов.

5. GN 2.1.6.3492–17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

6. GOST 19917–93. Мебель для сидения и лежания. Общие технические условия (с изменениями № 1, 2, 3).

7. Руководство "Санитарно-гигиеническая оценка полимерсодержащих конструктивных и отделочных ма-

териалов, предназначенных для применения в пассажирских вагонах локомотивной тяги".

8. GOST 23432–89. Полотна декоративные. Общие технические условия.

9. GOST 10530–79. Изделия шتучные текстильные декоративные. Общие технические условия.

10. GOST R 55183–2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования пожарной безопасности. Гигиенические требования безопасности блоков. Технические условия.

11. Юдаева О.С. Результаты предварительного этапа проведения санитарно-химических исследований полимерных материалов, используемых в вагоне на современном этапе // Сб. научн. ст., посвященный 80-летию FGUP VNIIZhG. – М., 2005. С. 220...224.

12. Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Гигиеническая оценка отделочных материалов, применяемых в пассажирском вагоне // XIII Российский национальный конгресс: Человек и лекарство. – М., 2006. С.738...739.

13. Юдаева О.С. Проведение санитарно-химических исследований полимерсодержащих отделочных материалов для объектов железнодорожного транспорта в моделированных условиях // VII науч.-практ. конф.: Безопасность движения поездов. – М., 2006. С. IV-7 – IV-8.

14. Юдаева О.С., Гладаренко А.С. Влияние деформации полимерных материалов, используемых в пассажирском вагоне на здоровье пассажиров // Мат. 2-й Междунар. науч.-практ. конф.: О мерах по усилению и обеспечению взаимодействия контролируемых органов по санитарной охране территорий и государственной границы Республики Казахстан. – Республика Казахстан, Астана, 2006. С. 138...140.

15. Юдаева О.С., Сидоров Ю.П. Требования к санитарно-химическим исследованиям полимерсодержащих отделочных материалов, применяемых на объектах железнодорожного транспорта // Мат. XI Всерос. конгресса: Экология и здоровье человека на тему "Проблемы выживания человека в техносферной среде современных городов". – Самара, 2006. С. 260...261.

16. Юдаева О.С., Минеева Н.А. Вопросы гигиенической безопасности материалов внутреннего оборудования пассажирских вагонов // Современные вопросы гигиены труда и профзаболеваний. – Караганда, 2007. С.272...273.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности РУТ (МИИТ). Поступила 19.06.19.

УДК 7.048

**ИССЛЕДОВАНИЕ РУССКОГО НАРОДНОГО ОРНАМЕНТА
И ЕГО АДАПТАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ДИЗАЙНЕ КОСТЮМА**

**THE RESEARCH OF THE RUSSIAN FOLK ORNAMENT
AND ITS ADAPTATION IN THE MODERN DESIGN**

О.Л. АККУРАТОВА, Д.А. РОГАНОВА

O.L. AKKURATOVA, D.A. ROGANOVA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: info@kstu.edu.ru

В статье анализируется семантика русского народного орнамента на примере декора национального костюма, изучается культурная значимость этнической одежды и символики цвета. Исследуется и систематизируется семиотика славянской вышивки. В статье отмечаются актуальность возрождения русского народного орнамента и возможность его адаптации в современном дизайне.

The article analyzes the semantics of Russian folk ornament on the example of the national costume decor, it examines the cultural significance of the ethnic clothes and the symbolism of color. It researches and systematizes the semiotics of the Slavic embroidery. The article notes the relevance of the revival of Russian folk ornament and the possibility of its adaptation in modern design.

Ключевые слова: русский народный орнамент, символ, народный костюм, одежда, вышивка, "русский стиль", славянская культура.

Keywords: Russian folk ornament, symbol, folk costume, clothes, embroidery, "Russian style", Slavic culture.

Тема русского народного орнамента актуализируется в XXI веке. Древние узоры вызывают неподдельный интерес. Традиционный русский орнамент – это язык, некое

средство выразительности, которое использовалось нашими предками задолго до возникновения письменности. Узоры появлялись на одежде, текстильных изделиях, предме-

тах обихода. Об изначальной содержательности и сакральности народного орнамента говорил академик Б.А. Рыбаков: "Разглядывая затейливые узоры, мы редко задумываемся над их символикой, редко ищем смысл. Нам часто кажется, что нет более бездумной, легкой и бессодержательной области искусства, чем орнамент. А между тем в народном орнаменте, как в древних письменах, отложилась тысячелетняя мудрость народа, начатки его мировоззрения и первые попытки человека воздействовать на таинственные для него силы природы средствами искусства" [1], [2]. Наука рассматривает данное явление как целый пласт культурной идентичности, в котором заложен глубокий смысл [3].

Русский орнамент по праву называется одним из самых интересных явлений в мировой художественной культуре. Он содержит в себе уникальный мир визуальных образов. На протяжении веков русский орнамент видоизменялся, трансформировался [4]. Растительные, геометрические, зооморфные мотивы, нанесенные на предмет, заключали в себе основы мироздания. Древнерусская орнаментика сохранилась и дошла до наших дней благодаря традициям украшения национальной одежды. Национальную одежду по праву называют своеобразной книгой, которая содержит в себе традиции, обычаи и историю своего народа [5].

Русский народный костюм является уникальным культурным наследием. Он отличается особенностями композиционно-пластического решения, состава, кроя, фактуры ткани, а также способом ношения различных частей костюма. Русская народная одежда эстетична, функциональна, целесообразна и рационален ее крой и исполнение. Этнический костюм является целостным художественным ансамблем гармонично согласованных друг с другом предметов одежды. Именно его уникальность определяет его популяризацию в современном мире. Народный костюм в наши дни является объектом пристального изучения. Он интересен не только своими формой и кроем, но и является одним из носителей этнического орнамента. Русский народный костюм формировался на протяжении многих столетий. Он подвергался непосредственному воздейст-

вию культурно-исторических, географических, природных и экономических факторов. Именно в костюме отражается социокультурный опыт этноса. Одежда – это живая история, в которой неотъемлемую часть занимает значительный и мудрый язык орнамента. Основным видом народного изобразительного искусства являлась вышивка [6].

Одежда предков содержала множество смысловых уровней, которые соответствовали основным видам жизнедеятельности человека. Народный костюм выполнял социальную, эстетическую, мемориальную, утилитарную, индивидуальную и религиозно-магическую функции. Таким образом, русский народный костюм условно можно разделить на две разновидности: праздничный (обрядовый) и бытовой. Они отличаются не только назначением, но и декором. Так, бытовой национальный костюм менее украшен орнаментом, в отличие от одежды для обрядов и праздников. В знаковые дни люди пытались добиться полной концентрации в связи с природным миром, покровительствующим языческим пантеоном, путем использования символики и проведения обрядов. Именно это объясняет обильный декор русских народных праздничных костюмов [7].

Орнамент является, прежде всего, оберегом. Поэтому охранительной вышивкой и узорным ткачеством украшали подол, манжеты и ворот, то есть те части одежды, через которые могли пройти злые духи, в тех местах, где заканчивалась ткань, и начиналось тело человека. Для вышивки использовались в основном нитки оттенков красного цвета. Символика цвета является основополагающим фактором в концепции восприятия мира древним человеком. Так, черный цвет олицетворял черный свет, некое зло, а белый – цвет добра. Человек выступал посредником между двумя антагонистическими мирами. Цветом человеческой жизни был красный. Именно эта система мировидения и световосприятия нашла в русском народном костюме широкое отражение. Белый свет воплощался в полотне, черным светом являлась черная полоса, а красный орнамент вышивки заключал в себе тайные знаки мироздания, жизни и обряда [8].

Орнаментальные мотивы русского народного костюма можно разделить на несколько видов: растительный, зооморфный, антропоморфный, линейно-геометрический.

Очень редко данные виды использовались обособленно друг от друга, в основном мы видим их сочетание в различных комбинациях. Несмотря на территориальные особенности русского народного костюма и многочисленные его вариации, связанные с этим,

можно выявить наиболее распространенные символы и мотивы, общие для всех регионов славянских народов [9], [10].

Представлена классификационная схема, включающая в себя характеристику основных орнаментальных знаков, которые относятся к вышеперечисленным видам (рис. 1). Данная классификация позволяет учитывать нюансы составления рисунка, его сочетание и масштабность изображения между собой.

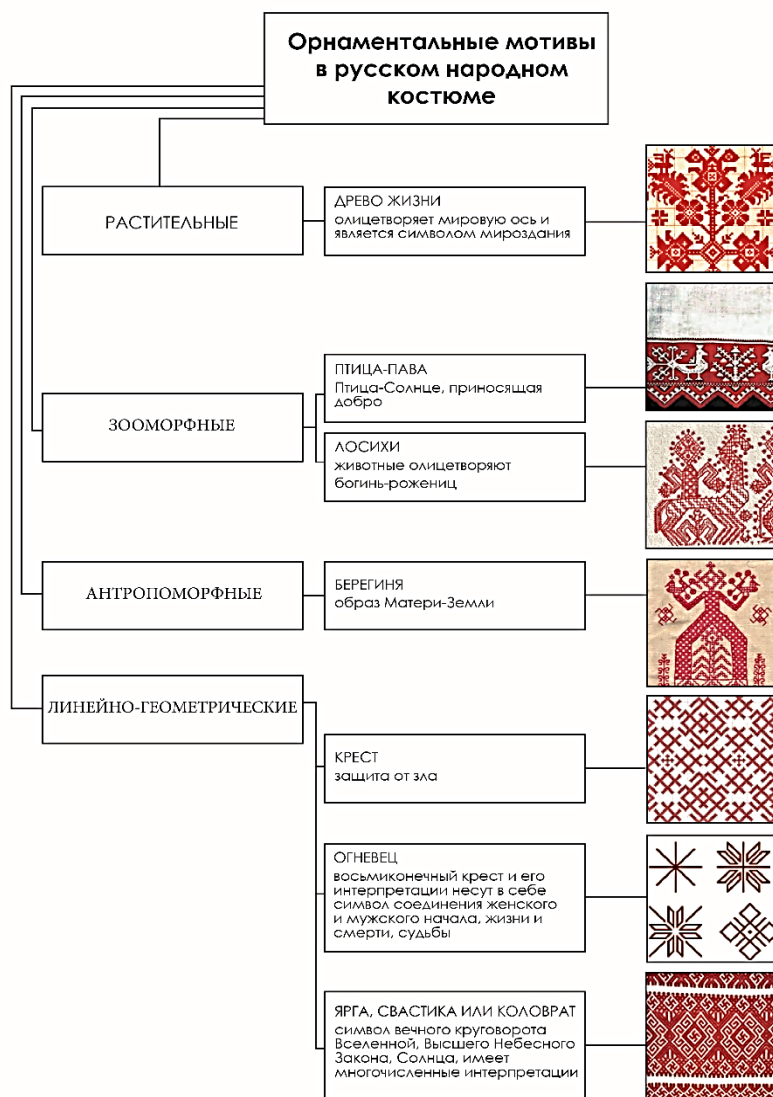


Рис. 1

В современном дизайне текстиля актуализируется направление русского народного орнамента. Славянские мотивы возрождаются в коллекциях кутюрье XXI века [11]. "Русский стиль" обретает популярность в высокой моде в 2013-15 гг., наряду с иными

этностилями. Многие дизайнеры одежды вдохновляются декоративно-прикладным искусством, создавая коллекции с мотивами гжели и хохломы. Преимущественно "русский стиль" заинтересовал европейские дома моды. Среди коллекций выделяется по-

каз Valentino Spring Couture в 2015 г.: творческим источником для дизайнера послужила вышивка восточных славян. Этнические мотивы переосмыслены на новый лад. Славянский колорит прекрасно гармонирует с современными тканями, фасонами и яркими цветами. Модельер использовал достаточно кропотливую и затратную технику – вышивку. Это придает уникальность его коллекции, несмотря на то, что был использован не ручной труд, а машинный способ вышивания. Применение такой техники придает изделию легкость и изящество [12].

Законодатели высокой моды диктуют тенденции, которые распространяются в общество. Возрождение культурного пласта, связанного со славянской орнаментикой, приобрело актуальность. Адаптация изображения народных мотивов в изделиях массового производства происходит путем упрощения техники исполнения с целью уменьшения затрат и обеспечения доступности для широкого круга потребителей данных изделий [13].

В настоящее время во всем мире ценится одежда, отличающаяся национальным своеобразием, включающая в себя элементы декора народного костюма. Современные тенденции в мире высокой моды все чаще ориентируются на творчество декоративно прикладного искусства. Адаптация изображения народных мотивов в изделиях массового производства становится ключевым направлением [14]. Мода во многом выстраивает мировоззрение современного человека, отражает функциональные потребности, творческое стремление к воспроизведению индивидуального и группового самоопределения.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ семантики русского народного орнамента выявил его культурную значимость.

2. Исследование русского народного костюма, как одного из носителей этнической орнаментики и семиотики вышивки, позволило выявить основные мотивы декора и классифицировать их по видам.

3. Анализ современных тенденций в мире высокой моды показал, что возрожде-

ние этнического орнамента является актуальным, он помог выявить способы адаптации изображения народных мотивов в изделиях массового производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осетров Е.И.* Живая древняя Русь. – М.: Просвещение, 1984.
2. *Качаева М.А.* Сокровища русского орнамента. – М.: Изд-во Белые альвы, 2008.
3. *Васильев А.В.* Русская мода. 150 лет в фотографиях. – М.: Слово, 2006.
4. *Брун В., Тильке М.* История костюма от древности до нового времени. – М.: ЭКСМО, 1997.
5. Современная энциклопедия. Мода и стиль / Под ред. В. А. Володина. – М.: Аванта, 2002.
6. *Горожанина С.В., Зайцева Л.М.* Русский народный свадебный костюм. Из собрания Сергиево-Посадского государственного историко-художественного музея-заповедника. – М.: Культура и традиции, 2003.
7. *Захаржевская Р.В.* История костюма. От античности до современности. – М.: РИПОЛ-классик, 2007.
8. *Ермилова Д.Ю.* История домов моды. – М.: Академия, 2003.
9. *Козлова Т.В., Ильичева Е.В.* Стиль в костюме XX века. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003.
10. *Зелинг Ш.* Мода. Век модельеров. 1900-1999. – Кельн: Konemann, 1999.
11. *Мерцалова М.Н.* Костюм разных времен и народов. – Т. 3-4 – СПб.-М.: Академия Моды, ЧАРТ-ПИЛОТ, 2001.
12. *Аккуратова О.Л.* Развитие художественно-образного решения украшений в контексте мужской моды XX - начала XXI вв. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 104...108.
13. *Аккуратова О.Л.* Эвристический поиск современной моды в создании нового мужского образа // Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф.: Актуальные проблемы науки в технологиях текстильной и легкой промышленности (Лен-2016). – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2016. С. 190...191
14. *Нанн Джоан.* История костюма. 1200–2000. – М.: АСТ : Астрель, 2008.

REFERENCES

1. Osetrov E.I. Zhivaya drevnyaya Rus'. – M.: Prosveshchenie, 1984.
2. Kachaeva M.A. Sokrovishcha russkogo ornamenta. – M.: Izd-vo Belye al'vy, 2008.
3. Vasil'ev A.V. Russkaya moda. 150 let v fotografiyakh. – M.: Slovo, 2006.
4. Brun V., Til'ke M. Istoriya kostyuma ot drevnosti do novogo vremeni. – M.: EKSMO, 1997.
5. Sovremennaya entsiklopediya. Moda i stil' / Pod red. V. A. Volodina. – M.: Avanta, 2002.

6. Gorozhanina S.V., Zaytseva L.M. Russkiy narodnyy svadebnyy kostyum. Iz sobraniya Sergievo-Posadskogo gosudarstvennogo istoriko-khudozhestvennogo muzeya-zapovednika. – M.: Kul'tura i traditsii, 2003.

7. Zakhazhevskaya R.V. Istoriya kostyuma. Ot antichnosti do sovremennosti. – M.: RIPOL-klassik, 2007.

8. Ermilova D.Yu. Istoriya domov mody. – M.: Akademiya, 2003.

9. Kozlova T.V., Il'icheva E.V. Stil' v kostyume XX veka. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2003.

10. Zeling Sh. Moda. Vek model'erov. 1900-1999. – Kel'n: Konemann, 1999.

11. Mertsalova M.N. Kostyum raznykh vremen i narodov. – T. 3-4 – SPb.-M.: Akademiya Mody, ChART-PILOT, 2001.

12. Akkuratova O.L. Razvitie khudozhestvenno-

obraznogo resheniya ukrasheniy v kontekste muzhskoy mody XX - nachala XXI vv. // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, №3. S. 104...108.

13. Akkuratova O.L. Evristicheskiy poisk sovremennoy mody v sozdanii novogo muzhskogo obraza // Sb. tr. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Aktual'nye problemy nauki v tekhnologiyakh tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Len-2016). – Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. un-ta, 2016. S. 190...191

14. Nann Dzhoan. Istoriya kostyuma. 1200–2000. – M.: AST : Astrel', 2008.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 20.03.17.

УДК 004.94:658.512.2

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОДНОЙ ИНДУСТРИИ

ADDITIVE TECHNOLOGY IN THE FASHION INDUSTRY

М.И. АЛИБЕКОВА, Ю.Ю. ФИРЦОВА, О.В. КАЩЕЕВ, Л.Ю. КОЛТАШОВА

M.I. ALIBEKOVA, Y.Y. FIRSOVA, O.V. KASHCHEEV, L.Y. KOLTASHOVA

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

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

E-mail: mariyat-alibekova@yandex.ru

Скорость развития современных технологий опережает самые смелые фантазии. Все, что вчера казалось несбыточной мечтой, сегодня является общедоступной реальностью. Новые материалы и технологии открывают горизонты новым возможностям.

The speed of development of modern technologies is ahead of the wildest fantasies. Everything that seemed like a pipe dream yesterday is now a common reality. New materials and technologies open the horizons of new opportunities.

Ключевые слова: дизайн, костюм, технологии, обувь, печать, сканирование, пластик.

Keywords: design, suit, technology, shoes, printing, scanning, plastic.

Модная индустрия – одна из самых популярных и мобильных сфер, как в нашей стране, так и за рубежом. Совсем недавно появление цифровой сублимационной печати, позволяющей мгновенно перенести рису-

нок на ткань, перевернуло воображение дизайнеров. Коллекции моделей с использованием авторских принтов поражают оригинальностью. Однако и эта технология уже в прошлом. Сегодня мы можем не просто пе-

чатать изображения на различных материалах, но напечатать и саму одежду!

3D-печать активно развивается во всем мире, причем в совершенно разных направлениях: в архитектуре, промышленном дизайне, медицине, машиностроении, ювелирном деле и даже в приготовлении пищи. Аддитивные технологии уже сейчас используются и в производстве одежды, обуви и аксессуаров. Так что же это такое – аддитивные технологии?

Аддитивные технологии у многих ассоциируются с 3D-принтерами. Однако только ими эти технологии не ограничиваются. Неотъемлемыми компонентами являются также 3D-сканеры, используемые при создании САД-моделей, программное обеспечение, переводящее данные в STL-формат, расходные материалы для трехмерной печати и даже методики постобработки полученных изделий.

Трехмерное сканирование предоставляет возможности для получения максимально точных данных обо всех геометрических параметрах сканируемого тела. Программное обеспечение для 3D-моделирования позволяет заменить традиционное проектирование, увеличивая его скорость, точность и надежность. Важным качеством готовых цифровых моделей является возможность быстрого обмена информацией – рассылка по интернет сети.

Существенным преимуществом аддитивных технологий перед традиционным производством является их почти полная безотходность и высокая экологичность. Первоначально материалом для 3D-печати служили полимеры, однако с развитием этой технологии разнообразие материалов расширилось. Сейчас, в зависимости от сферы применения, для основы могут использоваться композитные порошки, инженерные пластики, керамика, песок и металлы различных типов. После производства изделие нуждается в постобработке. В основном она осуществляется вручную. Для обработки пластика мастером используются различные материалы: специальные растворы, наждачная бумага и др. Правильный подбор сырья для печати позволяет избежать корректировки полученной формы изделия. Как пра-

вило, детали нуждаются, как минимум, в покраске или каком-либо ином способе декорирования.

Несмотря на большое количество различных технологий, применяемых в аддитивном производстве, его основой являются именно 3D-принтеры. Рассмотрим ниже некоторые из применяемых технологий печати.

Наиболее распространенный тип трехмерной печати – FDM (Fused deposition modeling). Это самые популярные принтеры для домашнего использования. Изделия здесь строятся послойно, в качестве сырья используется разнообразный пластик. Наиболее распространенными видами пластиков для печати являются марки: ABS, PLA и Hips.

Пластик ABS используется, как правило, для постоянных моделей. У него высокая температура плавления, он более жесткий. Для печати таким пластиком нужна постоянно поддерживаемая температура не только в сопле, на печатном столе принтера, но и воздуха. Второй пластик, PLA, более неприхотлив. Обычно им спокойно печатают на принтерах открытого типа. Он более мягкий, плавкий. Именно этим пластиком чаще всего печатаются мастер-модели под заливку форм. Пластик Hips – это растворимый в специальном растворе пластик, который используют для печати поддержек.

SLM (Selective laser melting) – лидирующая технология печати металлами. Продукт сплавляется из металлических порошков лазером. SGC (solid ground curing) – метод масочной стереолитографии, который заключается в нанесении фотополимерной смолы тонкими слоями с последующим ультрафиолетовым облучением. EBF₃ (electron beam freeform fabrication) – метод электронно-лучевого плавления, особенностью которого является минимальная необходимость в механической обработке объекта после изготовления. DMLS (direct metal laser sintering) – технология жидкофазного лазерного спекания легкоплавкого компонента в порошковой смеси.

В качестве главных преимуществ аддитивных технологий можно выделить скорость производства, себестоимость, безо-

пасность и качество продукции. Совокупность цифрового производства и возможности быстрого обмена данными значительно уменьшают временные рамки от зарождения идеи до ее непосредственного воплощения в жизнь. Немаловажным преимуществом 3D-печати является возможность создания изделий со сложной геометрией. Современные средства печати позволяют гарантировать плотность таких изделий. При традиционных способах изготовления некоторых изделий может теряться до 85% сырья, в случае же аддитивного производства сырье используется практически полностью. Наличие столь явных преимуществ позволяет утверждать нам, что полный переход к аддитивному производству является лишь делом времени. Современные дизайнеры и модельеры активно пользуются преимуществами 3D-печати [1]. Экспериментируют и удивляют публику уникальными изделиями, обувью и аксессуарами. Перспективность отрасли печати одежды, обуви и аксессуаров с помощью технологий 3D-печати является очевидным фактом. Уже сегодня многие дизайнеры и модные дома обращаются к данной технологии для создания уникальных и неповторимых изделий. Считается, что неординарное появление бурлеск-дивы в 2013 году положило начало популярности 3D-одежды. Ее платье было полностью сделано при помощи аддитивных технологий. Нейлоновое платье состояло из 17 деталей, распечатанных на 3D-принтере. Фрэнсис Битонти предоставили новое 3D-творение. Дизайнер объединился с участниками "New Skins Brumal Bodies: Computational Design for Fashion Winter 2014" и компанией MakerBot для создания нового необычного платья Bristle Dress, которое было представлено в 2014 году в Нью-Йорке. Three ASFOUR продемонстрировали свою коллекцию одежды впервые на показе моды в Нью-Йорке [1]. Платья на моделях выглядели эфемерно. Тем не менее, впечатляющая своей футуристичностью одежда, созданная при помощи аддитивных технологий, располагает рядом существенных недостатков. Во-первых, в отличие от обычных тканевых нарядов, платья отличались

малой мобильностью. Распечатанные на 3D-принтере изделия стесняли движения и доставляли дискомфорт. Вторым существенным недостатком была необходимость сборки нарядов, что приводило к затратам времени.

"Кинетическое платье" – первый не стесняющий движения 3D-костюм был создан Джесси Луи-Розенбергом и Джессикой Розенкранц. Творческий тандем основательно подошел к этому вопросу. Им был разработан абсолютно новый метод трехмерной печати. Для создания "Кинетического платья" была привлечена типография Sharpways 3D. Вначале дизайнерами была разработана модель платья, которая состояла из многочисленных компонентов. Каждая деталь была тесно взаимосвязана с остальными и состояла из 2,28 тыс. треугольных панелей. Более чем три тысячи петель соединяли отдельные детали в единый наряд. Весь процесс селективного спекания изделия в мастерской занял около двух суток. Материалом для 3D-печати платья послужил нейлоновый пластик – абсолютно нетоксичный для человека материал. Полученная в результате всей работы одежда приобрела такую же подвижность, как если бы она была изготовлена из обычной ткани.

В начале 2015 года было представлено платье с экзоскелетом. Автором этого необычного творения является дизайнер-новатор Anouk Wipprecht. Специальный внешний каркас данного устройства предназначается для защиты человека. Двадцать датчиков, встроенных в платье, позволяют конструкции реагировать и взаимодействовать с окружающей средой. Если датчики обнаружат в окружении нарастание стресса, то платье-паук поднимет механические конечности для атаки [2], [3].

Среди современных проектов в области аддитивных технологий можно выделить проект Джошуа Харрисса [1]. По мнению экспертов, успешная реализация задумки Джошуа сможет вывести 3D-печать на совершенно новый уровень. Целью проекта является создание принтера, с помощью которого можно будет создавать индивидуализированные предметы одежды.

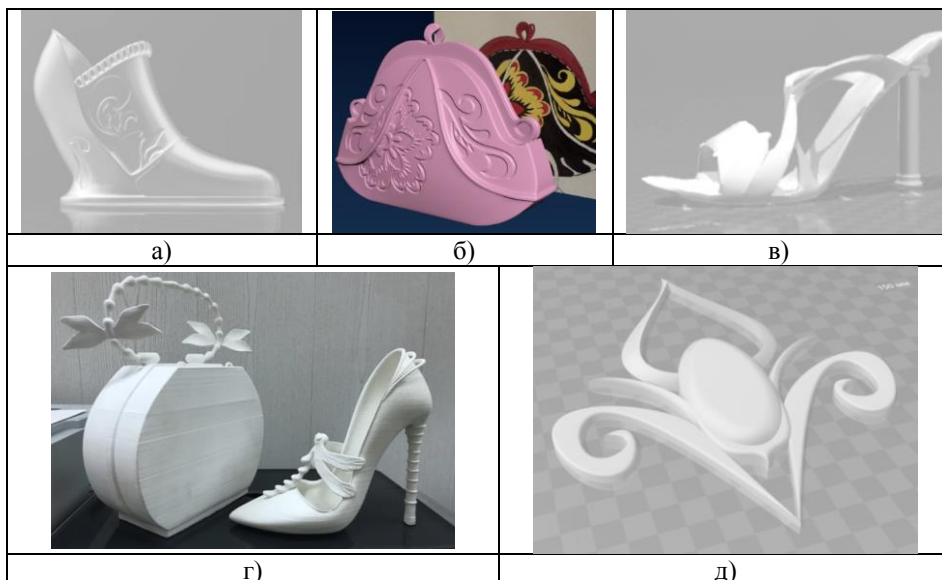


Рис. 1

Безусловно, использование инновационных технологий в образовательном процессе [4], в рамках учебных дисциплин, является сегодня незаменимым. 3D-технология пришла на смену традиционным, трудоемким технологиям создания макета в технике "папье-маше". Объемное проектирование – обязательная часть учебного процесса, промежуточный этап между идеей, художест-

венным эскизом на бумаге и созданием изделия в материале. Технология 3D-моделирования позволяет проектировать индивидуальные особенности объекта. На рис. 1-а...г представлены 3D-объекты, разработанные студентами кафедры "Спецкомпозиция" в рамках дисциплины "Композиция костюма" в РГУ им. А.Н. Косыгина [5] (а...г – 3D-проекты студентов; д – модуль-элемент).



Рис. 2

Вдохновение возможностями новых технологий и интерес к 3D-моделированию становятся источниками идей для создания творческих коллекций (рис. 2 – авторская коллекция студ. гр. ЛКШ 116 Кочеровой М.).

Главная идея коллекции – образ, передающий многогранность женской натуры: ее противоречия и уникальные черты ее личности. В основу этой коллекции легли наряды из легких, светлых, воздушных тканей,

отражающие тонкость и нежность, женственность и изящество. Контрастными акцентами образа являются эффектные массивные элементы, созданные с помощью аддитивных технологий (рис. 1-д). Детали костюма символизируют в моделях внутреннюю силу, волю, гордость и достоинство современной девушки. Цвет аксессуаров выбран не случайно. Золото символизирует тепло, роскошь, красоту, свет. С точки зрения психологии одежды он отражает сильных, решительных людей. Массивные браслеты, корсаж, необычные пояса и даже стразы в декоре платьев создаются с помощью аддитивной технологии – 3D-печати. В процессе моделирования необходимо учесть все нюансы для последующей качественной печати и удобной сборки.

Моделирование проходит в программах 123D Design, 3d builder. Завершающий этап масштабирования выполняется в сопутствующей к принтеру программе Cura. Печать производится на принтере Ultimaker 2 и Ultimaker Extended 2+. Готовые 3D-детали пройдут обработку специальным раствором для дефектов поверхности, оставленных печатью. Далее идет процесс покраски и сборки.

Несмотря на существующие недоработки в производстве 3D-изделий, интерес к использованию аддитивных технологий продолжает расти. Изделия, созданные путем 3D-печати, поражают своей футуристичностью и экстраординарностью [4...6].

ВЫВОДЫ

В основе проекта лежит идея о превращении процесса создания предметов одежды, обуви, аксессуаров (в рамках учебных дисциплин кафедры) в такое же простое и обыденное действие, как печать документов. В перспективе можно будет иметь доступные 3D-принтеры, на которых студенты смогут реализовывать, в первую очередь, свои творческие идеи за короткое время и впоследствии создавать объекты под конкретные индивидуальные параметры фигуры, формы. Для реализации проекта

планируется в будущем сформировать торговую онлайн-площадку, где можно будет приобрести или продать идеи и эскизы одежды, обуви и других художественных объектов, а также специальные материалы для их изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://make-3d.ru/articles/pechat-odezhdy-na-3d-printere/>
2. <https://hi-tech.ua/article/budushhee-modyi-napechatannaya-3d-odezhda/>
3. <https://novate.ru/blogs/180313/22677/>
4. Алибекова М.И., Фирсова Ю.Ю. Инновационные технологии в моделировании // Мат. XV Международ. научн.-практич. конф.: Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки. Fundamental science and technology - promising developments XV. 21-22 мая 2018 г. – North Charleston, USA. – V. 1. P. 70...73.
5. Алибекова М.И. Современные технологии в художественном проектировании. // Сб. научн. тр. Международ. научн.-технич. форума: Первые международные Косыгинские чтения (11-12 октября 2017 г.). Том 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. С.310...313.
6. Серикова А.Н., Алибекова М.И. Техника и технологии в архитектонике формы // Док. Всероссийского форума научной молодежи. Шаг в будущее. – М., 20-24 марта 2017. С.58...64.

REFERENCES

1. <https://make-3d.ru/articles/pechat-odezhdy-na-3d-printere/>
2. <https://hi-tech.ua/article/budushhee-modyi-napechatannaya-3d-odezhda/>
3. <https://novate.ru/blogs/180313/22677/>
4. Alibekova M.I., Firsova Yu.Yu. Innovatsionnye tekhnologii v modelirovanii // Mat. XV Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki. Fundamental science and technology - promising developments XV. 21-22 maya 2018 g. – North Charleston, USA. – V. 1. P.70...73.
5. Alibekova M.I. Sovremennye tekhnologii v khudozhestvennom proektirovanii. // Sb. nauchn. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhnich. foruma: Pervye mezhdunarodnye Kosyginские chteniya (11-12 oktyabrya 2017 g.). Tom 2. – M.: RGU im. A.N. Kosygina, 2017. S.310...313.
6. Serikova A.N., Alibekova M.I. Tekhnika i tekhnologii v arkhitektonike formy // Dok. Vserossiyskogo foruma nauchnoy molodezhi. Shag v budushchee. – M., 20-24 marta 2017. S.58...64.

Рекомендована кафедрой спецкомпозиции. Поступила 09.04.19.

УДК 539.434:677.494

**ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ
ДОСТОВЕРНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ВЯЗКОУПРУГОСТИ НА СТАДИИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА***

**INCREASE OF COMPETITIVENESS
OF POLYMERIC TEXTILE MATERIALS
ON THE BASIS OF APPLICATION OF INTEGRAL CRITERIA
OF RELIABILITY OF MATHEMATICAL MODELING
OF VISCOELASTIC ELASTICITY AT THE STAGE OF THEIR DESIGN
AND ORGANIZATION OF PRODUCTION**

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)

(Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)

E-mail: nina1332@yandex.ru; rector@sutd.ru; makvin@mail.ru; nsk-klimova@yandex.ru

Предлагаемые интегральные критерии достоверности математического моделирования вязкоупругости полимерных текстильных материалов разрабатываются на основе определяющих соотношений Больцмана-Вольтерра. Их практическая реализация предполагает большой объем численных вычислений, что обосновывает необходимость использования современных информационных технологий и компьютерной техники. Разработанные интегральные критерии достоверности математического моделирования вязкоупругости полимерных текстильных материалов предлагаются использовать для повышения конкурентоспособности этих материалов, так как применение указанных критериев позволяет получить информацию о функциональных и эксплуатационных свойствах того или иного материала.

* Работа финансировалась в рамках выполнения базовой части государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № 11.4696.2017/8.9.

The proposed integral criteria for the reliability of mathematical modeling of viscoelasticity of polymeric textile materials are developed on the basis of the determining Boltzmann-Volterra relations. Their practical implementation involves a large amount of numerical calculations, which justifies the need for the use of modern information technologies and computer technology. It is proposed to use the developed integral criteria for the reliability of mathematical modeling of the viscoelasticity of polymeric textile materials to increase the competitiveness of these materials, since the application of these criteria allows obtaining information about the functional and operational properties of a particular material.

Ключевые слова: текстильные материалы, критерий достоверности, релаксационно-восстановительные процессы, математическое моделирование, компьютерное прогнозирование, конкурентоспособность.

Keywords: textile materials, reliability criterion, relaxation-recovery processes, mathematical modeling, computer forecasting, competitiveness.

Достоверность математического моделирования вязкоупругости полимерных текстильных материалов существенно зависит от разных факторов, среди которых: точность экспериментальных данных, адекватность физической и математической модели, оптимальность выбора метода математического моделирования и др. Увеличение точности прогноза на основе данных эксперимента можно осуществить посредством использования более точной аппаратуры для измерений, а также увеличением числа экспериментальных испытаний для повышения репрезентативности данных эксперимента [1...3]. Альтернативными путями повышения точности математического моделирования вязкоупругости полимерных текстильных материалов являются методы, основанные на использовании интегральных критериев достоверности математического моделирования указанной вязкоупругости.

Математическое моделирование вязкоупругости полимерных текстильных материалов, на основе которого можно прогнозировать релаксационные и восстановительные процессы указанных материалов, целесообразно осуществлять с помощью определяющих интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра с различными интегральными ядрами [4...7]:

$$\sigma_t = E_o \varepsilon_t - (E_o - E_\infty) \int_0^t \varepsilon_\theta \Phi'_{\varepsilon; t-\theta} d\theta, \quad (1)$$

где t – время; σ_t – напряжение; ε_t – деформация; E_∞ – модуль вязкоупругости; E_o – модуль упругости; $\Phi'_{\varepsilon; t}$ – ядро релаксации.

В качестве подынтегрального ядра $\Phi'_{\varepsilon; t}$ целесообразно выбрать производную одной из следующих интегральных функций вероятностных распределений, традиционно используемых для математического моделирования вязкоупругости полимерных текстильных материалов [8...11]:

$$\Phi_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a_n^{-1} \ln(t/\tau)} e^{-z^2/2} dz \quad (2)$$

– ИВ (интеграл вероятностей, характеризующий нормальное распределение);

$$\Phi_t = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{th} \left(\frac{A}{2} \ln \frac{t}{\tau} \right) \right) = \left(1 + \left(\frac{t}{\tau} \right)^{-A} \right)^{-1} \quad (3)$$

– ГТ (гиперболический тангенс);

$$\Phi_t = 1 - e^{-(t/\tau)^k} \quad (4)$$

– ФК (функция Кольрауша, не обладающая центрально-симметричным графиком, в отличие от ИВ и ГТ, но имеющая относительно простой вид);

$$\varphi_t = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_n} \ln \frac{t}{t_1} \right) \quad (5)$$

– НАЛ (нормированный арктангенс логарифма, характеризующий вероятностное распределение Коши).

Здесь a_n, A, k, b_n – параметры интенсивности процесса релаксации, характеризующие скорость указанного процесса; t/τ – приведенное время.

Наличие нескольких математических моделей, в которых применяются разные подынтегральные функции, оправдано и позволяет получать результаты релаксационно-восстановительных прогнозов, независимые друг от друга. Прогнозируемые релаксационно-восстановительные характеристики, полученные усреднением характеристик, определенных с использованием разных математических моделей, обладают более высокой степенью достоверности, чем характеристики, определенные с использованием одной математической модели [12...14].

При прогнозировании релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов на основе рассмотренных математических моделей возникает вопрос о достоверности такого прогнозирования. Ответ на это дает критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов [15...17]:

$$\max_{t \in [0, T]} \left| \chi \left(\ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right) - 1 \right| \rightarrow \min, \quad (6)$$

где T – полное время прогнозирования;

$\chi \left(\ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right) - 1$ – интегральная функция:

$$\chi \left(\ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right) = E_o D_{\sigma t} + \int_0^t D_{\sigma \theta} E'_{\varepsilon; t-\theta} d\theta.$$

Здесь $D_{\sigma t} = \frac{\varepsilon_t}{\sigma}$ – податливость; $E_{\sigma t} = \frac{\sigma_t}{\varepsilon}$

– модуль релаксации.

Критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов (6) получен из уравнения (1) при $\sigma = \text{const}$:

$$E_o D_{\sigma t} + \int_0^t D_{\sigma \theta} E'_{\varepsilon; t-\theta} d\theta = 1, \quad (7)$$

где $E'_{\sigma t} = \partial E_{\sigma t} / \partial (\ln(t/t_1))$.

Идея критерия достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов основана на том факте, что чем более удачным будет выбор интегрального ядра $\varphi'_{\sigma t}$, а следовательно, и $E_{\sigma t}$, тем отклонение левой части (7) от "единичного" значения будет наименьшим [18...20].

На рис. 1 и рис. 2 приводятся примеры применения интегрального критерия (7) достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов в виде графиков интегральных функций

(6) $\chi \left(\ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right)$ для различных значений де-

формации ε , соответствующих различным подынтегральным функциям $\varphi'_{\sigma t}$, соответствующим (2) и (5), при прогнозировании релаксационно-восстановительных процессов полимерной (лавсановой) текстильной нити.

Приведенные на рис. 1 (с функцией НАЛ) и рис. 2 (с функцией ИВ) примеры применения интегрального критерия достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов визуально показывают преимущество функции НАЛ перед функцией ИВ при прогнозировании указанных процессов полимерной (лавсановой) текстильной нити. Этот факт является важным аргументом в пользу выбора для оценки релаксационно-восстановительных свойств и качественных характеристик полимерных текстильных материалов вероятностного распределения Коши [21...24].

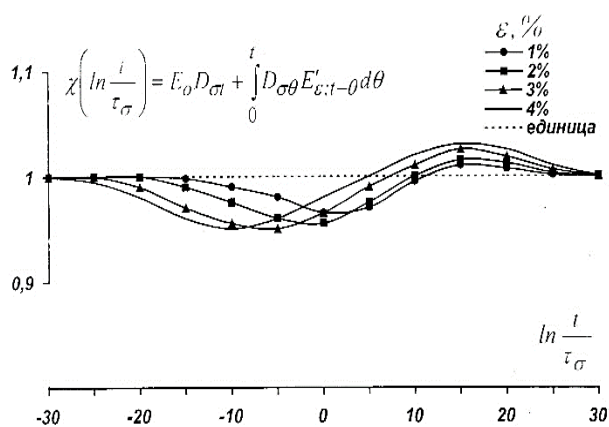


Рис. 1

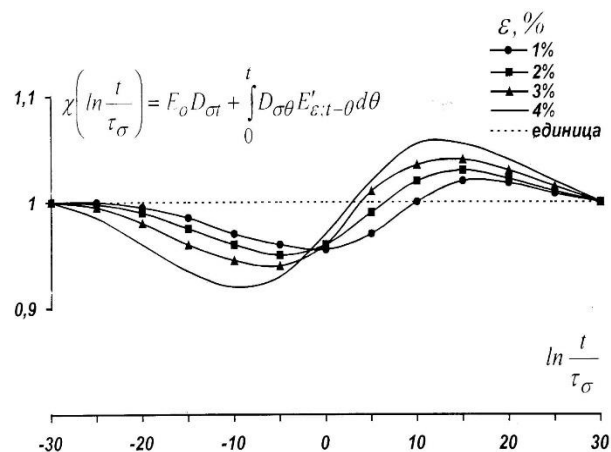


Рис. 2

Разработанный интегральный критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов (7) позволяет ответить на вопрос о выборе наилучшей математической модели указанных процессов для прогнозирования их эксплуатационно-релаксационных свойств.

Приведенный интегральный критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов (7) позволяет проводить оценку функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов, причем еще на стадии их проектирования и организации производства. Следует также заметить, что применение указанного критерия возможно только на основе использования компьютерных технологий ввиду большого объема численных вычислений.

ВЫВОДЫ

1. Проведено математическое моделирование релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов для разных вероятностных распределений релаксационно-восстановительных характеристик полимерных текстильных материалов.

2. Разработан интегральный критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов.

3. Применение разработанного интегрального критерия достоверности матема-

тического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов показало целесообразность использования для оценки релаксационно-восстановительных свойств указанных материалов вероятностного распределения Коши, обладающего свойством аддитивности характеристик, что актуально при исследовании свойств материалов, представляющих из себя сложные аддитивные системы, каковыми являются материалы текстильной и легкой промышленности.

4. Разработанный интегральный критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов позволяет также ответить на вопрос о выборе наилучшей математической модели релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов для последующего прогнозирования их эксплуатационных свойств.

5. Приведенный интегральный критерий достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов позволяет проводить качественную оценку релаксационно-восстановительных свойств указанных материалов на стадии ее проектирования. Следует также заметить, что применение указанных критериев возможно только на основе использования компьютерных технологий ввиду большого числа вычислений.

6. Разработанный интегральный критерий достоверности математического моде-

лирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов является подтверждением адекватности математических моделей релаксационно-восстановительных свойств указанных материалов, а также достоверности и надежности численного прогнозирования их релаксационно-восстановительных процессов.

7. Компьютерная реализация интегрального критерия достоверности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов является практическим инструментом для выбора наилучшей математической модели релаксационно-восстановительных указанных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С. 12...16.
2. 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. – 2002, № 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 одноосно ориентированных 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 релаксацион-

ых 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 nelineynonasledstvennykh yader relaksatsii i zapazdyvaniya sinteticheskikh nitay // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2000, № 2. С. 12...16.

2. Stalevich A.M., Makarov A.G. Variant spektra nasledstvenno-vyazkoupругoy relaksatsii sinteticheskikh nitay // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2000, № 3. С. 8...13.

3. Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya protsessov deformirovaniya sinteticheskikh nitay // *Khimicheskie volokna.* – 2001, № 4. С. 67...69.

4. Makarov A.G., Stalevich A.M. Metody utochneniya i kontrolya prognoziruemyykh sostoyaniy sinteticheskikh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2001, № 5. С. 58...61.

5. Stalevich A.M., Makarov A.G. Opredelenie vyazkoupругikh kharakteristik na primere poliakrilonitril'noy nity // *Khimicheskie volokna.* – 2001, № 6. С. 68...70.

6. Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant spektrov relaksatsii i zapazdyvaniya u amorfno-kristallicheskikh sinteticheskikh nitay // *Khimicheskie volokna.* – 2002, № 3. С. 52...55.

7. Makarov A.G., Stalevich A.M. Prognozirovanie ustanovitel'nogo deformatsionnogo protsessa i obratnoy relaksatsii polimernyykh materialov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2002, № 3. С. 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. С. 13...17.

9. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Komp'yuternoe issledovanie vyazkoupругosti polimernyykh materialov // *Khimicheskie volokna.* – 2006, № 5. С. 38...43.

10. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Optimizatsiya vybora modeli vyazkoupругosti sinteticheskikh nitay // *Khimicheskie volokna.* – 2006, № 6. С. 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. С. 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. С. 14...18.

13. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoupругosti tekstil'nykh materialov // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2007, № 3. С. 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. С. 15...19.

15. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Sistemnyy analiz vyazkoupругosti poliefirnykh nitay // *Khimicheskie volokna.* – 2007, № 1. С. 62...65.

16. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant matematicheskogo modelirovaniya deformatsionnykh protsessov sinteticheskikh nitay // *Khimicheskie volokna.* – 2007, № 6. С. 49...52.

17. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Variant prognozirovaniya nelineynonasledstvennoy vyazkoupругosti polimerov // *Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika.* – 2007. Т. 48, № 5. С. 147...157.

18. Makarov A.G., Demidov A.V., Stalevich A.M. Variant modelirovaniya nelineynonasledstvennoy vyazkoupругosti polimernyykh materialov // *Mekhanika tverdogo tela.* – 2009, № 1. С. 155...165.

19. Makarov A.G., Pereborova N.V., Demidov A.V., Vagner V.I. Spektral'nyy analiz relaksatsionnykh svoystv polimernyykh nitay amorfno-kristallicheskogo stroeniya // *Khimicheskie volokna.* – 2013, № 5. С. 44...47.

20. Golovina V.V., Rymkevich P.P., Makarov A.G., Romanova A.A. Prognozirovanie deformatsionnykh i relaksatsionnykh protsessov v odnoosno orientirovannykh polimernyykh materialakh // *Khimicheskie volokna.* – 2013, № 6. С. 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 nitay i tekstil'nykh materialov na ikh osnove // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2015, № 5. С. 48...58.

22. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M. Razrabotka metodov matematicheskogo modelirovaniya protsessov relaksatsii i polzuchesti polimernyykh nitay na osnove ikh spektral'noy interpretatsii // *Khimicheskie volokna.* – 2017, № 1. С. 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. С. 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. С. 46...51.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации. Поступила 11.02.19.

ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ДВУХОСНОГО РАСТЯЖЕНИЯ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА

THE THEORY AND CALCULATION BIAXIAL TENSIONS JERSEY

В.П. ЩЕРБАКОВ, Н.С. СКУЛАНОВА, Т.И. ПОЛЯКОВА, С.Л. ХАЛЕЗОВ

V.P. SCHERBAKOV, N.S. SKULANOVA, T.I. POLYAKOVA, S.L. KHALEZOV

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

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

E-mail: victor.scherbackow2012@yandex.ru

Рассмотрено деформирование двух областей петли: выпрямление игольной и платинной дуг без удлинения и удлинение прямолинейных участков петли. Описание первой зоны изгиба дано с помощью нелинейной теории упругих нитей. Исследование второй зоны основано на экспериментальной кривой деформирования нити "нагрузка – удлинение". Изложено растяжение в продольном и поперечном направлениях.

Deformation of two areas of a loop is considered: straightening arches without lengthening and lengthening of rectilinear sites of a loop. The description of the first zone of a bend is given with the help of the nonlinear theory of elastic strings. Research of the second zone is based on an experimental curve of deformation of a string "loading – lengthening". The stretching in longitudinal and cross directions is stated.

Ключевые слова: нить, петля, нагрузка, деформирование, растяжение, упругость, диаграмма "напряжение – деформация", изгиб.

Keywords: a string, a loop, loading, deformation, tension, elasticity, the diagram stress – strain, a bending.

В учебнике "Технология трикотажного производства" [1] 1984 г. читаем: "В настоящее время не выведена зависимость, удовлетворительно описывающая взаимосвязь между усилиями, приложенными к трикотажу, и деформациями с учетом свойств текстильных нитей и геометрических параметров трикотажа (параметров взаимного расположения петель, длины нити в петле, диаметра нити)". Приведенное положение о состоянии теории деформирования трикотажных полотен во многом сохранилось до сих пор. Это не значит, что в области структурной механики вязаных структур за прошед-

ший период мало сделано. S. Kawabata [2], [3] разработал обобщенную теорию растяжения и экспериментальные методы изучения тканых и вязаных материалов при двухосном растяжении, сдвиге в плоскости и изгибе. Нельзя не отметить значительный вклад в теорию деформирования плоских текстильных материалов работы Р. Grosberg [4]. Универсальное решение дифференциального уравнения упругой линии, распространяющееся на широкий класс кулирного и основовязаного трикотажа, проведено по программе, разработанной О.Ф. Беляевым на основе математического пакета MATLAB

[5]. В предлагаемой здесь статье излагается новый вариант теории и расчета двухосного растяжения кулирного трикотажа, основанный на нелинейной механике нитей с учетом их не вполне упругих свойств и геометрических характеристик полотен. Что же касается ссылки на упомянутый учебник И.И. Шалова и др. [1], то это лучший учебник до сих пор по технологии трикотажа. В современных условиях нынешняя текстильная промышленность, профессиональное образование, научные исследования вряд ли могут способствовать созданию хорошего учебника и создать условия для дальнейшего развития теории вязания и выхода на современный мировой уровень науки о волокнистых материалах.

Деформирование трикотажа при растяжении делится на две стадии: 1) растяжение игольной и платинной дуг до критического состояния, при котором нить выпрямляется без удлинения; 2) удлинение выпрямленных нитей [2]. При реальном деформировании эти две стадии полностью не разделяются. Но такой условный прием делает анализ свойств при растяжении более простым. Свойства структурного элемента рассматриваются отдельно для зон деформирования до и после критического состояния. Первая зона является зоной "изгиба", вторая – зоной "удлинения". Затем растягивающие деформации в этих зонах суммируются при каждом уровне растягивающей силы.

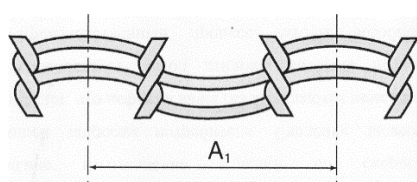


Рис. 1

Изгибающий момент постоянен вдоль всей линии игольной дуги. Поэтому равновесной формой этого отрезка петли является окружность. При растяжении трикотажа переплетения гладь по ширине (рис. 1) его петельный шаг A увеличивается, а высота петельного ряда B уменьшается, приближаясь к минимальному значению $B_{\min} = 2d$, где d – диаметр нити [1]. При этом деформация вдоль петельных столбиков равна

нулю, то есть полотно находится в условиях двухосного растяжения. В противном случае кромки принимают криволинейную форму, и натяжение каждого из петельных столбиков становится различным. Исследуем форму упругой линии при изгибе игольной (платинной) дуги окружности радиуса R радиально растягивающими силами P (рис. 2). В зоне изгиба сила, требуемая для выпрямления игольной дуги, вычисляется с помощью теории упругих нитей [6...8]. Ввиду симметрии рассматриваем одну четверть окружности. Точное уравнение равновесия упругой линии в общем случае записывается в безразмерном виде:

$$\ell^2 \frac{d^2 \varphi}{ds^2} = -\omega^2 \sin^2 \varphi, \quad (1)$$

где ℓ – полная длина упругой линии $O1$; s – длина дуги упругой линии в произвольной точке, отсчитываемая от ее начала O . Также приняты следующие обозначения: $\omega^2 = PR^2/H$, где H – жесткость нити при изгибе.

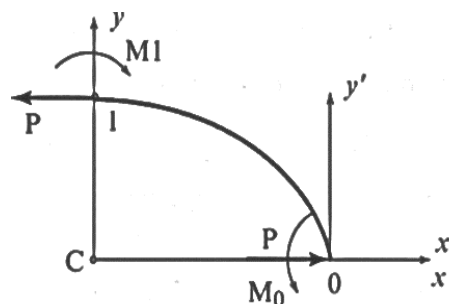


Рис. 2

Длина упругой линии $\ell = \pi R/2$. Будем вести расчет в системе $x'y'$, где ось x' ориентирована по силе (рис. 2), а потом перейдем к неподвижным осям $xу$, связанным с центром окружности C . Напишем формулы для начальной O и концевой 1 точек:

$$\varphi_0 = 45^\circ, \varphi_1 = 90^\circ, kF(k) - kF(\varphi_0) = \omega. \quad (2)$$

Здесь через $F(k)$ обозначен полный эллиптический интеграл первого рода:

$$F(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}},$$

через $F(\varphi_0)$ – эллиптический интеграл первого рода:

$$F(\varphi_0) = \int_0^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}},$$

при этом постоянная k называется модулем, а переменная α – амплитудой эллиптического интеграла.

Из (2) численным методом рассчитывается эллиптический модуль k .

Для записи уравнения упругой линии понадобится эллиптический интеграл второго рода:

$$E(\varphi) = \int_0^{\varphi} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi.$$

Введем обозначение $\omega_0 = 2\omega/\pi$.

Тогда уравнение упругой линии в осях $x'y'$ принимают вид:

$$\frac{x'}{R} = \frac{2}{k\omega_0} [E(\varphi) - E(\varphi_0)] - \left(\frac{2}{k^2} - 1 \right) \frac{s}{R},$$

$$\frac{y'}{R} = \frac{2}{k\omega_0} \left(\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi_0} - \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} \right). \quad (3)$$

Координаты начальной точки O известны. Если в формулах (3) заменить $\varphi = \varphi_1$, то получим координаты конечной точки 1 упругой линии.

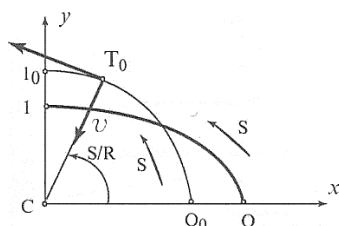


Рис. 3

Определим также прогиб v и смещение u , обусловленные изгибом игольной дуги (рис. 3 – прогиб и смещение u в произвольной точке T упругой линии). Ось v направляется по радиусу к центру первоначального очертания упругой линии. Ось u направлена по касательной в сторону увеличения дуговой координаты s . Длина дуги s при

изгибе сохраняется неизменной, причем ее относительная величина s/R соответствует значению угловой координаты. Получаем

$$v = R - x \cos \frac{s}{R} - y \sin \frac{s}{R}, \quad (4)$$

$$u = y \cos \frac{s}{R} - x \sin \frac{s}{R}.$$

Для конечных точек 0 и 1 четверти упругой линии имеем:

$$v_0 = x_1, \quad v_2 = R - y_1. \quad (5)$$

Смещения $u_0 = u_1 = 0$, так как эти точки при изгибе перемещаются только в радиальном направлении. Отношения v_0/R и v_1/R представляют собой деформацию по ширине и длине соответственно.

При построении кривой деформирования первой стадии, то есть растяжение игольной и платинной дуг до критического состояния, при котором нить выпрямляется без удлинения, будем придавать силе P различные значения начиная с нуля. При этом координата x_0 растет, вторая координата y_1 уменьшается до величины, равной диаметру нити. Это состояние будем принимать за критическое – переходное состояние от зоны изгиба к зоне y_1 удлинения нитей.

Для иллюстрации изложенной теории покажем на численном примере расчет деформаций кулирной глади при растяжении по ширине, если деформация вдоль петельных столбиков равна нулю. Даны следующие параметры нити и трикотажа: вязкозная нить линейной плотности 8,4 текс (диаметр нити $d=0,17$ мм); петельный шаг $A=0,91$ мм; высота петельного ряда $B=0,78$ мм; жесткость нити при изгибе $H=0,29$ сН·мм². Диаметр осевой линии игольной дуги $D=A/2+d=0,625$ мм; радиус $R=0,313$ мм. Длина половины игольной дуги $\ell = \pi R/2 = 0,491$ мм. Результаты решения при различных уровнях приложенной силы P приведены в табл. 1 (деформация глади при растяжении по ширине).

№	Сила P	Координаты конечных точек		Относительный прогиб конечных точек	
		y_1	x_0	v_0/R	v_1/R
1	1,0	0,299	0,341	1,091	0,045
2	1,5	0,292	0,354	1,133	0,067
3	2,0	0,286	0,360	1,152	0,086
4	3,0	0,273	0,371	1,187	0,125
5	5,0	0,251	0,386	1,235	0,198
6	10,0	0,212	0,408	1,306	0,323
7	15,0	0,185	0,422	1,350	0,410
8	17,0	0,173	0,426	1,363	0,454

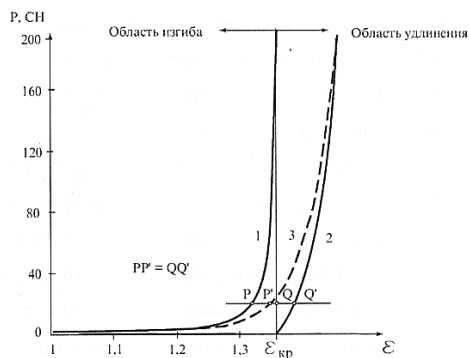


Рис. 4

На рис. 4 построены графики зависимости безразмерных прогибов $V_0 = v_0/R$ в точках 0 и 1 упругой линии от силы P . Величина $V_0 = v_0/R$ представляет собой деформацию глади по ширине $\epsilon_{ш}$ в условиях растяжения игольной и платинной дуг до критического состояния, при котором нить выпрямляется без удлинения (кривая 1). При этом $\epsilon_{ш,крит} = 1,363$, $y_{1,крит} = d = 0,17$ мм. Максимальный петельный шаг становится равным $A_1 = x_0|_{0,426} \cdot 2 \cdot 2 = 1,704$ мм при исходной неизменяемой четверти окружности $\ell = 0,491$ мм. Надо иметь в виду, что нить при $P_{ш,крит} = 17$ сН полностью не выпрямляется, в противном случае мы бы имели $A' = \ell \cdot 2 \cdot 2 = 1,963$ мм.

Математический аппарат, расчетная схема растяжения глади по длине (рис. 5) остается прежним. При вычислении деформаций в процессе первой стадии, как и в предыдущем случае растяжения по ширине, будем придавать силе P различные значения, начиная с нуля. При этом координата x_0 растет, вторая координата y_1 уменьшается до величины, равной трем радиусам нити — $y_{1,крит} = 3d = 0,255$ мм. При $P_{дл,крит} = 4,5$ сН по-

лучаем критические координаты конечных точек: $y_1 = 0,257$ мм и $x_0 = 0,383$ мм. Тогда имеем $\epsilon_{дл,крит} = 0,49$, максимальную высоту петельного ряда $V_{max} = B + x_0|_{0,383} = 1,163$ мм. Соотношение $A_{max} / V_{max} = 1,465$ отличается от приведенного в [1] отношения, равного двум, для принятой в отечественной технологии трикотажа геометрической модели петли. Это и понятно, так как описание предельного состояния глади в [1] совершенно не учитывает механические свойства нити.

В процессе двухосного растяжения глади после достижения критического состояния растягивающая по длине сила F , отнесенная к одной петле, определяется выражением:

$$F = P(\epsilon) \cos \varphi, \quad (6)$$

$$\text{где } \varphi = \arctg \left[\frac{d}{B_0(1 + \epsilon_B) + x_0} \right].$$

Наконец, деформации растяжения для двух областей (выпрямления игольной и платинной дуг без удлинения и удлинения прямолинейных участков петли) суммируются при каждом значении растягивающей нагрузки для получения полной кривой деформирования глади (рис. 5). На рисунке кривая 1 представляет собой расчетную кривую, когда нить выпрямляется без удлинения. Кривая 2 получена экспериментально, предельные значения нагрузки и деформации при этом равны $P_{разр} = 199$ сН, $\epsilon_{разр} = 0,01$. Пунктирная линия 3 — суммарная кривая деформирования кулирной глади.

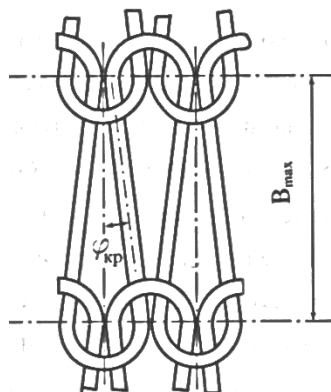


Рис. 5

ВЫВОДЫ

Таким образом, теоретически получены характеристики кулирной глади при двухосном растяжении. Рассмотрены два случая растяжения: 1) полотно растягивается по ширине, деформация по длине при этом равна нулю, 2) растяжение по длине при $\epsilon_{\text{шир}} = 0$. Изложенный здесь метод расчета деформаций трикотажа при растяжении может быть без особых затруднений применен к построению кривой деформирования при любом соотношении $\epsilon_{\text{шир}}/\epsilon_{\text{дл}}$. Конечно, определить деформации на готовой глади технически гораздо проще. Но если обратиться к структуре формул, то видно, что они включают основные характеристики нити (линейная плотность, жесткость при растяжении и изгибе) и параметры, определяющие структуру полотна (размеры петель, их ориентацию и взаимное расположение). Поэтому изложенная теория позволяет объяснить механизм явлений при деформировании и нагружении полотна и управлять процессом вязания для получения трикотажа с заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

2. Kawabata S. // J. Text. Mach. Soc. Jpn. – 23, V.30, 1970.

3. Kawabata S., Niwa M., Nanashima Y., Kawai H. // J. Text. Mach. Soc. Jpn. – 23 (1970) T95, T120, T223.

4. Hearle J.W.S., Grosberg P., Backer S. Structural Mechanics of Fibers // Yarns and Fabrics. – New York, 1969.

5. Беляев О.Ф., Кудрявин Л.А., Заваруев Н.В. Расчет деформации кулирного трикотажа при двумерной симметричной нагрузке с помощью нелинейной теории упругости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С.74...77.

6. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.

7. Щербakov В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. – М.: "Тисо Принт", 2013.

8. Щербakov В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008.

REFERENCES

1. Shalov I.I., Dalidovich A.S., Kudryavin L.A. Tekhnologiya trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.

2. Kawabata S. // J. Text. Mach. Soc. Jpn. – 23, V.30, 1970.

3. Kawabata S., Niwa M., Nanashima Y., Kawai H. // J. Text. Mach. Soc. Jpn. – 23 (1970) T95, T120, T223.

4. Hearle J.W.S., Grosberg P., Backer S. Structural Mechanics of Fibers // Yarns and Fabrics. – New York, 1969.

5. Belyaev O.F., Kudryavin L.A., Zavaruev N.V. Raschet deformatsii kulirnogo trikotazha pri dvumernoy simmetrichnoy nagruzke s pomoshch'yu nelineynoy teorii uprugosti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 74...77.

6. Popov E.P. Teoriya i raschet gibkikh uprugikh stержней. – M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986.

7. Shcherbakov V.P. Prikladnaya i strukturnaya mekhanika voloknistykh materialov. – M.: "Tiso Print", 2013.

8. Shcherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstil'nykh materialov. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2008.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 07.04.19.

УДК 677.057.13: 621.895

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА

THE MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR

С.А. ЕГОРОВ, М.С. ОБРОНОВ

S.A. EGOROV, M.S. OBRONOV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)

(Ivanovo State Polytechnic University. Textile Institute)

E-mail: imp@ivgpu.com

На основе существующего патента был изготовлен и испытан парогенератор, который устанавливается на патрубке подачи смазочно-охлаждающей жидкости металлорежущего станка. Подача жидкости происходит через парогенератор, который может осуществлять как нагрев смеси, так и преобразование ее в пар. Температура пара на выходе регулируется зазором между электродами.

The steam generator has been built and tested, based on an existing patent, which is installed on the supply pipe coolant cutting machine. Fluid is flow through the steam generator, which can produce heating of the mixture and converting it into steam. Steam temperature at the outlet is adjustable by the gap between the electrodes.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающая жидкость, парогенератор, нагрев, слюда.

Keywords: coolant, steam generator, heat, mica.

Конструкция парогенераторов промышленного назначения предполагает наличие емкости для жидкости, которую нагревом переводят в парообразное состояние. Основное время, затрачиваемое на выполнение операции, где применяется пар из парогенератора, будет ограничиваться размером емкости для жидкости. Вспомогательное время операции будет тем больше, чем больше емкость с запасом жидкости. Данное время затрачивается на нагрев и перевод жидкости в парообразное состояние [1].

Нагревательные устройства парогенераторов в текстильной и легкой промышленности питаются от сети переменного тока. Ранее, на основании существующих патентов, был сконструирован и изготовлен парогенератор проточного типа [2...5]. Однако эти конструкции имеют недостаток, заключающийся в затратах электроэнергии, расходуемой на нагрев корпуса, что увеличивает простой в начале смены.

Цель работы: предложить конструкцию корпуса парогенератора, обладающего ми-

нимальными теплопотерями, что позволит снизить вспомогательное время на выполнение операции.

Был изготовлен парогенератор (конструкция приведена в [6]) и проведены испы-

тания. Для получения пара из жидкости применяли различные параметры напряжения и потребляемой мощности. Результаты представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Напряжение, В	80	100	120	150	180	200
Потребляемая мощность, Вт	0,25	0,25	1,0	1,75	2,2	2,5

В табл. 2 приведены результаты испытаний смазочно-охлаждающих технологичес-

ких средств в виде эмульсий при получении пара.

Т а б л и ц а 2

СОТС	Холодный парогенератор (начало смены), с	Горячий парогенератор (середина смены), с
Ивнетикс 2-10	120 ± 30	50 ± 15
Ивнетикс 1-12	75 ± 25	10 ± 5
Мультап 70-40	75 ± 25	10 ± 5
Мультап 46-81	75 ± 25	10 ± 5

Было рассчитано количество тепла, необходимого для нагрева корпуса, и объема воды, помещающегося в парогенератор данной конструкции:

$$Q = m_{в}c_{в}(t_{п}-t_{в}) + m_{в}\lambda_{в} + m_{к}c_{к}(t_{п}-t_{к}),$$

где $m_{в}$ – масса воды в межэлектродном промежутке; $c_{в}$ – изобарная теплоемкость воды; $t_{п}$ – температура пара; $t_{в}$ – начальная температура воды; $\lambda_{в}$ – скрытая теплота парообразования; $m_{к}$ – масса корпуса; $c_{к}$ – теплоемкость корпуса (сталь); $t_{к}$ – начальная температура корпуса.

Количество теплоты, необходимое для нагрева холодного корпуса, и воды составляет 260 кДж. Для определения времени, необходимого для получения пара, используем формулу Джоуля-Ленца. Время, затрачиваемое на нагрев, равно 7 мин.

Так как теплоемкость корпуса меньше, чем теплоемкость нагреваемой воды, а температуропроводность воды ниже температуропроводности стали, то корпус нагревается вместе с водой, находящейся в промежутке между электродами (рис. 1 – схема устройства парогенератора: 1 – корпус, 2 – внутренняя рабочая поверхность, 3 – неметаллическое наполнение – Мусковит, 4 – фазный электрод, 5 – кольцеобразная выточка, 6 – регулировочный стержень, 7 – крышка,

8 – отводящий патрубок, 9 – вводной патрубок, 10 – фазный провод, 11 – резьбовая втулка, 12 – нулевой провод).

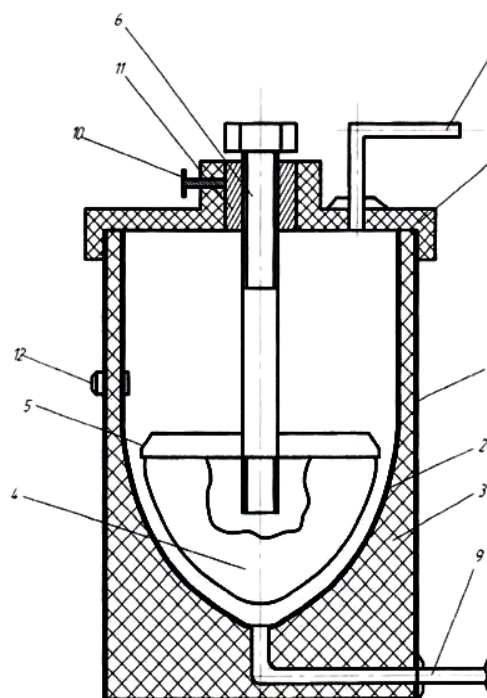


Рис. 1

Предлагается заменить стальной корпус на корпус из листовой стали с внутренним наполнением слюдой Мусковит (рис. 1). Вследствие этого вспомогательное время должно уменьшиться до 2 мин в начале смены [7].

ВЫВОДЫ

Применение слюды Мусковит позволит увеличить скорость получения пара в 3,5 раза и в связи с малой тепло- и электропроводимостью обеспечить безопасность оператору парогенератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машиностроение. Энциклопедия/ Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 2015.
2. Мартынов И.А., Прошков А.Ф., Яскин А.П. и др. Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности. – Т. IV-13 / Под ред. И.А. Мартынова. – 1997.
3. Патент R.U № 123281 U1 N05B3/60. 20.12.2012. Электроводонагреватель /С.А. Егоров, Ю.Г. Фомин, С.В. Белов, И.А. Свиридов, Д.В. Коробов // Патент на полезную модель RU № 123281 U1 N05B3/60 (2006.01) Заявл. 11.05.2012. Оpubl. 20.12.2012. Бюл. № 35.
4. Патент РФ № 2013117569/06, 27.12.2013. Устройство для получения горячей воды и пара /И.А. Свиридов, С.А. Егоров, Д.В. Коробов // Патент России № 136136. 2013. Бюл. № 36.
5. Егоров С.А., Дорохов А.А., Свиридов И.А., Федюлов Е.А. Исследование эффективности действия СОТС в паровой фазе // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2013). – Ч.2. – Иванов: ИВГПУ, 2013. С. 151...152.
6. Егорова Н.Е., Ясинский Ф.Н. Математическое моделирование рассеивания пыли в турбулентном воздушном потоке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2. С.111...114.

7. Егоров С.А., Коробов Д.В., Свиридов И.А., Фомин Ю.Г. Конструкция парогенератора // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №1. С. 195...197.

REFERENCES

1. Mashinostroenie. Entsiklopediya/ Red. sovet: K.V. Frolov (pred.) i dr. – M.: Mashinostroenie, 2015.
2. Martynov I.A., Proshkov A.F., Yaskin A.P. i dr. Mashiny i agregaty tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – T. IV-13 / Pod red. I.A. Martynova. – 1997.
3. Patent R.U № 123281 U1 N05VZ/60. 20.12.2012. Elektrovodonagrevatel' /S.A. Egorov, Yu.G. Fomin, S.V. Belov, I.A. Sviridov, D.V. Korobov // Patent na poleznuyu model' RU № 123281 U1 N05B3/60 (2006.01) Zayavl. 11.05.2012. Opubl. 20.12.2012. Byul. № 35.
4. Patent RF № 2013117569/06, 27.12.2013. Ustroystvo dlya polucheniya goryachey vody i para /I.A. Sviridov, S.A. Egorov, D.V. Korobov // Patent Rossii № 136136. 2013. Byul. № 36.
5. Egorov S.A., Dorokhov A.A., Sviridov I.A., Fedulov E.A. Issledovanie effektivnosti deystviya SOTS v parovoy faze // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Sovremennyye naukoemkie tekhnologii i perspektivnyye materialy tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Progress – 2013). – Ch.2. – Ivanovo: IVGPU, 2013. S. 151...152.
6. Egorova N.E., Yasinskiy F.N. Matematicheskoye modelirovaniye rasseivaniya pyli v turbulentnom vozdushnom potoke // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2002, № 2. S.111...114.
7. Egorov S.A., Korobov D.V., Sviridov I.A., Fomin Yu.G. Konstruktsiya parogeneratora // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №1. S. 195...197.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 10.04.17.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТКАНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

THE USE OF WOVEN COMPOSITES FOR RECOVERY BUILDING CONSTRUCTION

С.И. МЕРКУЛОВ, С.М. ЕСИПОВ

S.I. MERKULOV, S.M. ESIPOV

(Курский государственный университет,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

(Kursk State University,
Belgorod State Technological University V.G. Shukhov)

E-mail: mersi.dom@yandex.ru; sk31.sm@gmail.com

Приведены результаты экспериментальных исследований усиленных железобетонных элементов ткаными композитными материалами. Показано, что на работу усиленной конструкции существенное влияние оказывает наличие в усиливаемом элементе напряженного состояния и силовых повреждений.

The results of experimental studies of reinforced concrete elements with woven composite materials are presented. It is shown that the operation of the reinforced structure is significantly influenced by the presence of a stressed state and force damage in the reinforced element.

Ключевые слова: композитный материал, повреждения конструкций, восстановление конструкций, сцепление.

Keywords: composite material, structural repair, structural damage, adhesion.

Повреждения строительных конструкций эксплуатируемых зданий, как правило, вызываются совокупностью нескольких причин, причем часто эти причины носят взаимно усиливающий характер. В частности, для зданий текстильной промышленности характерны вибрационные и знакопеременные нагрузки на строительные конструкции, а также пропитка железобетонных конструкций технологическими маслосодержащими жидкостями. Накоплен определенный опыт реконструкции зданий легкой промышленности [1], [2]. Усиление железобетонных конструкций зданий текстильной промышленности можно эффективно выполнить с применением композитных тканых материалов. Усиление строительных конструкций композитными ткаными материалами возмож-

но выполнять без остановки технологических процессов. Для усиления конструкций ткаными материалами им должны быть присущи малый собственный вес, простая технологии работ [3...6]. Для усиления строительных конструкций применяются различные тканые композитные материалы в виде холстов и ламелей. При производстве тканых композитов используются стеклянные, базальтовые, углеродные волокна. По виду переплетения нитей различают однонаправленные, двунаправленные и мультиаксиальные ткани. В однонаправленных тканях более 75% волокон расположены в одном направлении. Именно такие ткани наиболее часто используются в системах усиления конструкций, так как они позволяют целенаправленно размещать элементы

усиления с учетом напряженно-деформированного состояния конструкций. Основными факторами, определяющими эффективность усиления конструкций, являются расчетные значения прочностных и деформативных характеристик композитных материалов и расчетная характеристика сцепления элемента усиления с конструкцией. Прочность холста определяется прочностью составляющих его отдельных нитей. При растяжении тканого материала отдельные нити испытывают сложное напряженно-деформированное состояние [7]. Прочность растянутого холста составляет до 70% прочности отдельной нити на растяжение. В результате испытаний, выполненных авторами, тканого углепластикового композита установлена несущая способность материала при одноосном нагружении в плоскости волокон [8], [9]. Были испытаны композитная ткань в сухом состоянии и композитные ламинаты, полученные омоноличиванием композитной ткани эпоксидным связующим. Композитная ткань начинает разрушаться (рис. 1) с разрывом отдельных нитей, в которых напряжения достигают предельных значений, с последующим прогрессирующим разрывом всех однонаправленных нитей ткани (рис. 1-а), композитные ламинаты разрываются хрупко (рис. 1-б). Относительное удлинение при разрыве ткани до двух раз выше, чем у ламината. Прочность ткани на разрыв до 40% ниже прочности ламината.



а)



б)

Рис. 1

Особенностью усиления строительных конструкций эксплуатируемых зданий является наличие в конструкциях на момент усиления начальных напряжений и повреждений. В известных методиках особенности усиления строительных конструкций под нагрузкой напряженное состояние усиливаемой конструкции и наличие повреждений учитывается весьма условно, приводятся общие указания по расчету и конструированию усиления [10], [11]. Рядом авторов выполнены экспериментальные исследования усиленных железобетонных конструкций с внешним армированием композитными материалами при отсутствии начального напряженного состояния [12], [13]. Для оценки прочности напряженно-деформированного состояния изгибаемых нагруженных железобетонных конструкций, усиленных внешним армированием ткаными композитными материалами, выполнены экспериментальные исследования конструкций с различными вариантами усиления. Образцы серии Б2 были усилены в ненагруженном состоянии, образцы серии Б4 были усилены под нагрузкой 0,7 от значения разрушающей нагрузки, на момент исследования образцы имели нормальные трещины в бетоне растянутой зоны. Усиление выполнено наклейкой углепластиковой ткани в один слой на растянутую грань железобетонной однопролетной балки. Также были испытаны контрольные железобетонные образцы без усиления. Характеристики углеволоконной ткани, примененной для усиления железобетонных балок, определены по ГОСТ 25.601–80, для сухого волокна прочность на растяжение 1911 МПа, модуль упругости 101000 МПа, для пропитанного полимером волокна 2940 МПа и 279000 МПа соответственно. Размеры экспериментальных усиленных железобетонных элементов 100×150×1200 мм. Материалы элементов: бетон В20 ($R_b=11,65$ МПа, $R_{bt}=0,9$ МПа) и рабочая арматура 2Ø8 А400.

Испытания опытных образцов выявили величины разрушающей нагрузки и характерные схемы разрушения усиленных изгибаемых элементов, усиленных внешним армированием ткаными материалами. Несущая способность неусиленных изгибаемых

железобетонных изгибаемых образцов составила 7,16 кН·м, усиленных ненагруженных образцов – 10,0 кН·м, усиленных под нагрузкой образцов с трещинами в бетоне в растянутой зоне – 8,66 кН·м. Разрушение всех опытных образцов произошло из-за отрыва внешнего композитного элемента (рис. 2 – отслоением элемента внешнего армирования при разрушении опытного образца 2). Усиление железобетонных изгибаемых балок внешним армированием углеволоконной тканью увеличило несущую способность до 1,4 раза при усилении ненагруженных образцов, до 1,2 раза – нагруженных элементов. В образцах, усиленных под нагрузкой, наличие трещин в бетоне растянутой зоны приводит к разрушению вследствие отслоения композитного материала в зоне трещин, чему способствуют значительные деформации растянутой зоны при трещинообразовании.



Рис. 2

Для анализа напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций, усиленных внешним армированием тканями композитными материалами, выполнены численные исследования. В качестве платформы для численных исследований был применен МКЭ-комплекс ANSYS 18. Модель балки составлялась из объемных конечных элементов с заданными прочностными и деформационными параметрами материалов, граничными условиями и внешней нагрузкой, заданной в виде функции от времени. В расчете применяется неявный решатель дифференциальных уравнений. Решение нелинейной задачи итерационным методом касательных с автоматической оптимизацией шага (при условии превышения итераций). Результаты численных исследований показывают высокую схо-

димость с результатами натурного эксперимента. Наиболее точные данные были получены при моделировании зоны контакта "композит-бетон" с помощью конечных элементов целевых поверхностей с заданием закона взаимодействия, разработанного в [14]. Нормальные трещины в бетоне растянутой зоны являются концентраторами напряжений в контактной зоне "композит-бетон", приводящими к отрыву внешнего композитного элемента (рис. 3 – изополя нормальных напряжений во внешнем армировании балки при разрушении образца серии Б2 (вверху) и образца серии Б4 (внизу)).

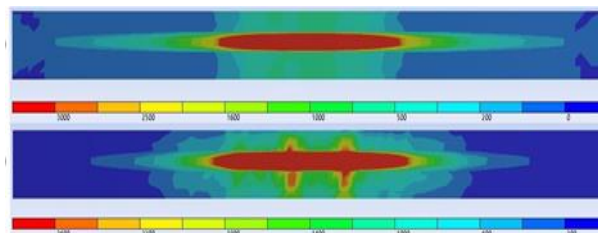


Рис. 3

ВЫВОДЫ

1. Эффективность усиления изгибаемых железобетонных конструкций зависит от наличия в конструкции на момент усиления напряженного состояния и силовых повреждений. Наличие трещин в бетоне растянутой зоны снижает несущую способность усиленной конструкции внешним армированием тканым композитным материалами до 20%.
2. Предельным состоянием изгибаемых конструкций, усиленных внешним армированием композитным тканым материалом, является разрушение бетона в зоне клеявого шва между бетоном усиливаемой конструкции и композитным тканым материалом без разрушения бетона сжатой зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Б.С., Трошков Е.О. Реконструкция и новое строительство зданий легкой промышленности с использованием несущей системы "УИКСС" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С. 237...241.
2. Тамразян А.Г. Использование свойств ограниченного бетона при анализе усиленных железобетонных колонн // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №5. С. 197...202.

3. Римшин В.И., Меркулов С.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. – 2015, № 5. С. 38...42.

4. Меркулов С.И., Есипов С.М. Увеличение несущей способности железобетонных конструкций усилением внешним армированием композитным материалом // Бюллетень строительной техники. – 2018, №2. С.56...57.

5. Бадалова Е.Н. Усиление изгибаемых железобетонных конструкций углепластиковой арматурой // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия. Ф. Прикладные науки. – 2007, № 6. С. 54...59.

6. Параничева Н.В., Назмеева Т.В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов // Инженерно-строительный журнал. – 2010, № 2. С. 19...22.

7. Берендеев Н.Н. Описание поведения тканого композита при статическом нагружении с использованием структурной модели // Вестник НГУ им. Н.И. Лобачевского. – 2013, №4(1). С.173...179.

8. Меркулов С.И., Есипов С.М. Прочность и деформативность композитного материала на основе углеродной фибры при одноосном растяжении // Вестник Белгородского гос. технолог. ун-та им. В.Г. Шухова. – 2016, № 11. С. 69...73.

9. Меркулов С.И., Есипов С.М. Влияние скорости и режима нагружения на прочность и жесткость армированных углепластиков // Вестник Белгородского гос. технолог. ун-та им. В.Г. Шухова. – 2017, № 1. С. 52...56.

10. Римшин В.И., Галубка А.И., Синютин А.В. Инженерный метод расчета усиления железобетонных плит покрытия композитной арматурой // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014, №3. С.218...220.

11. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. Дата введения 09.01.2014.

12. Юшин А.В., Морозов В.И. Экспериментальные исследования двух пролетных железобетонных балок, усиленных композитными материалами по наклонному сечению // Вестник гражданских инженеров. – 2014, № 5 (46). С. 77...84.

13. Подольский П.П., Михуб Ахмад. О программе исследований изгибаемых железобетонных элементов, усиленных различными видами композитных материалов // Сб. научн. тр.: Строительство-2012. – Ростов н/Д, 2012. С. 51...52.

14. Меркулов С.И., Есипов С.М. Экспериментальные исследования сцепления внешней композитной неметаллической арматуры с бетоном // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. – 2017, № 1. С. 93...97.

REFERENCES

1. Sokolov B.S., Troshkov E.O. Rekonstruktsiya i novoe stroitel'stvo zdaniy legkoy promyshlennosti s ispol'zovaniem nesushchey sistemy "UIKSS" // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №2. S. 237...241.

2. Tamrazyan A.G. Ispol'zovanie svoystv ogranichenogo betona pri analize usilennykh zhelezobetonnykh kolonn // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №5. S. 197...202.

3. Rimshin V.I., Merkulov S.I. Elementy teorii razvitiya betonnykh konstruksiy s nemetallicheskey kompozitnoy armaturoy // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2015, № 5. S. 38...42.

4. Merkulov S.I., Esipov S.M. Uvelichenie nesushchey sposobnosti zhelezobetonnykh konstruksiy usileniem vneshnim armirovaniem kompozitnym materialom // Byulleten' stroitel'noy tekhniki. – 2018, №2. S.56...57.

5. Badalova E.N. Usilenie izgibaemykh zhelezobetonnykh konstruksiy ugleplastikovoy armaturoy // Vestnik Polotskogo gos. un-ta. Seriya. F. Prikladnye nauki. – 2007, № 6. S. 54...59.

6. Paranicheva N.V., Nazmeeva T.V. Usilenie stroitel'nykh konstruksiy s pomoshch'yu uglerodnykh kompozitsionnykh materialov // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. – 2010, № 2. S. 19...22.

7. Berendeev N.N. Opisanie povedeniya tkanogo kompozita pri staticheskom nagruzhении s ispol'zovaniem strukturnoy modeli // Vestnik NGU im. N.I. Lobachevskogo. – 2013, №4(1). S.173...179.

8. Merkulov S.I., Esipov S.M. Prochnost' i deformativnost' kompozitnogo materiala na osnove uglerodnoy fibry pri odnoosnom rastyazhenii // Vestnik Belgorodskogo gos. technolog. un-ta im. V.G. Shukhova. – 2016, № 11. S. 69...73.

9. Merkulov S.I., Esipov S.M. Vliyanie skorosti i rezhima nagruzheniya na prochnost' i zhestkost' armirovannykh ugleplastikov // Vestnik Belgorodskogo gos. technolog. un-ta im. V.G. Shukhova. – 2017, № 1. S.52...56.

10. Rimshin V.I., Galubka A.I., Sinyutin A.V. Inzhenernyy metod rascheta usileniya zhelezobetonnykh plit pokrytiya kompozitnoy armaturoy // Nauchno-tekhnicheskyy vestnik Povolzh'ya. – 2014, №3. S. 218...220.

11. SP 164.1325800.2014. Usilenie zhelezobetonnykh konstruksiy kompozitnymi materialami. Pravila proektirovaniya. Data vvedeniya 09.01.2014.

12. Yushin A.V., Morozov V.I. Eksperimental'nye issledovaniya dvukh proletnykh zhelezobetonnykh balok, usilennykh kompozitnymi materialami po naklonnomu secheniyu // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2014, № 5 (46). S. 77...84.

13. Podol'skiy P.P., Mikhub Akhmad. O programme issledovaniy izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov, usilennykh razlichnymi vidami kompozitnykh materialov // Sb. nauchn. tr.: Stroitel'stvo-2012. – Ростов n/D, 2012. S. 51...52.

14. Merkulov S.I., Esipov S.M. Eksperimental'nye issledovaniya stsepleniya vneshney kompozitnoy nemetallicheskey armatury s betonom // Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i resheniya. – 2017, №1. S. 93...97.

Рекомендована кафедрой промышленного и гражданского строительства Курского гос. ун-та. Поступила 28.05.19.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОЛОВНОГО УБОРА С ЖЕСТКИМ КОЗЫРЬКОМ

MODERNIZATION OF CAP WITH STIFF VISOR

Ю.А. ЩЕПОЧКИНА

YU.A. SHCHEROSHKINA

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

Разработана конструкция головного убора с жестким козырьком и карманом, расположенным между козырьком и тульей. Рассмотрено выполнение головного убора с осуществлением кармана съемным. Предложенные головные уборы практичны и удобны, могут быть изготовлены на традиционном швейном оборудовании. Расширяется ассортимент головных уборов.

Designed cap with a hard visor and a pocket that is located between the visor and crown. The pocket may be removable. The proposed cap practical and easy to use. It can be made to traditional sewing equipment. Expanding the range of caps.

Ключевые слова: головной убор, козырек, карман.

Keywords: cap, visor, pocket.

Предложенный головной убор (рис. 1) в отличие от [1], [2] содержит жесткий козырек (1), прикрепленный снизу к тулье (2), притачанное сверху к тулье поле (3) [3].

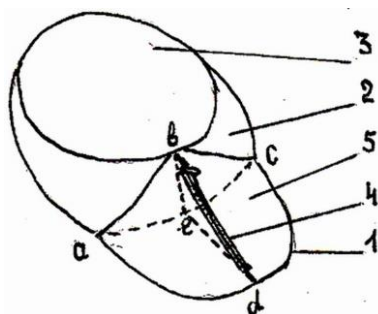


Рис. 1

Карман (5) с тесьмой-молнией (4) присоединен к козырьку и тулье с вершиной у шва притачивания тульи с полем (обозначено линиями a-b-c-d-a-e-c). Тесьма-молния может быть расположена по линиям a-b-c / b-d / a-d-c, например, по линии b-d. Та-

кой головной убор прост в изготовлении на традиционном швейном оборудовании. Для этого осуществляют выбор необходимых материалов. С целью пошива головного убора могут быть использованы плотные ткани из натуральных, искусственных и синтетических волокон, фетр, кожа (кожезаменитель). Может быть использована тесьма-молния металлическая, пластмассовая с неразъемным ограничителем.

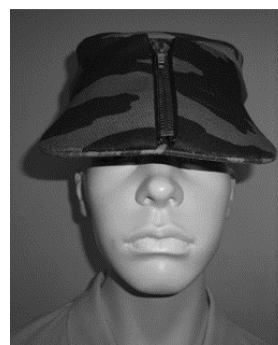


Рис. 2

Изготовленный из хлопчатобумажной ткани головной убор представлен на рис. 2 (головной убор с жестким козырьком и карманом).

Возможно также изготовление аналогичного головного убора со съёмным карманом. Такое решение имеет то преимущество, что выполнение кармана съёмным допускает его чистку, стирку, замену другим карманом, например, со спортивной эмблемой. Карман крепится к козырьку и тулье с помощью пуговиц (кнопок). В этой конструкции головного убора можно использовать металлические, пластмассовые пуговицы, например, диаметром 7 мм (кнопок диаметром 7,5 мм). Возможно также использование пуговиц с отделкой лицевой стороны.

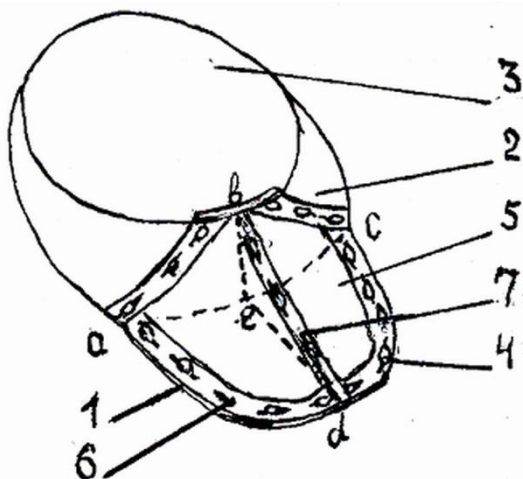


Рис. 3

Такой головной убор (рис. 3) содержит жесткий козырек, прикрепленный снизу к тулье, притачанное сверху к тулье поле, пуговицы. Карман выполнен съёмным с проранками по его краям и присоединен к козырьку и тулье (обозначено линиями a-b-c-d-a-e-c) посредством вдевания пуговиц в проранки. Карман может иметь прорезь, например, от вершины у шва притачивания тульи с полем до козырька, причем на одной стороне от прорези выполнены проранки для крепления к пуговицам, расположенным на другой стороне от прорези. Прорезь расположена по линии b-d, как это изображено на рис. 3 (головной убор: 1 – козырек;

2 – тулья; 3 – поле; 4 – пуговицы; 5 – карман; 6 – проранки; 7 – прорезь).

Предложенные конструкции головных уборов с жестким козырьком и карманами могут служить основой для изменения модельного ряда головных уборов, серийно выпускаемых промышленностью. Это позволит получить новый ряд моделей головных уборов с расширенными функциональными возможностями.

ВЫВОДЫ

Предложенные головные уборы с жестким козырьком и карманами, расположенными между козырьком и тульей, просты по конструкции, практичны и удобны в пользовании, могут быть изготовлены на традиционном швейном оборудовании. Таким образом, расширяется ассортимент головных уборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатова Е.Б. Моделирование и конструирование головных уборов. – М.: Академия, 2007.
2. Торебаев Б.П., Ботабаев Н.Е., Бектурсунова А.К., Ботабаева А.Е. Возможность применения инновационных технологий в дизайне ткани и одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 3. С. 186...190.
3. Кепка; пат. № 2606319 Российская Федерация. № 2015123970/12; заявл. 19.06.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.

REFERENCES

1. Bulatova E.B. Modelirovanie i konstruirovaniye golovnykh uborov. – M.: Akademiya, 2007.
2. Torebaev B.P., Botabaev N.E., Bektrursunova A.K., Botabaeva A.E. Vozmozhnost' primeneniya innovatsionnykh tekhnologiy v dizayne tkani i odezhdyy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 3. S. 186...190.
3. Kepka; pat. № 2606319 Rossiyskaya Federatsiya. № 2015123970/12; zayavl. 19.06.2015; opubl. 10.01.2017, Byul. № 1.

Рекомендована кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов. Поступила 27.11.17.

**НУЖНЫЙ И ПОЛЕЗНЫЙ УЧЕБНИК
"ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА"***

**THE NECESSARY AND USEFUL TEXTBOOK
"PROBABILISTIC METHODS OF STUDYING
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WEAVING"**

Г.И. ТОЛУБЕЕВА, Г.Г. СОКОВА, Т.В. СМЕРНОВА

G.I. TOLUBEEVA, G.G. SOKOVA, T.V. SMIRNOVA

**(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт,
Костромской государственный университет)**

**(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute,
Kostroma State University)**

E-mail: tolubeevi@yandex.ru, sokoffg@mail.ru

Характеризуя профессиональную деятельность бакалавров по направлению подготовки 29.03.02 "Технологии и проектирование текстильных изделий", Федеральный государственный образовательный стандарт объектами профессиональной деятельности определяет также методы и средства испытаний и контроля качества и технологии текстильных материалов и изделий.

Одними из ведущих дисциплин, призванных формировать у студентов комплексное представление о методологии подготовки и проведения научно-исследовательской работы в области проектирования и изготовления текстильных изделий, являются дисциплины "Методы и средства исследований" технологических процессов и "Исследовательская работа" в текстильных производствах.

Математико-статистическим методам исследования технологических процессов, рассмотрению методик планирования и обработки результатов эксперимента посвящен ряд монографий, учебников и учебных пособий. Но рассматриваемый учебник обладает рядом особенностей, выделяющих его среди изданий, освещающих эту тематику.

В первую очередь, учебник отличается тем, что он нацелен на подготовку специалистов-текстильщиков, учитывает особенности

технологических процессов текстильной промышленности, которые зависят от большого количества факторов, многие из которых изменяются случайным образом. Имеют место нестационарность процессов, наличие дрейфа параметров, релаксационные явления в текстильных материалах, изменение температурно-влажностных и других условий. Все это обуславливает применение вероятностно-статистических методов исследования, которые используются не только в текстиле, но и в других отраслях промышленности, и в этом смысле являются универсальными. В учебнике рассматриваются математико-статистические методы исследования и их применение к решению практических задач, связанных с текущим контролем технологических параметров, планированием и обработкой результатов эксперимента, моделированием и оптимизацией процессов с целью повышения эффективности работы ткацкого производства.

Учебник общим объемом около 20 печатных листов состоит из введения, семи глав (разделов) и приложений. Он включает в себя: планирование объема измерений, вероятностную оценку выборочных характеристик, получение и применение законов распределения вероятностей исследуемых параметров. Изложены способы получения

* Маховер В.Л. Вероятностные методы исследования технологических процессов ткацкого производства. – Иваново: ИГТА, 2013. - 512 с.

и использования законов распределения функций одной и двух случайных величин, а также моделирование на ЭВМ заданного закона распределения вероятностей. Включены разделы, рассматривающие наиболее распространенные методы получения однофакторных регрессионных математических моделей, дисперсионный анализ, априорное ранжирование факторов, метод множественной корреляции. Важное место отводится минимизации, оценке и учету систематических погрешностей измерений, которым ранее в литературных источниках не уделялось должного внимания.

В данном учебнике рассматриваются также методы математического описания и оптимизации технологических процессов на основе факторных экспериментов, проводимых в производственных условиях, применение статистических критериев к решению указанных задач. Другой отличительной особенностью и преимуществом учебника является то, что необходимое количество теоретических сведений по тем или иным методам исследования иллюстрируются многочисленными (около 100) примерами их применения, имеющими характер решения конкретных проблемно-производственных ситуаций в ткачестве. В приложениях имеются все необходимые статистические таблицы и программа получения на компьютере математических моделей матричным методом.

Учебник предназначен для студентов вузов, а также для магистрантов, аспирантов, докторантов и преподавателей, осуществляющих подготовку высококвалифицированных специалистов для текстильной промышленности. Он написан доступным языком, имеет ясный стиль изложения, содержит ряд новых методических находок автора, является обобщением, переработкой и существенным дополнением ранее изданных автором трех учебных пособий.

При подготовке данного учебника использован многолетний опыт (более 30 лет) преподавания автором дисциплины МИСИ на кафедре ткачества ИГТА, а также первый в России учебник по МИСИ в текстильной промышленности профессора А.Г. Севостьянова (1980 г.) и другие литературные источ-

ники, приведенные в библиографическом списке, включающем 79 наименований.

Мы используем этот учебник в учебном процессе более трех лет. Полученный опыт позволяет говорить о том, что он формирует у студентов способности выделять проблемы текстильных предприятий и умение в частных результатах исследований видеть проявление общих закономерностей технического прогресса. Активное использование учебника позволяет в процессе изучения указанных дисциплин реализовать комплексный подход к образовательному процессу и направлено на формирование у студентов таких компетенций, как использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности и применение методов математического анализа и экспериментального исследования; владение современными информационными технологиями, способностью управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ; умение анализировать технологический процесс как объект управления и применять современные методы исследования структуры текстильных волокон, нитей и полотен; проводить стандартные и сертификационные испытания текстильных материалов, изделий и технологических процессов; готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; умение спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и провести ее исследование.

Изложенные здесь экспериментальные методы исследования позволяют без дополнительных капитальных затрат выявить и реализовать внутренние резервы ткацкого производства, найти оптимальные технологические параметры процессов и получить за счет этого определенный экономический эффект.

Применение указанных выше методов представляет наибольший интерес при разработке новых технологий или привнесении значительных изменений в существующие, например, таких как изменение состава

ва и вида сырья, использование нового шлихтующего препарата, модернизация и замена оборудования, переход на выпуск нового ассортимента тканей.

Данный учебник может быть использован также работниками научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий всех форм собственности.

Учитывая вышеизложенное, учебник профессора Махова Валерия Львовича "Вероятностные методы исследования технологических процессов ткацкого производства" рекомендуем для широкого использования на практике.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий ИВГПУ.ТИ. Поступила 15.12.17.

УДК 94 (470)

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

ENGINEERING EDUCATION IN RUSSIA AFTER THE END OF THE FIRST WORLD WAR

А.Н. ЕРЕМЕЕВА, Е.А. КОРОЛЬ, С.В. ФЕДОСОВ, В.С. ОКОЛОТИН

A.N. EREMEEVA, E.A. KOROL, S.V. FEDOSOV, V.S. OKOLO TIN

**(Научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева (Южный филиал),
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации)**

**(Russian Research Institute for Cultural and Natural Heritage
named after D.S. Likhachov (Southern branch),
National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Ivanovo State Polytechnical University,
(The Russian Presidential Academy of National Economy
and Public Administration (Ivanovo branch))**

E-mail: erana@mail.ru

Статья посвящена воздействию революционных событий 1917 г. и Гражданской войны на развитие инженерного образования в российской провинции. Показано, что в результате эвакуации вузов в годы первой мировой войны с западных территорий Российской империи, интеллектуальной миграции периода Гражданской войны, подвижнической деятельности столичных ученых и их провинциальных коллег в российских регионах появились высшие инженерные школы, со временем превратившиеся в крупные образовательные центры. Зарождение новых вузов происходило в условиях жесткого дефицита финансов, отсутствия учебников и оборудования, а на Юге и Востоке страны – на фоне частых смен власти.

The article is devoted to the impact of the revolutionary events of 1917 and the Civil War on the development of engineering education in the Russian province. It is shown that higher engineering schools appeared in the Russian regions as a result of the evacuation of higher educational institutions from territories close to the front line during the First World War, intellectual migration of the Civil War period, as well as the hard work of scientists from Petrograd and Moscow and their provincial colleagues. These institutions eventually turned into large educational centers. The emergence of new higher schools took place in the conditions of a severe deficit of finance, lack of textbooks and equipment, and frequent changes of political regimes (in the South and in the East).

Ключевые слова: инженерное образование, революция, гражданская война, российские регионы, интеллектуальная миграция, высшие учебные заведения, профессорско-преподавательский состав.

Keywords: engineering education, revolution, civil war, Russian regions, intellectual migration, higher education institutions, faculty.

В последние предреволюционные десятилетия деятельность технической интеллигенции была важнейшим фактором экономического развития быстро модернизирующейся Российской империи. Это же время было расцветом отечественного инженерного образования. Технические вузы Петербурга и Москвы, Харькова, Киева, Варшавы, Риги, Томска с их мощными лабораториями становились центрами сближения фундаментальной науки и инженерной практики [12]. Своеобразным модератором являлось Императорское Русское техническое общество (ИРТО), содействовавшее укреплению связей высшей школы с промышленностью, развитию технического образования, популяризации технических знаний.

Начало первой мировой войны привело к необходимости быстрой перестройки стратегически важных отраслей с опорой на собственные силы и ресурсы. Высшие технические учебные заведения с первых дней войны стали получать субсидированные заказы от военного ведомства. Как отмечает историк В.В. Рыжковский, многие преподаватели вузов, ограниченно привлекавшиеся и до того к работе в военной сфере, стали активными членами военных комитетов. Более авторитетное и влиятельное положение приобрели и технические общества [11].

Ученые инженерно-промышленных институтов получали заказы от военного ведомства, связанные с техническим оснаще-

нием российской армии. Было налажено инженерное и гидрогеологическое обеспечение фронтов в целях оптимизации фортификационных и иных работ. Составлялись геологические карты прифронтовой полосы, собирались и регистрировались геологические данные, относящиеся к фронтам, производились исследования вдоль эвакуационных маршрутов. В 1916-1917 гг. начались изыскательские работы для строительства железнодорожного моста через Керченский пролив и выполнено бурение 28 скважин. На Севере актуализировался вопрос о Беломорском канале между Белым морем и Онежским озером. Данные проекты в то время так и не реализовались.

Из зон военных действий или приближенных к ним эвакуировались учебные заведения: Рижский политехнический институт (РПИ) – в Москву (где пробыл до 1918 г.), Варшавский политехнический институт – в Нижний Новгород, Варшавский университет – в Ростов-на-Дону (как выяснилось, навсегда) и т.д. Появлялись новые центры высшего технического образования: например, в мае 1917 г. на заседании Временного правительства был учрежден Тифлисский политехникум, создание которого готовилось еще при старой власти. В процессе подготовки открытия Ташкентского (Туркестанского) университета обговаривалась возможность формирования со временем на базе его физико-математического факультета фа-

культетов технических и сельскохозяйственных наук [10].

С конца 1917 г. начался "исход" вузовских ученых из Петрограда и Москвы на Юг, на Урал, в Сибирь, города Центральной России. В его основе были как политические, так и экономические причины. Выбор конкретного места был связан с перспективами работы в новых вузах, либо с другими факторами. В украинскую столицу возвращались бывшие киевские профессора, например, С.П. Тимошенко (из Петрограда). Он, как и прежде, стал преподавать в Киевском политехникуме и принял деятельное участие в организации Украинской Академии наук [15]. Бывший директор Института путей сообщения, специалист в области прикладной механики и термодинамики, А.А. Бранд получил необходимое для выезда из революционного Петрограда свидетельство о командировке в Киев "якобы по вопросу обмена профессорами", а в итоге уехал в Крым. Там он работал над устранением причин оползней в качестве "консультанта по водно-шоссейной части" [3]. Будущий академик Л.И. Мандельштам весной 1918 г. рассматривал возможность преподавания в Горном и Политехническом (частном) институтах Екатеринбурга. При этом он предупреждал приглашающую сторону, что окончательно не может решить вопрос о фактическом занятии кафедры даже в случае удовлетворительного результата баллотировки из-за неопределенности политического положения. А в октябре 1918 г. ученый приступил к чтению курса физики в только что открытом Одесском политехническом институте. На вводной лекции (конспект которой сохранился) он убеждал первокурсников: физика – и опытная и теоретическая – не только учебный предмет, она "нужна инженеру всегда", "во все время его деятельности"; "занятия физикой приносят огромное умственное удовлетворение" [2].

Ученые Петрограда и Москвы сыграли немалую роль в создании политехнических институтов, которые в 1918-1920 гг. появились в Одессе, Владикавказе, Екатеринодаре, Екатеринославе, Херсоне, Омске, Владивостоке. Например, у истоков Северо-Кавказского политехнического института (СКПИ)

в Екатеринодаре стоял изобретатель телевизионной связи Б.Л. Розинг. Вузы функционировали в ситуации гражданского противостояния, частых смен власти, оккупации иностранными войсками.

В сложных условиях происходило основание политехнического института в Иваново-Вознесенске. На перевод временно размещившегося в Москве Рижского политехнического института претендовали тогда многие города. При этом часть преподавателей хотела вернуться в Ригу или остаться в Москве. В прессе Иваново-Вознесенска тема превращения города в вузовский центр активно обсуждалась. 3 мая 1918 г. в "Рабочем крае" была опубликована статья И.И. Власова с призывом к общественности Иваново-Вознесенска принять перевод РПИ в текстильный край. Статья заканчивалась словами: "Создать новое высшее учебное заведение, подобрать подготовленные научные силы и приобрести учебный материал и пособия, конечно, неизмеримо труднее, чем приложить всю возможную общественную энергию для привлечения в наш город уже давно и великолепно работающий Политехникум с большим запасом ученых сил, ценнейшей библиотекой и полным оборудованием, не говоря уже о бесконечной важности для культурного роста города прилива свежих сил общекультурно развитого и технически подготовленного сотрудничества. Для такого дела нужно быстро и организованно поработать" [4], [13]. Большую организационную работу по созданию института провел первый председатель Иваново-Вознесенского губисполкома М.В. Фрунзе.

Комитет по учреждению вуза включал группу преподавателей Рижского политехнического института, представителей Московского Общества Рижских политехников, местных советских и общественных организаций. Декретом Совнаркома от 6 августа 1918 г. Иваново-Вознесенский политехнический институт (ИВПИ) был учрежден. Из Москвы в город, ставший губернским центром, переехала часть преподавателей и студентов РПИ. Именно ИВПИ заложил прочную основу для становления системы высшего образования в Ивановской области, которой в 2018 г. исполнилось 100 лет. Внут-

ренная структура вуза формировалась под влиянием особенностей Иваново-Вознесенской губернии как крупного центра текстильной промышленности. Интересам региона в первую очередь и была подчинена образовательная и исследовательская деятельность.

По свидетельству современников, региональные вузы революционной поры, "...в большинстве случаев крайне бедно обставленные, были богаты такими именами, которым мог бы позавидовать любой западноевропейский университет" [5].

В политехнических институтах Екатеринодара работали бывший начальник Кронштадтского морского инженерного училища математик А.И. Пароменский, бывший ректор Петроградского политехнического института А.А. Радциг, заведующий кафедрой керамической технологии Петроградского технологического института А.М. Соколов, автор первой в России книги по паровым турбинам Г.Н. Пио-Ульский и др. Архитектурное образование обеспечивали переехавшие на Кубань петроградцы С.С. Кричинский, А.П. Вайтенс, А.А. Юнгер. Среди подготовленных ими студентов – В.Ф. Твелькмейер (будущий ректор Института живописи, скульптуры и архитектуры им. И.Е. Репина). Л.Б. Твелькмейер-Розинг (впоследствии кандидат архитектуры, дочь Б.Л. Розинга). "Костяк" ИВПИ тоже составили известные ученые – М.Н. Берлов (ректор института), В.М. Келдыш (декан инженерно-строительного факультета, "отец русского железобетона"), Н.М. Озмидов, К.К. Блахер, Н.И. Лузин (будущий академик), Н.Д. Зелинский (впоследствии – Лауреат трех Сталинских премий) и др.

Наличие высококвалифицированных преподавателей было важным, но недостаточным условием нормального функционирования институтов. Серьезной проблемой был недостаток оборудования, учебной и научной литературы. Руководство обращалось за помощью к общественности, закупало или принимало в дар книги из частных собраний (в том числе профессорских). Практически отсутствовала новейшая зарубежная научная литература, что являлось последствием первой мировой войны. Будущий академик Н.Д. Папалекси, совместно с Л.И. Ман-

дельштамом, работавший в Одессе, писал в столицу академику Н.П. Лазареву: "Преподавание (теоретическое и практическое) удалось наладить более или менее удовлетворительно. Страдаем от почти полного отсутствия приборов для научной работы, а также от недостатка литературы... В Германский период оккупации кое-какие книги удалось получить" [1]. Аналогичной ситуацией (оккупацией после заключения Брестского договора) воспользовалась библиотечная комиссия Донского политехнического института, постановив все свободные деньги потратить "...на выпуск тех немецких журналов, получение которых преграждено в 1914 г." [7].

Практически все вузы не отказывались от издания собственных научных журналов, хотя это было чрезвычайно сложно из-за дефицита бумаги, загруженности типографий, получавших срочные заказы на печатание пропагандистской продукции и галопирующей инфляции. Уже через полгода после открытия политехнического института в Иваново-Вознесенске вышел первый номер "Известий ИВПИ", содержащий статьи преподавателей и сведения об истории возникновения института и деятельности его факультетов [14].

Открытие вузов не всегда происходило в начале учебного года. В связи с этим корректировался учебный график. Например, администрация Кубанского политехнического института (КПИ), открытого в феврале 1919 г., приняла решение "сэкономить для молодежи полгода", устроив летний семестр; программа полутора лет была пройдена за год [6].

Во властные инстанции постоянно поступали прошения о снабжении вузов углем и дровами, однако удовлетворялись они лишь частично. В связи с этим в зимнее время занятия приостанавливались на несколько дней или даже недель. Мешали учебному процессу реквизиции помещений для нужд армии, мобилизация студентов, а иногда и молодых преподавателей, как в Белую, так и Красную Армию.

Нередко в одном городе действовали однопольные вузы, что порождало конкуренцию. Так было в Екатеринодаре и в Омс-

ке. Последнее слово в этом случае было за властными структурами. В Екатеринодаре в дискуссию вмешался А.И. Деникин, рекомендовавший объединить два политехнических вуза (один из них был создан по общественной инициативе, другой – Кубанским краевым правительством) и обеспечить туда равный доступ всех граждан, без преимущества для казаков [9]. Очевидно, что Главнокомандующий Вооруженными силами Юга России прежде всего пресекал проявления кубанской "самостийности" в области образования. В итоге вузы объединились. В Омске развернулись бурные дебаты о слиянии молодых сельскохозяйственного и политехнического институтов. Одним казалось, что вузы однопрофильные, другие категорически отрицали это. Так или иначе, силами научного сообщества Омска и общественности, оба института сохранились [8].

В начале 1920-х гг., когда советская власть установилась повсеместно и произошла относительная стабилизация ситуации, большинство вузовских преподавателей вернулись в Петроград, в Москву, другие места прежней работы (например, в Ригу). Некоторые еще в конце Гражданской войны эмигрировали. Несмотря на это, основы высшего технического образования во многих российских регионах были заложены и получили дальнейшее развитие.

ВЫВОДЫ

Развитие высшего инженерного образования в российской провинции в годы Революции и Гражданской войны во многом было следствием эвакуации вузов из западных территорий в годы первой мировой войны и мощной интеллектуальной миграции из Петрограда и Москвы после Революции. Значительная часть столичных специалистов по разным причинам предпочла переждать "смутное время" в провинции. Совместно с коллегами из регионов, взаимодействуя с властными структурами различной политической ориентации, местной общественностью, они, невзирая на критические внешние обстоятельства, совершили

настоящий прорыв в формировании вузовской инфраструктуры.

В условиях дефицита финансов, отсутствия необходимого оборудования, на Юге и Востоке – частых смен власти в российских регионах зарождались высшие инженерные школы, со временем превратившиеся в крупные образовательные центры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архив Российской академии наук. Ф.459. Оп.4. Д. 91. Л. 1.
2. Архив Российской академии наук. Ф. 1622. Оп. 1. Д. 55. Л. 1...9.
3. *Брандт А.А.* Листья пожелтелые. Передуманное и пережитое. – Белград, 1930. С. 97, 136.
4. *Власов И.И.* О Рижском политехникуме // Рабочий край. – 1918, 3 мая.
5. *Гальцов П.* Русская наука и ученые в Крыму (1917-1920 гг.) // Новая русская книга. – 1922, №1. С. 27.
6. Государственный архив Краснодарского края. Ф. Р-229. Оп. 1. Д. 1400. Л. 99 об.
7. Государственный архив Ростовской области. Ф. 42. Оп. 1. Д. 395. Л. 518.
8. *Еремеева А.Н.* "Находясь по условиям времени в провинции...": практики выживания российских ученых в годы Гражданской войны. – Краснодар: Платонов И., 2017. С. 101.
9. *Куценко И.Я.* Кубанский государственный технологический университет. История и современность. – Краснодар: КГТУ, 1999. С. 25...26.
10. Российский государственный исторический архив. Ф. 733. Оп. 226. Д. 214. Л. 2...3.
11. *Рыжковский В.В.* Генеалогия "спеца": высшая специальная школа и техническая наука в условиях социальной мобилизации // Расписание перемен: Очерки истории образовательной и научной политики в Российской империи – СССР (конец 1880-х – 1930-е годы). – М.: НЛЮ, 2012. С. 710...711.
12. *Сапрыкин Д.Л.* Инженерное образование в России: история, концепция, перспективы // Высшее образование в России. – 2012, №1. С. 125...137.
13. *Семененко А.М.* И.И. Власов и образование Иваново-Вознесенского Политехнического Института // Интеллигенция и мир. – 2003, №1. С. 105...114.
14. *Сироткин А.С., Малкова Ю.Л.* Страницы истории: издательская деятельность ИВПИ. 1918-1930 гг. // Вестник гуманитарного факультета ИГХТУ. – 2008. Вып. 3. С. 7... 14.
15. *Тимошенко С.П.* Воспоминания. – Париж: Изд. Объединения С.-Петербургских политехников, 1968. С. 135...140.

REFERENCES

1. Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F.459. Op.4. D. 91. L. 1.
2. Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1622. Op. 1. D. 55. L. 1...9.
3. Brandt A.A. List'ya pozhetelye. Peredumannoe i perezhitoe. – Belgrad, 1930. S. 97, 136.
4. Vlasov I.I. O Rizhskom politehnikume // Rabo-chiy kray. – 1918, 3 maya.
5. Gal'tsov P. Russkaya nauka i uchenye v Krymu (1917-1920 gg.) // Novaya russkaya kniga. – 1922, №1. S. 27.
6. Gosudarstvennyy arkhiv Krasnodarskogo kraya. F. R-229. Op. 1. D. 1400. L. 99 ob.
7. Gosudarstvennyy arkhiv Rostovskoy oblasti. F. 42. Op. 1. D. 395. L. 518.
8. Eremeeva A.N. "Nakhodyas' po usloviyam vre-meni v provintsii...": praktiki vyzhivaniya rossiyskikh uchenykh v gody Grazhdanskoy voyny. – Krasnodar: Platonov I., 2017. S. 101.
9. Kutsenko I.Ya. Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet. Istoriya i sovremennost'. – Krasnodar: KGTU, 1999. S. 25...26.
10. Rossiyskiy gosudarstvennyy istoricheskiy arkhiv. F. 733. Op. 226. D. 214. L. 2...3.
11. Ryzhkovskiy V.V. Genealogiya "spetsa": vysshaya spetsial'naya shkola i tekhnicheskaya nauka v usloviyakh sotsial'noy mobilizatsii // Raspisanie peremen: Ocherki istorii obrazovatel'noy i nauchnoy politiki v Rossiyskoy imperii – SSSR (konets 1880-kh – 1930-e gody). – M.: NLO, 2012. S. 710...711.
12. Saprykin D.L. Inzhenernoe obrazovanie v Rossii: istoriya, kontseptsiya, perspektivy // Vyshee obrazovanie v Rossii. – 2012, №1. S. 125...137.
13. Semenenko A.M. I.I. Vlasov i obrazovanie Ivanovo-Voznesenskogo Politehnicheskogo Instituta // Intelligentsiya i mir. – 2003, №1. S. 105... 114.
14. Sirotkin A.S., Malkova Yu.L. Stranitsy istorii: izdatel'skaya deyatel'nost' IVPI. 1918- 1930 gg. // Vestnik gumanitarnogo fakul'teta IGKhTU. – 2008. Vyp. 3. S. 7... 14.
15. Timoshenko S.P. Vospominaniya. – Parizh: Izd. Ob"edineniya S.-Peterburgskikh politehnikov, 1968. S. 135...140.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности ИВГПУ. Поступила 03.12.18.

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

<i>Абрамова Е.А.</i> Управление внешнеторговым потенциалом текстильной отрасли Ивановской области	5
<i>Можяева Т.П.</i> Совершенствование управления кадровыми процессами в системе менеджмента качества организации	9
<i>Уткин А.И., Сперанский С.Н.</i> Управление доходным потенциалом кластерообразующих предприятий Ивановской области	14
<i>Ряховская А.Н., Кован С.Е., Кочетков Е.П., Крюкова О.Г.</i> Банкротство физических лиц – как следствие стагнации текстильной промышленности	20
<i>Бушуева М.А., Масюк Н.Н., Брагина З.В., Сильченко В.В.</i> Модели комплексного аутсорсинга в текстильном кластере в условиях цифровизации	25
<i>Мишаков В.Ю., Кирсанова Е.А.</i> Особенности выбора целевого сегмента на рынке инновационных товаров и услуг	32

Материаловедение

<i>Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Ибрагимов А.М.</i> Оценка ресурсного потенциала использования пылевидных лигноцеллюлозных отходов для производства строительных композиционных материалов	37
<i>Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Кусенкова А.А., Гусев Б.Н., Калинин Е.Н.</i> Ранжирование показателей качества геосинтетических материалов с применением теории нечетких множеств	41
<i>Хамматова В.В., Разумеев К.Э.</i> Исследование стойкости тканей специального назначения после воздействия кислоты и нефти	45
<i>Полушин Е.Г., Козлова О.В., Захарченко А.С., Румянцева В.Е.</i> Изучение оптических свойств пленок полимеров, используемых в заключительной отделке текстильных материалов	48
<i>Истомин А.Д., Назаров Т.А.</i> Влияние природных циклов замораживания - оттаивания на прочность и деформативность бетона	52
<i>Симаков О.А.</i> Применение в качестве внешнего армирования железобетонных элементов тканых сеток из углеродных волокон	57
<i>Виноградова Н.А.</i> Кинетика изнашивания тканей специального назначения	61
<i>Раджабов И.С.</i> Особенности материалов для геотуб, используемых при очистке отходов бурения	65

Первичная обработка. Сырье

<i>Булатов В.В., Пашин Е.Л., Орлов А.В.</i> Обоснование методов анализа и перечня характеристик однотипного волокна конопли для оценки его качества в целях стандартизации	69
--	----

Прядение

<i>Фукина О.В., Хейло С.В.</i> Разработка нитей для производства защитных тканей от электромагнитных излучений	75
<i>Джуряев А.Д., Таипулатов Д.С., Плеханов А.Ф.</i> Обоснование выбора параметров колосников на упругих опорах очистителя волокнистой массы хлопка-сырца	80

Ткачество

<i>Пирогов Д.А., Евграфова К.И.</i> Математическое моделирование квазистатического процесса деформирования нити утка при формировании многослойной тканой структуры	87
<i>Бабкова Е.С., [Заваруев В.А.], Фомина О.П.</i> Проектирование структур вертикальных створок ячеек трикотажных сетчатых материалов	92
<i>Велиев Ф.А., Нуриев М.Н.</i> Расчет уработки в тканях с переменной плотностью по утку	96

Отделка

<i>Антонова М.В., Красина И.В., Илюшина С.В.</i> Регулирование гидрофильности смесовых тканей с применением низкотемпературной плазмы	100
<i>Алиев Ш.Э., Панкратова Е.В., Сафонов В.В.</i> Влияние степени замещения первичных гидроксильных групп в молекуле карбоксиметилцеллюлозы на колористические показатели напечатанных тканей	104

<i>Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Морыганов А.П., Григорьев С.В.</i> Исследование процесса экстракции природных примесей лубяных волокон	107
---	-----

Трикотажное производство

<i>Бабкова Е.С., Заваруев В.А.</i> , <i>Колесникова Е.Н.</i> Проектирование поверхностей параболических форм из трикотажного сетеполотна	114
--	-----

Швейное производство

<i>Погорелова М.Л., Суслов И.А.</i> Анализ ассортимента мужской одежды	118
<i>Синьчжоу У., Кузьмичев В.Е.</i> Алгоритм проектирования костюма для подводного плавания	121

Текстильные машины и агрегаты

<i>Кокина Т.М.</i> Вынужденные колебания механизма выпускных валов пневмомеханической прядильной машины	128
<i>Крылов А.В., Тувин А.А., Шахова И.Ю., Фомин Ю.Г.</i> Определение математической модели зависимости потребляемой мощности на привод валкового модуля от факторов	133
<i>Кривошеина Е.В., Букалов Г.К., Рудовский П.Н., Мартынова Д.Ю.</i> Анализ изнашивания крюков грузоподъемных кранов при контактировании с текстильными стропами	136

Автоматизация и информационные технологии

<i>Гаджибекова И.А., Тагирова Ф.В.</i> Применение информационных технологий при разработке ассортимента производственной одежды	141
<i>Замышляева В.В., Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Еришов В.Н.</i> Применение информационных технологий для прогнозирования эксплуатационных свойств дублированных пакетов одежды из льняных тканей	146
<i>Балыхин М.Г., Донник И.М., Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Макаровская З.В., Жиров М.В.</i> Система автоматического регулирования процесса формирования сыпучих масс с использованием цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика	150

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Краснов А.А., Колибаба О.Б., Сокольский А.И., Долинин Д.А.</i> Исследование гидродинамики слоя твердых отходов в процессе его переработки	158
<i>Кошелева М.К., Дорняк О.Р., Апалькова М.С., Новикова Т.А.</i> Аппроксимация изотерм сорбции хлопковых материалов различными уравнениями	163
<i>Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Ульева С.Н., Циркина О.Г., Шарбанова И.Ю., Румянцева В.Е.</i> Особенности теплообменных процессов в ходе эксплуатации боевой одежды пожарного	168
<i>Румянцев Е.В., Федосов С.В., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А., Мартынов И.А.</i> Инновационные решения безопасных и экологичных систем теплоснабжения производственных зданий в текстильной промышленности как фактор снижения энергоемкости российской экономики	173
<i>Дигилина О.Б., Тесленко И.Б., Савельев И.И., Головинская И.В.</i> Экосистема подрывных инноваций в текстильной отрасли	177
<i>Кочев А.Г., Гагарин В.Г., Соколов М.М., Кочева М.А.</i> Влияние внешней и внутренней аэродинамики на естественную вентиляцию в культовых зданиях	182
<i>Гвоздок А.Н., Сулова О.Ю.</i> Регулирование тепловлажностных параметров приточного воздуха, обрабатываемого в системе кондиционирования	186
<i>Гусев В.П., Антонов А.И., Соломатин Е.О., Макаров А.М.</i> Расчетные модели излучения звука точечными источниками шума промышленных предприятий	191
<i>Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Петров А.Н., Ярмаковский В.Н., Кадиев Д.З.</i> Диаграммный метод расчета стержневых железобетонных конструкций в конечных приращениях в условиях действия низких отрицательных температур	197
<i>Киселев И.Я.</i> Уравнения изотерм сорбции паров воды материалами ограждающих конструкций зданий	203
<i>Король О.А., Байков Н.Н., Ройфе В.С.</i> Особенности технологии производства и монтажа стеклофибробетонных изделий при капитальном ремонте зданий	207
<i>Кочкин Н.А., Шубин И.Л., Кочкин А.А.</i> Исследование повышения звукоизоляции существующих ограждений с использованием слоистых вибродемпфированных элементов	215
<i>Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Шубин И.Л.</i> Экспериментальная оценка точности комбинированного метода расчета шума в помещениях с рассеивающими звук предметами	219
<i>Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В.</i> Защита окружающей застройки подведением фундаментной плиты с учетом технологической механики грунтов	224

<i>Сачкова О.С., Аксенов В.А., Коновал И.А., Шевченко В.Б.</i> Разработка технических, санитарно-гигиенических и экологических требований к шторе, предназначенной для организации индивидуального пространства в пассажирских вагонах открытого типа	228
---	-----

Техническая эстетика и дизайн

<i>Аккурадова О.Л., Роганова Д.А.</i> Исследование русского народного орнамента и его адаптация в современном дизайне костюма	233
<i>Алибекова М.И., Фирсова Ю.Ю., Кащеев О.В., Колташова Л.Ю.</i> Аддитивные технологии в модной индустрии	237

Механика нити и полотен

<i>Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С.</i> Повышение конкурентоспособности полимерных текстильных материалов на основе применения интегральных критериев достоверности математического моделирования вязкоупругости на стадии их проектирования и организации производства	242
<i>Щербаков В.П., Скуланова Н.С., Полякова Т.И., Халезов С.Л.</i> Теория и расчет двухосного растяжения кулирного трикотажа	248

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Егоров С.А., Обронов М.С.</i> Модернизация парогенератора	253
<i>Меркулов С.И., Есинов С.М.</i> Использование тканых композитов для восстановления строительных конструкций	256
<i>Щепочкина Ю.А.</i> Модернизация головного убора с жестким козырьком	260
<i>Толубеева Г.И., Сокова Г.Г., Смирнова Т.В.</i> Нужный и полезный учебник "Вероятностные методы исследования технологических процессов ткацкого производства"	262
<i>Еремеева А.Н., Король Е.А., Федосов С.В., Околотин В.С.</i> Инженерное образование в России после окончания первой мировой войны	264

CONTENTS

Economics and Production Planning

<i>Abramova E.A.</i> Management of Foreign Trade Potential of Textile Industry in the Ivanovo Region	5
<i>Mozhaeva T.P.</i> Improving the Management of Human Processes in the Quality Management System of the Organization	9
<i>Utkin A.I., Speransky S.N.</i> Income Potential Management of the Cluster-Forming Enterprises of Ivanovo Region	14
<i>Ryakhovskaya A.N., Kovan S.E., Kochetkov E.P., Kryukova O.G.</i> The Bankruptcy of Individuals as a Result of the Stagnation Textile Industry	20
<i>Bushueva M.A., Masyuk N.N., Bragina Z.V., Silchenko V.V.</i> The Models of Complex Outsourcing in the Textile Cluster under Conditions of Digitalization	25
<i>Mishakov V.Yu., Kirsanova E.A.</i> Features of the Choice of a Target Segment in the Market of Innovative Goods and Services	32

Materials

<i>Susoeva I.V., Vakhnina T.N., Ibragimov A.M.</i> Assess the Resource Potential of Using Pulverized Lignocellulosic Wastes for Production of Building Composite Materials	37
<i>Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Kusenкова A.A., Gusev B.N., Kalinin E.N.</i> Rating Quality Indicators of Geosynthetic Materials with Application of the Theory of Fuzzy Sets	41
<i>Khammatova V.V., Razumeev K.E.</i> Research of Tissue Resistance of Special Purpose after Action of Acid and Oil	45
<i>Polyshin E.G., Kozlova O.V., Zakharchenko A.S., Rumyantseva V.E.</i> Studying the Optical Properties of Polymer Films Used in the Final Finish of Textile Materials	48
<i>Istomin A.D., Nazarov T.A.</i> The Influence of Natural Cycles Freezing - Thawing on Durability and Deformability of Concrete	52

<i>Simakov O.A.</i> The Use of a Woven Mesh of Carbon Fibers as External Reinforcement of Concrete Elements	57
<i>Vinogradova N.A.</i> Wear Kinetics of Special-Purpose Fabrics	61
<i>Radzhabov I.S.</i> Features of Materials for Geotubes Used in Cleaning Drilling Waste	65

Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Bulatov V.V., Pashin E.L., Orlov A.V.</i> Justification of Analysis Methods and Choice of Properties for Mixed Hemp Fiber in Order to Estimate and Standartize Its Quality	69
---	----

Spinning

<i>Fukina O.V., Kheylo S.V.</i> Development of Thread for the Electromagnetic Radiation Protection Fabrics ...	75
<i>Dzuraev A.D., Tashpulatov D.S., Plekhanov A.F.</i> Justification for Selection of Parameters of Bars on Elastic Supports of Raw Cotton Pulp Cleaner	80

Weaving

<i>Pirogov D.A., Evgrafova K.I.</i> Mathematical Modeling of the Quasistatic Process of Deformation of a Weft Yarn During the Formation of a Multilayer Woven Structure	87
<i>Babkova E.S., Zavaruev V.A., Fomina O.P.</i> Designing of Structures of the Vertical Parties of the Cell of Knitted Mesh Materials	92
<i>Veliev F.A., Nuriev M.N.</i> Calculation of Loss in Tissues with Variable Density in the Weft	96

Finishing

<i>Antonova M.V., Krasina I.V., Ilushina S.V.</i> Regulation of the Hydrophilicity of Mixed Fabrics Using Low Temperature Plasma	100
<i>Aliev Sh.E., Pankratova E.V., Safonov V.V.</i> The Influence of Degree of Substitution of Primary Hydroxyl Groups in the Molecule of Carboxymethyl Cellulose for Color Figures Printed Fabrics	104
<i>Dymnikova N.S., Erokhina E.V., Moryganov A.P., Grigoriev S.V.</i> Research of the Process of Extraction of Natural Impurities of Basis Fibers	107

Knitting

<i>Babkova E.S., Zavaruev V.A., Kolesnikova E.N.</i> Designing Surfaces with Parabolic Shapes of Knitted Sitecatalog Paintings	114
--	-----

Sewing

<i>Pogorelova M.L., Suslov I.A.</i> Analysis of the Range of Men's Clothing	118
<i>Xin Zhou Wu, Kuzmichev V.E.</i> Algorithm of Diving Suit Design	121

Textile Machines and Aggregates

<i>Kokina T.M.</i> Forced Oscillation of the Drawing-Off Roller Mechanism of the Pneumo-Mechanical Spinning Machine	128
<i>Krylov A.V., Tuvin A.A., Shakhova I.Yu., Fomin Y.G.</i> Determination of the Mathematical Model of the Dependence of Consumption Power on the Drive of the Roll Module From Factors	133
<i>Krivosheina E.V., Bukalov G.K., Rudovskiy P.N., Martynova D.Yu.</i> Analysis of Wear Crane Hooks in Conjunction with Textile Slings	136

Automation and Information Technologies

<i>Gadzhibekova I.A., Tagirova F.V.</i> Application of Information Technology in the Development of Clothing Range of Production	141
<i>Zamyshlyayeva V.V., Lapshin V.V., Smirnova N.A., Ershov V.N.</i> Application of Information Technologies for Forecasting Operational Properties of Duplicated Packages of Linen Clothes	146
<i>Balykhin M.G., Donnik I.M., Blagoveschenskiy I.G., Blagoveschenskaya M.M., Makarovskaya Z.V., Zhiron M.V.</i> The System of Automatic Control of the Process Forming Loose Masses Using Digital Video Camera as a Smart Sensor	150

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Krasnov A.A., Kolibaba O.B., Sokolsky A.I., Dolinin D.A.</i> Hydrodynamic Study of Layer of Municipal Solid Waste in the Processing	158
<i>Kosheleva M.K., Dornyyak O.R., Apalkova M.S., Novikova T.A.</i> Approximation of Sorption Isotherms of Cotton Materials by Different Equations	163
<i>Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Ulieva S.N., Tsirkina O.G., Sharabanova I.Yu., Rumyantseva V.E.</i> Features of Heat and Mass-Exchange Processes in the Operation of the Fire Fighting Clothing	168
<i>Rumyantsev E.V., Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Oparina L.A., Chistjakova Yu.A., <u>Martynov I.A.</u></i> Innovative Solutions for Safe and Environmental Systems of Heat Supply for Industrial Buildings in Textile Industry as a Factor to Reduce the Energy Capacity of the Russian Economy	173
<i>Digilina O.B., Teslenko I.B., Savelev I.I., Golovinskaya I.V.</i> Ecosystem of Subversive Innovations in Textile Industry	177
<i>Kochev A.G., Gagarin V.G., Sokolov M.M., Kocheva M.A.</i> The Influence of External and Internal Aerodynamics on Natural Ventilation in Religious Buildings	182
<i>Gvozdokov A.N., Suslova O.Yu.</i> Regulation Heat and Humidity Parameters of the Supply Air Treated in the Air Conditioning System	186
<i>Gusev V.P., Antonov A.I., Solomatin E.O., Makarov A.M.</i> Estimated Models of Sound Radiation by Spot Sources of Noise of Industrial Enterprises	191
<i>Karpenko N.I., Karpenko S.N., Petrov A.N., Yarmakovskiy V.N., Kadiev D.Z.</i> The Diagram Method of Calculation of Rod Reinforced Concrete Structures in Finite Increments in Conditions of Low Negative Temperatures	197
<i>Kiselev I.Ya.</i> Equations of Isotherms Sorption of Water Vapors by Buildings Constructions Materials	203
<i>Korol O.A., Baykov N.N., Royfe V.S.</i> Features of Technology of Manufacturing and Installation of Glass-Fiber-Concrete Products at Capital Repair of Buildings	207
<i>Kochkin N.A., Shubin I.L., Kochkin A.A.</i> Research of Increase in Sound Insulation of the Existing Protections with Use of Layered Vibration Damped Elements	215
<i>Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Shubin I.L.</i> Experimental Estimation of the Accuracy of the Combined Method of Noise Calculation in Rooms with Sound-Scattering Objects	219
<i>Ilyichev V.A., Nikiforova N.S., Konnov A.V.</i> Neighboring Buildings Protection by Changing Shallow Foundations to a Slab Considering Technological Soil Mechanics	224
<i>Sachkova O.S., Aksenov V.A., Konoval I.A., Shevchenko V.B.</i> Development of Technical, Sanitary-Hygienic and Environmental Requirements for the Curtain Designed for the Organization of Individual Space in Open-Type Passenger Cars	228

Technical Aesthetics and Design

<i>Akkuratova O.L., Roganova D.A.</i> The Research of the Russian Folk Ornament and its Adaptation in the Modern Design	233
<i>Alibekova M.I., Firsova Y.Y., Kashcheev O.V., Koltashova L.Y.</i> Additive Technology in the Fashion Industry.....	237

Mechanics of Threads and Fabrics

<i>Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S.</i> Increase of Competitiveness of Polymeric Textile Materials on the Basis of Application of Integral Criteria of Reliability of Mathematical Modeling of Viscoelastic Elasticity at the Stage of their Design and Organization of Production	242
<i>Shcherbakov V.P., Skulanova N.S., Polyakova T.I., Khalezov S.L.</i> The Theory and Calculation Biaxial Tensions Jersey	248

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Egorov S.A., Obronov M.S.</i> The Modernization of the Steam Generator	253
<i>Merkulov S.I., Esipov S.M.</i> The Use of Woven Composites for Recovery Building Construction	256
<i>Shchepochkina Yu.A.</i> Modernization of Cap with Stiff Visor	260
<i>Tolubeeva G.I., Sokova G.G., Smirnova T.V.</i> The Necessary and Useful Textbook "Probabilistic Methods of Studying Technological Processes of Weaving"	262
<i>Eremeeva A.N., Korol E.A., Fedosov S.V., Okolotin V.S.</i> Engineering Education in Russia after the End of the First World War	264

Вниманию авторов!

Редакция принимает статьи и сопроводительные документы к ним, направленные только обычными письмами в адрес редакции журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности": 153000, г. Иваново, Шереметевский просп., 21, к. ГШ.352. Редакция журнала, ответственному секретарю.

Статьи и документы к ним должны быть оформлены согласно Правилам для авторов, которые публикуются в конце номера журнала.

Корреспонденция, направленная заказными письмами, не рассматривается.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Каждая статья, поступающая в редакцию, проходит внешнее рецензирование. Рецензенты журнала – ведущие ученые и практики в области текстильной промышленности.

В связи с вышесказанным для ускорения публикации статей редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал "Технология текстильной промышленности" серии "Известия вузов", руководствоваться следующими правилами.

1. Редакция принимает только статьи, содержащие оригинальный материал, соответствующий профилю журнала, нигде не опубликованные и не переданные в редакции других изданий. В статье должно быть представлено четкое изложение полученных автором результатов без повторения данных в тексте статьи, таблицах и рисунках.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным.

3. В редакцию представляются два экземпляра статьи. Объем статей с учетом таблиц не должен превышать 6 страниц текста, который располагается на одной стороне листа писчей бумаги белого цвета формата А4 (210×297 мм). Размер шрифта основного текста 12. Поля могут быть произвольными, но не менее 15 мм. Текст необходимо печатать через два интервала. К бумажному варианту статьи должен быть приложен идентичный вариант на электронном носителе. Текстовый редактор Word (формат *.doc, *.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат *.psx, *.bmp, *.jpg).

4. Получить информацию по оформлению статей и списка литературы к ним можно на сайте журнала.

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13х18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без глянцева) формата не менее 9х12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, адрес электронной почты (E-mail). Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) пристатейный библиографический список литературы, который должен быть оформлен: 1) на русском языке, 2) русскоязычный список в романском алфавите (латинице), 3) на английском языке;

д) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов), место работы и должность на английском языке.

8. Плата с аспирантов дневной формы обучения, выступающих единым автором работы, за публикацию статьи не взимается.

9. С целью ускорения публикаций статей переписку, связанную с исправлениями материалов, желательно осуществлять по электронной почте: E-mail: ttp@ivgpu.com.

* * *

Редакция обращает внимание авторов на необходимость соблюдения изложенных правил, что ускоряет прохождение статьи в производстве, сокращает время ее напечатания и способствует уменьшению ошибок и опечаток.

Статьи, отклоненные от публикации, не возвращаются.

Авторский гонорар не выплачивается.

РЕДАКЦИЯ