

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 2 (368)  
2017**

*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:** *Р.М. АЛОЯН (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.).*  
**Первый заместитель главного редактора:** *С.В. ФЕДОСОВ (академик РААСН, д.т.н., проф.).*

**Заместители главного редактора:**

*Б.Н. ГУСЕВ (д.т.н., проф.), А.Г. МАКАРОВ (д.т.н., проф.),  
А.Б. ПЕТРУХИН (д.э.н., проф.), К.Э. РАЗУМЕЕВ (д.т.н., проф.).*

**Члены редколлегии:**

*Н.М. АШНИН (д.т.н., проф.), М.Г. БАЛЫХИН (к.э.н., проф.), В.Н. БЛИНИЧЕВ (д.т.н., проф.),  
В.Ф. ГЛАЗУНОВ (д.т.н., проф.), Н.Н. ЕЛИН (д.т.н., проф.), В.А. ЗАВАРУЕВ (д.т.н., проф.),  
Е.Н. КАЛИНИН (д.т.н., проф.), О.В. КАЩЕЕВ (д.п.с.н., проф.), А.М. 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.),  
Н.А. КУЛИДА (д.т.н., проф.), В.Е. МИЗОНОВ (д.т.н., проф.), Е.Н. НИКИФОРОВА (д.т.н., проф.),  
С.Д. НИКОЛАЕВ (д.т.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.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.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.), В.Л. МАХОВЕР (д.т.н., проф.),  
Ю.В. ПАВЛОВ (д.т.н., проф.), А.П. СОРКИН (д.т.н., проф.),  
А.А. ТИТУНИН (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](mailto:ttp@ivgpi.com)  
<http://ttp.ivgpi.com>*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 03.04.2017.  
Подписано в печать 28.04.2017. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 40,92;  
Усл. кр.-отт. 41,17. Заказ 1272.

Тираж 400 экз.

---

"Известия вузов. Технология текстильной промышленности"  
Издание Ивановского государственного политехнического университета  
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.  
E-mail: [ttp@ivgpi.com](mailto: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](mailto:pressto@mail.ru)

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2017

Ministry of Education and Science  
of Russian Federation

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE  
INDUSTRY  
TECHNOLOGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 2 (368)  
2017**

*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 Polytechnic University

**EDITORIAL BOARD**

**Chief editor:** R.M. ALOYAN (*corr. memb. RAACS, d.en.s., prof.*).  
**First deputy of chief editor:** S.V. FEDOSOV (*acad. RAACS, d.en.s., prof.*).

**Deputy editors:**

B.N. GUSEV (*d.en.s., prof.*), A.G. MAKAROV (*d.en.s., prof.*),  
A.B. PETRUKHIN (*d.ec.s., prof.*), K.E. RAZUMEEV (*d.en.s., prof.*).

**Editorial board members:**

N.M. ASHNIN (*d.en.s., prof.*), M.G. BALKHIN (*c.ec.s., prof.*), V.N. BLINICHEV (*d.en.s., prof.*),  
V.F. GLASUNOV (*d.en.s., prof.*), N.N. ELIN (*d.en.s., prof.*), V.A. ZAVARUEV (*d.en.s., prof.*),  
E.N. KALININ (*d.en.s., prof.*), O.V. KASHCHEEV (*d.ps.s., prof.*), A.M. KISELEV (*d.en.s., prof.*),  
A.R. KORABELNIKOV (*d.en.s., prof.*), N.L. KORNILOVA (*d.en.s., prof.*), ZH.YU. KOYTOVA (*d.en.s., prof.*),  
N.A. KULIDA (*d.en.s., prof.*), V.E. MIZONOV (*d.en.s., prof.*), E.N. NIKIFOROVA (*d.en.s., prof.*),  
S.D. NIKOLAEV (*d.en.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. RUDOVSKII (*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.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. BELGORODSKII (*d.soc.s., prof.*), A.V. DEMIDOV (*d.en.s., prof.*),  
K.I. KOBRAKOV (*d.en.s., prof.*), V.L. MAKHOVER (*d.en.s., prof.*),  
YU.V. PAVLOV (*d.en.s., prof.*), A.P. SORKIN (*d.en.s., prof.*),  
A.A. TITUNIN (*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 03.04.2017.  
Signed for printing on 28.04.2017. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 40.92 conventional sheets.  
41.17 conventional. Order 1272.

Circulation of 400.

---

"Proceedings of institutions of higher education. Textile Industry Technology"

Published by Ivanovo State Polytechnic University  
153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.  
E-mail: ttp@ivgpu.com

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

УДК 316.334.2

**ИНВЕСТИЦИИ В ТЕКСТИЛЬНУЮ ОТРАСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

**INVESTMENT IN THE TEXTILE INDUSTRY: PROBLEMS AND SOLUTIONS**

*Б.Б. ПОДГОРНЫЙ*  
*B.B. PODGORNY*

(Юго-Западный государственный университет)  
(Southwest State University)  
E-mail: b.podgorny46@gmail.com

*В статье рассматривается значение инструментов фондового рынка для организации инвестиционного процесса, выполнен анализ по использованию инструментов фондового рынка для привлечения инвестиций предприятиями текстильной отрасли, в том числе предприятиями Ивановской области.*

*The article discusses the importance of stock market instruments for the organization of the investment process. The analysis of the use of stock market instruments for investment of the textile industry, including enterprises of the Ivanovo region.*

**Ключевые слова:** инвестиции, фондовый рынок, акции, кредиты, уставной капитал.

**Keywords:** investment, stock market, shares, loans, the share capital.

"Мир до сих пор оставался бы без железных дорог, если бы приходилось дожидаться, пока накопление не доведет некоторые отдельные капиталы до таких размеров, что они могли бы справиться с постройкой железной дороги. Напротив, централизация посредством акционерных обществ осуществила это в один миг" [7].

Инвестиции играют существенную роль в функционировании и развитии экономики, оказывая воздействие на объем общественного производства и занятости, развитие отраслей и сфер хозяйства. Обеспечивая

накопление фондов предприятий и производственного потенциала, инвестиции непосредственно влияют на текущие и перспективные результаты хозяйственной деятельности. Есть несколько способов прив-

лечения инвестиций, в том числе – дополнительные взносы или займы учредителей, кредиты отечественных и зарубежных банков, лизинг, приглашение стратегических инвесторов с передачей им контрольного пакета, использование механизмов и инструментов фондового рынка.

Вопрос о необходимости инвестиций не обошел стороной и текстильную отрасль, что также подтверждают неоднократные публикации ученых и практиков, в том числе и в настоящем издании. Так, из более чем 50 статей раздела "Экономика и организация производства" за 2014 год не менее трети тем или иным образом затрагивают проблемы инвестиционной составляющей текстильной отрасли. Авторами проанализировано использование фондов прямых инвестиций для развития финансирования текстильных предприятий [4], формирование инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера [5], перспективы развития текстильной промышленности [3], необходимость стратегического партнерства банков и предприятий, необходимость развития инновационного производства [2]. Что же касается использования инструментов фондового рынка для привлечения инвестиций в текстильную отрасль – этот вопрос исследователями пока рассматривался недостаточно.

Акцентируя внимание на словах, вынесенных в эпиграф статьи, считаем необходимым подчеркнуть, что выход предприятий на организованный фондовый рынок решает важные экономические и социальные задачи.

Во-первых, с экономической точки зрения использование инструментов фондового рынка позволяет привлекать сбережения населения в качестве инвестиций в конкретные отрасли и предприятия, "связывать" денежную массу и увеличивать ее без инфляционных процессов, выявлять лидеров отраслей, и, наконец, строить бизнес по принципу, который присущ акционерным

обществам так называемой "англо-саксонской традиции" – приоритет интересов акционеров перед интересами менеджмента<sup>1</sup>.

Во-вторых, с социальной точки зрения использование инструментов фондового рынка открывает населению более широкие возможности для инвестирования и приумножения своих накоплений и сбережений; позволяет перераспределять структуру и состав собственников, отделяет собственников от управления. Также, благодаря массовому участию населения в такого рода инвестировании, происходит формирование сообщества частных инвесторов, что, в свою очередь, неизбежно приведет к укреплению и уважению самой категории "собственность", а также к усилению ответственности бизнес-сообщества.

В-третьих, вывод на фондовый рынок достаточной доли акций свободного обращения (free float или public float) позволяет, с учетом точки зрения общественного мнения, определить реальную рыночную капитализацию эмитента, а также дает дополнительные возможности для привлечения средств через долгосрочные долговые ценные бумаги, что принято во всех ведущих экономиках мира. В мировой практике этот показатель также является ключевым при выдаче кредитов, подтверждая прозрачность и открытость и, как следствие, – надежность компании как заемщика.

Сегодня предприятия текстильной промышленности имеются в семи федеральных округах и 66 субъектах Российской Федерации. Всего в отрасли ведут деятельность более 9 тысяч предприятий и более 11 тысяч индивидуальных предпринимателей. Количество крупных и средних предприятий отрасли – 237 [9]. В табл. 1 представлено распределение крупных и средних предприятий текстильной отрасли по федеральным округам Российской Федерации.

---

<sup>1</sup>Здесь будет уместно вспомнить гениального маркетолога Стива Джобса, который, будучи прямым руководителем фирмы «Apple», вынужден был уйти с руководящих позиций, оставаясь при этом совла-

дельцем (акционером) фирмы, так как от его деятельности страдали интересы большинства акционеров.

Т а б л и ц а 1

Федеральный округ	Количество крупных и средних текстильных предприятий
ЦФО	143
СЗФО	20
ЮФО	12
СКФО	3
ПРИВОФО	43
УРФО	6
СИБФО	8
ДВО ФО	2

Анализ эмитентов, чьи акции обращаются на организованном фондовом рынке [10], показал, что среди них нет ни одного предприятия текстильной отрасли. Кроме того, за последние 15 лет не было ни одного публичного размещения акций (ИРО) российских предприятий текстильной промышленности [5]. Целая отрасль легкой промышленности, остро нуждающаяся в инвестициях, не использует доступные инструменты фондового рынка, которые служат альтернативой банковским кредитам и позволяют привлекать значительные средства, в том числе и сбережения населения, в качестве инвестиций. Особая актуаль-

ность этого обусловлена еще и тем, что сегодня зарубежные кредиты, в силу различных санкций, фактически недоступны. Вопреки ошибочному мнению, что у российского населения нет денег для инвестирования, по данным Центрального Банка Российской Федерации вклады населения составляют около 20 триллионов рублей [11], часть из которых, согласно многолетним исследованиям автора статьи, население готово инвестировать в ценные бумаги существующих или образующихся производств и предприятий [6]. Выход предприятий на организованный фондовый рынок дает возможность привлечь часть этих средств в экономику, в том числе и в текстильную промышленность.

В Ивановской области ведут деятельность 40 крупных и средних предприятий текстильной промышленности, что составляет около 16% от их общего количества по стране. Согласно данным администрации Ивановской области ведущими предприятиями текстильной промышленности в области являются 10 компаний (табл. 2) [8].

Т а б л и ц а 2

Наименование компании	Организационно-правовая форма	Уставной капитал, руб.
ХБК "Шуйские ситцы"	ОАО	305 000 000
"Кинешемская ПТФ"	ЗАО	16 600 000
ТК "Красная Талка"	ООО	105 000
"Тейковская текстильная компания"	ООО	100 000
ХБК "Навтекс"	ООО	100 000
"Родники –Текстиль"	ООО	10 000
ПП "Красный Октябрь"	ООО	10 000
"Самойловский Текстиль"	ООО	10 000
"Прогресс"	ООО	10 000
"Орион"	ООО	10 000

Организационно-правовая форма и размер уставных капиталов<sup>2</sup> этих предприятий сегодня не позволяют им не только выйти на фондовый рынок, но вызывает определенные трудности и значительные дополнительные расходы и в случае обычного банковского кредитования. Ведь у половины из них уставной капитал не превышает 10 тысяч рублей, что является очень

низким показателем ответственности этих компаний.

В то же время на 1 июля 2015 года вклады (депозиты) населения, проживающего в Ивановской области, составляют 84,6 млрд. руб. [12], и часть этих средств население могло бы инвестировать в развитие как текстильной отрасли, так и экономики региона в целом. Необходимо также отметить, что Ивановская область – одна из

<sup>2</sup> Рассчитано автором на основании публичных источников.

немногих, где нет ни одной компании, долевые ценные бумаги которой обращаются на организованном фондовом рынке.

## ВЫВОДЫ

1. Предприятиями Ивановской области, в том числе и предприятиями текстильной отрасли, не используются инструменты фондового рынка, которые могли бы дать приток инвестиций для их развития.

2. Для исправления сложившейся ситуации в числе прочего необходимо выполнить следующее:

- стимулировать бизнес к реорганизации (организации) предприятий в форму публичных акционерных обществ с обязательной свободной подпиской на часть акций среди населения с ограничением пакета акций для одного подписчика;

- закрепить показатель доли акций в свободном обращении до 35...50%;

- учитывать при оценке работы глав субъектов Российской Федерации критерии, характеризующие доступность населению долевого участия в бизнесе, ведущем деятельность в регионе, а также динамику роста количества публичных акционерных обществ, чьи акции обращаются на организованном фондовом рынке.

3. Считаю, что использование инструментов фондового рынка повысит эффективность инвестиционного процесса в целом, позволит привлечь сбережения населения в экономику, решая при этом задачу по формированию массового сообщества частных инвесторов, что вполне может стать альтернативой "среднему классу".

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Новикова А.П. Реализация потенциала Ивановской области на рынке текстильной и легкой промышленности за счет формирования инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4. С. 11...16.

2. Гундорова М.А. Инвестиционные процессы в Российской Федерации и предпосылки стимулирования инновационного воспроизводства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4. С. 138...141.

3. Дмитриев Ю.А. Состояние и перспективы развития легкой и текстильной промышленности

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4. С. 17...23.

4. Жаров А.И., Измest'ева Е.А., Кизеев А.В. Развитие форм финансирования текстильных предприятий с использованием фондов прямых инвестиций: региональный аспект // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.5...11.

5. Подгорный Б.Б. Российский фондовый рынок: сообщество инвесторов или игровой клуб? // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Экономика. Социология. Менеджмент – 2014, №4. С.149...160.

6. Подгорный Б.Б. Частные инвесторы фондового рынка о приватизации // Социологические исследования. – 2014, № 1. С.40...46.

7. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии / Под ред. Ф. Энгельса. – Том 1. – М.: Политиздат, 1970. С. 642.

8. Социально-экономическое развитие Ивановской области за 2014 год. Официальный сайт администрации Ивановской области. URL: <http://www.ivanovoobl.ru/materials.aspx?part=676> (дата обращения – 10.06. 2015)

9. Сведения о состоянии текстильной отрасли России. Официальный сайт "Легпромфорум – 2015" URL: [http://www.legpromforum.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=779&Itemid=438&lang=ru](http://www.legpromforum.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=779&Itemid=438&lang=ru) (дата обращения – 10.06. 2015)

10. Данные о инструментах фондового рынка. Официальный сайт ММББ. URL: <http://moex.com/s1163> (дата обращения – 11.06. 2015)

11. Сведения о средствах организаций, банковских депозитах (вкладах) и других привлеченных средствах юридических и физических лиц в рублях, иностранной валюте и драгоценных металлах на 1 июня 2015 года. Официальный сайт ЦБ РФ. URL: <http://www.cbr.ru/statistics/UDStat.aspx?Month=06&Year=2015&TbIID=302-22> (дата обращения – 15.06. 2015)

12. Сведения о размещенных и привлеченных средствах. Официальный сайт ЦБ РФ, региональный раздел. URL: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=sors> (дата обращения – 15.06. 2015)

## REFERENCES

1. Alojan R.M., Petruhin A.B., Novikova A.P. Realizacija potenciala Ivanovskoj oblasti na rynke tekstil'noj i legkoj promyshlennosti za schet formirovanija infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №4. S. 11...16.

2. Gundorova M.A. Investicionnye processy v Rossijskoj Federacii i predposylki stimulirovanija innovacionnogo vosproizvodstva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №4. S. 138...141.

3. Dmitriev Ju.A. Sostojanie i perspektivy razvitija legkoj i tekstil'noj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №4. S.17...23.

4. Zharov A.I., Izmest'eva E.A., Kizeev A.V. Razvitiie form finansirovanija tekstil'nyh predpriyatij s



ispol'zovaniem fondov prjamyh investicij: regional'nyj aspekt // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S.5...11.

5. Podgornyj B.B. Rossijskij fondovyj rynek: soobshhestvo investorov ili igrovoj klub? // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Jekonomika. Sociologija. Menedzhment – 2014, №4. S.149...160.

6. Podgornyj B.B. Chastnye investory fondovogo rynka o privatizacii // Sociologicheskie issledovaniya. – 2014, № 1. S.40...46.

7. Marks K. Kapital. Kritika politicheskoj jekonomii / Pod red. F. Jengel'sa. – Tom 1. – M.: Politizdat, 1970. S. 642.

8. Social'no-jekonomicheskoe razvitie Ivanovskoj oblasti za 2014 god. Oficial'nyj sajt administracii Ivanovskoj oblasti. URL: <http://www.ivano-voobl.ru/materials.aspx?part=676> (data obrashhenija – 10.06. 2015)

9. Svedenija o sostojanii tekstil'noj otrasli Rossii. Oficial'nyj sajt "Legpromforum – 2015" URL:

[http://www.legpromforum.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=779&Itemid=438&lang=ru](http://www.legpromforum.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=779&Itemid=438&lang=ru) (data obrashhenija – 10.06. 2015)

10. Dannye o instrumentah fondovogo rynka. Oficial'nyj sajt MMVB. URL: <http://moex.com/s1163> (data obrashhenija – 11.06. 2015)

11. Svedenija o sredstvah organizacij, bankovskih depozitah (vkladah) i drugih privilechennyh sredstvah juridicheskikh i fizicheskikh lic v rubljah, inostrannoj valjute i dragocennyh metallah na 1 ijunja 2015 goda. Oficial'nyj sajt CB RF. URL: <http://www.cbr.ru/statistics/UDStat.aspx?Month=06&Year=2015&TbIID=302-22> (data obrashhenija – 15.06. 2015)

12. Svedenija o razmeshhennyh i privilechennyh sredstvah. Oficial'nyj sajt CB RF, regional'nyj razdel. URL: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=sors> (data obrashhenija – 15.06. 2015)

Рекомендована кафедрой философии и социологии. Поступила 13.01.16.

УДК 330.322.2

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНВЕСТИЦИОННО-ИННОВАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА В ИВАНОВСКОМ РЕГИОНЕ

### TOPICAL ISSUES OF INVESTMENT-INNOVATION MECHANISM IN THE IVANOV REGION

*Т.Б. МАЛКОВА, А.В. ХАЛЕЗОВ, Е.Н. ВЫПОЛСКОВА, Н.Н. МАСЮК*  
*T.B. MALKOVA, A.V. KHALEZOV, E.N. VYPOLSKOVA, N.N. MASYUK*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (Ивановский филиал),  
Ивановский государственный политехнический университет,  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса)  
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs,  
Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov (Ivanovo branch),  
Ivanovo State Polytechnical University,  
Vladivostok State University of Economics and Service)  
E-mail: [mtb37@yandex.ru](mailto:mtb37@yandex.ru)

*В работе проанализирована инновационно-инвестиционная активность Ивановского региона в сравнении с соседними территориями, выявлены резервы повышения инновационной активности в регионе, возможности мотивации предприятий малого и среднего бизнеса к внедрению инновационных технологий, предложены варианты финансирования инновационных проектов.*

*This paper analyzes the innovation-investment activity of the Ivanovo region in comparison with the neighboring territories, identifies reserves of increase of innovative activity in the region, the possibility of the motivation of small and medium-sized businesses for introduction of innovation technologies, proposes the financing options for innovative projects.*

**Ключевые слова:** инновации, инновационное развитие бизнеса, малый и средний бизнес, консолидация источников финансирования, инновационная экономическая политика, активизация взаимодействия с фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

**Keywords:** innovation, innovative business development, small and medium businesses, the consolidation of sources of funding, innovative economic policy, intensification of cooperation with the fund for assistance to small innovative enterprises in science and technology.

В настоящее время развитые страны выстраивают свою экономику на основе внедрения инновационных технологий в промышленности (и в том числе сфере малого бизнеса), обеспечивающих им не только конкурентоспособность и устойчивое развитие, но и качественный прорыв, направленный на повышение уровня жизни населения.

Последние события в мире привели к частичной изоляции российской экономики от мирового рынка, что еще раз подтверждает необходимость срочного перехода к инновационной экономической политике и, как результат, к независимости страны от мировой конъюнктуры.

В связи с этим актуальным становится вопрос активизации инвестиционно-инновационного механизма в регионах, так как ускорение коммерциализации инновационных проектов по субъектам хозяйствования – жизненно важное явление и особенно для текстильной отрасли в Ивановском регионе. Проблемы этой сферы усугубляются слабой активностью предпринимательства и низким уровнем реализации инвестиционных проектов в инновациях.

Целью данного исследования явилась оценка текущего состояния инвестиционно-инновационной сферы на уровне субъектов на примере Ивановской области; выявление основных проблем, препятствующих ускорению развития инноваций в регионе и поиск путей их преодоления.

На сегодняшний день основной проблемой инновационного развития российской экономики в целом является отсутствие необходимых средств у хозяйствующих субъектов и слабое бюджетное софинансирование наиболее перспективных проектов.

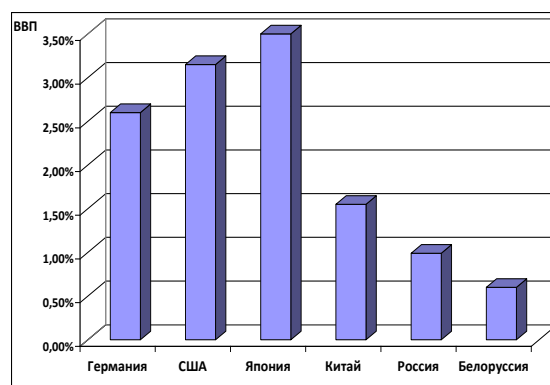


Рис. 1

По данным статистических агентств расходы на НИОКР в России в последние 5 лет колеблются возле отметки в 1% от ВВП, тогда как в Китае они составляют 1,5%, а в развитых странах (таких как США и Япония) этот показатель достигает 3...3,5% от ВВП (рис. 1 – доля суммарных вложений в науку и инновации, в %, от ВВП в различных странах).

Для улучшения этой ситуации недостаточно принимать меры лишь на федеральном уровне. Проблемы подобного рода необходимо решать внутри регионов, то есть начиная с повышения инновационно-

инвестиционной активности субъектов и увеличения объемов инвестиций, в первую очередь, в сферу малого бизнеса. На рис. 2 представлены данные о величине внутренних затрат на научные исследования и разработки в России в фактически действовавших ценах (по данным Росстата) [4].

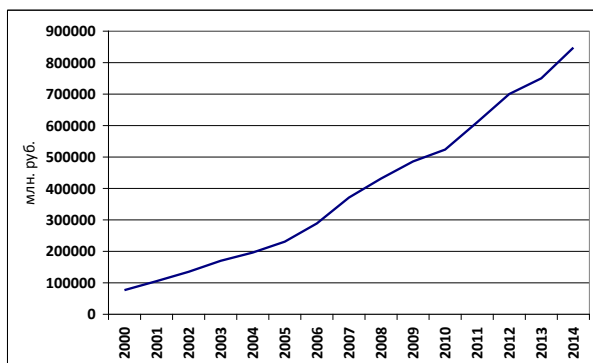


Рис. 2

Экономическая ситуация, связанная с реализацией инновационных проектов, в большинстве регионов России остается сложной. Вызвано это, прежде всего, замедлением темпов роста в экономике, а также снижением конкурентоспособности промышленности и переориентацией бизнеса на торговлю и сферу услуг.

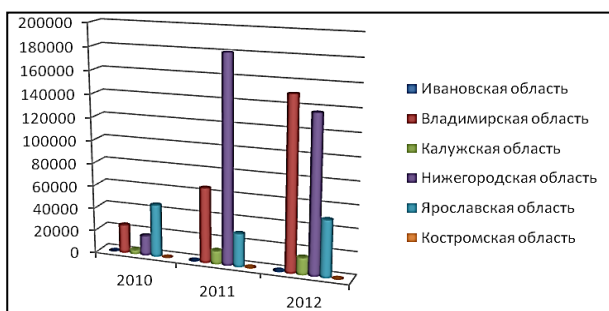


Рис. 3

Результаты проведенного авторами исследования показали, что объем затрат организаций на технологические инновации в последние годы неуклонно растет, и лидируют среди рассматриваемых регионов наиболее развитые Нижегородская и Владимирская области (рис. 3). В этих регионах затраты на технологические инновации в разы превышают идентичные расходы регионов-аутсайдеров.

Основными препятствиями в развитии инновационной сферы в регионах являются:

- высокий инвестиционный риск;
- слабое развитие инвестиционно-инновационной инфраструктуры, выраженное в отсутствии на уровне субъектов системы венчурных фондов;
- разрушение промышленных кластеров, зародившихся еще в СССР, и низком уровне профессионализма менеджмента, а также его неготовности к работе в новых условиях создавшегося кластера;
- слабом развитии системы правового регулирования в сфере защиты интеллектуальной собственности и прав;
- низкая востребованность инноваций в малом бизнесе, связанная с его ориентацией на услуги;
- отток квалифицированных кадров в более развитые регионы, а зачастую и за рубеж – из-за невостребованности на рынке труда;
- отсутствие системы послаблений в налоговой сфере для стартапов, реализующих инновационные проекты, и др.

На рис. 4 представлены данные о величине затрат на обучение персонала, работающего с инновациями. Из данных, представленных на рис. 4, следует, что наибольшими темпами затраты на обучение персонала, занятого в инновациях, растут в Нижегородской и Ярославской областях.

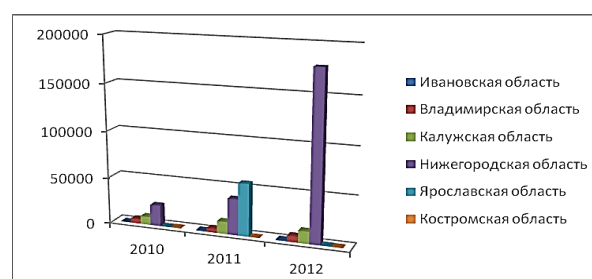


Рис. 4

Значительную часть расходов на финансирование НИОКР несет государство: доля расходов Федерального бюджета во внутренних затратах на исследования и разработки составляла 80% в 2010-2012 гг., и 88% – в 2013 г.

По данным Федеральной службы государственной статистики на финансирование гражданской науки из средств бюджета

в 2014 году было выделено 437273,3 млн. руб., в том числе [5]:

- на фундаментальные исследования	121599,5 млн. руб.;
- на прикладные научные исследования	315673,8 млн. руб.;
- в процентах к расходам федерального бюджета	2,95%;
- к валовому внутреннему продукту	0,61%.

При этом проведенный анализ свидетельствует о том, что за последние годы наметилась тенденция снижения количества организаций, занимающихся научными исследованиями и разработками (рис. 5 – число российских организаций, выполнявших научные исследования и разработки). Это связано с отсутствием долгосрочного стратегического планирования во многих организациях, нехваткой ресурсов на текущую деятельность, ростом затрат, дороговизной заемных средств, привлекаемых на длительный срок.

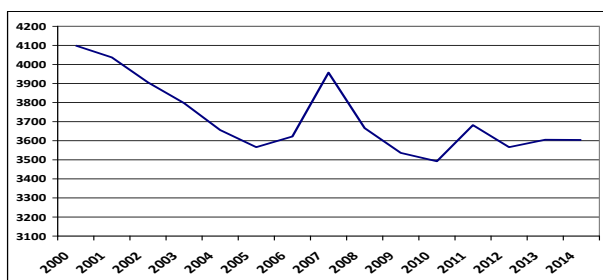


Рис. 5

Для запуска инвестиционно-инновационного механизма в регионах необходимы следующие меры:

- кластеризация экономики с участием государства, которая позволит предприятиям осуществлять новые, наиболее эффективные инновационные разработки технологических средств, методов управления в организациях за счет консолидации различных ресурсов;
- совершенствование образовательной системы, открытие обучающих площадок на предприятиях, организация постоянно действующих курсов повышения квалификации со стажировками;
- усиление взаимодействия между образовательными учреждениями, научными

организациями, бизнесом и органами государственной власти, что позволит осуществлять разработку новшеств под конкретные требования и существенно упростит будущую коммерциализацию их результатов;

- создание экономических и социальных условий, мотивирующих научные кадры на работу в регионах РФ;

- создание региональных венчурных фондов или некоммерческих организаций с консалтинговыми услугами, способствующих появлению и реализации качественно новых бизнес-проектов, основанных на инновационных методах работы, производстве инновационных товаров и услуг;

- создание условий для взаимодействия наиболее перспективных предприятий региона с отечественными и иностранными научными организациями, что позволит привлечь зарубежные инновации для технологического прорыва российских предприятий;

- развитие государственно-частного партнерства в сфере общегосударственных интересов таких, как: энергосбережение, космическая отрасль и авиастроение, биотехнологии, медицина, металлургия, машиностроение, текстильная отрасль, АПК и др.

Основными составляющими организационного механизма привлечения средств для инноваций в бизнес являются: инновационное инвестирование, венчурные фонды, банковское коммерческое и бюджетное кредитование, страхование, аренда и лизинг, самофинансирование и софинансирование.

Рассматривая в качестве примера Ивановскую область, отметим, что снижение инновационной активности объясняется не

только замедлением темпов экономического роста региона, общим неудовлетворительным экономическим состоянием бизнес-структур различных отраслей, но и низкой инвестиционной активностью как региона в целом, так и отдельных хозяйствующих субъектов. При этом и результаты всероссийских рейтингов по внедрению инноваций и инвестиционных проектов показывают, что Ивановский регион за последние три года вошел в число замыкающих этот список.

При этом в функции инновационно-технологических центров может быть включено создание региональных фондов для финансирования прикладных разработок, сертификация материалов и продукции,

экспертиза инновационных продуктов и IT-технологий, обучение и переподготовка персонала, особенно экономистов и управленцев.

Графическая структура организационно-финансового механизма стимулирования инновационной деятельности Ивановского региона представлена с помощью табл. 1. В условиях Ивановской области с ее слабо развитым инновационным потенциалом главным ресурсом инвестирования в целях ускорения модернизации производства региональных отраслей на основе внедрения новых технологий будет являться фонд по содействию инновационным техническим проектам.

Т а б л и ц а 1

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ БЛОК	ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ БЛОК
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Федеральные и региональные инновационные программы.</li> <li>2. Создание технологических центров, технопарков.</li> <li>3. Организационные меры по мотивации спроса на инновации (ускоренная амортизация и т.д.).</li> <li>4. Развитие и внедрение государственно-частного партнерства для инновационного бизнеса.</li> <li>5. Поддержка негосударственных инновационных предприятий за счет федерального и регионального фонда.</li> <li>6. Укрепление взаимосвязей между вузами и научными предприятиями.</li> <li>7. Внедрение межотраслевой и межрегиональной, межгосударственной инновационной кооперации.</li> <li>8. Мониторинг и оценка реализации региональных инновационных проектов.</li> <li>9. Организация патентования и защиты прав интеллектуальной собственности.</li> <li>10. Информационное обеспечение инновационной деятельности в регионе.</li> <li>11. Организация процессов государственной поддержки инновационных проектов предприятий малого бизнеса.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование финансовых инструментов:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- государственные гарантии, субсидии,</li> <li>- амортизационные отчисления, кредиты и привлеченные частные средства,</li> <li>- инновационный лизинг,</li> <li>- акционерный капитал,</li> <li>- бюджетные средства.</li> </ul> </li> <li>2. Методы финансирования:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- кредитование;</li> <li>- лизинговые операции;</li> <li>- самофинансирование;</li> <li>- спонсорское финансирование;</li> <li>- акционерное финансирование;</li> <li>- страхование финансовых рисков;</li> <li>- региональные бюджеты на НИОКР;</li> <li>- привлечение иностранных инвестиций;</li> <li>- использование дивидендов и процентов с доходов от продажи ценных бумаг.</li> </ul> </li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БЛОК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Действующие нормативно-правовые акты РФ по инновационной деятельности.</li> <li>2. Закон Ивановской области от 11.03.2010 № 22-ОЗ "О Стратегии социально-экономического развития Ивановской области до 2020 г." .</li> <li>3. Закон Ивановской области от 14.07.2010 № 84-ОЗ "О государственно-частном партнерстве в Ивановской области".</li> <li>4. Закон Ивановской области от 14.02.2013 № 3-ОЗ "Об индустриальных парках в Ивановской области".</li> <li>5. Постановление Правительства Ивановской области от 13.11.2013 № 459-п "Об утверждении государственной программы Ивановской области "Экономическое развитие и инновационная экономика Ивановской области".</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>БЛОК УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Федеральные и региональные фонды развития инновационной деятельности.</li> <li>2. Венчурный фонд.</li> <li>3. Российский фонд фундаментальных исследований.</li> <li>4. Российский фонд технологического развития.</li> <li>5. Министерство науки и образования РФ.</li> <li>6. Бизнес-центры для малых инновационных предприятий.</li> </ol>

## ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования позволяют утверждать, что в целях управления технологической инновационной деятельностью и ее совершенствования в Ивановском регионе необходимо приведение в соответствие развития инновационных разработок растущему спросу со стороны предпринимательских структур на современные технологии и материалы, инновационные продукты отраслей экономики региона.

При этом для обеспечения ускорения развития инновационной деятельности в приоритетных направлениях в Ивановском регионе управление организационно-финансовым механизмом и мотивацией инновационной деятельности должно базироваться на предложенных организационно-правовом, финансово-экономическом, нормативно-правовом и регулирующем блоках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Доничев О.А.* Регулирование процессов формирования и управления инновациями в регионе. – Владимир: Собор. – 2010.
2. *Захаров П.Н., Названова К.В.* Корректировка методики комплексной оценки развития региональных хозяйственных систем в условиях формирования экономики инновационного типа // Региональная экономика: теория и практика. – 2014, №33. С.35...47.

3. *Названова К.В.* Инвестиционная деятельность и инновационное развитие: основные проблемы и ограничения (на примере Владимирской области) // Экономический анализ: теория и практика. – 2015, №6 (405). С.56...66.

4. Ежегодный мониторинг средств, выделенных из Федерального бюджета на финансирование НИОКР. – Аналитический отчет. - декабрь 2014. - Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/attachment/4879.pdf> (дата обращения 05.02.2016).

5. Официальный сайт Федеральной службы статистики России - <http://www.gks.ru/>.

## REFERENCES

1. *Donichev O.A.* Regulirovanie processov formirovaniya i upravleniya innovacijami v regione. – Vladimir: Sobor. – 2010.

2. *Zaharov P.N., Nazvanova K.V.* Korrektirovka metodiki kompleksnoj ocenki razvitiya regional'nyh hozjajstvennyh sistem v uslovijah formirovaniya jekonomiki innovacionnogo tipa // Regional'naja jekonomika: teorija i praktika. – 2014, №33. S.35...47.

3. *Nazvanova K.V.* Investicionnaja dejatel'nost' i innovacionnoe razvitie: osnovnye problemy i ogranichenija (na primere Vladimirskoj oblasti) // Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika. – 2015, №6 (405). S.56...66.

4. *Ezhegodnyj monitoring sredstv, vydelennyh iz Federal'nogo bjudzheta na finansirovanie NIOKR.* – Analiticheskij otchet. - dekabr' 2014. - Rezhim dostupa: <http://ac.gov.ru/files/attachment/4879.pdf> (data obrashhenija 05.02.2016).

5. *Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby statistiki Ros-sii* - <http://www.gks.ru/>.

Рекомендована кафедрой менеджмента ИФ РЭУ им. Г.В. Плеханова. Поступила 23.12.16.

УДК 330.332.011:332.14

## СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОБОСНОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО АСПЕКТА

## STRATEGY OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY IN INDUSTRY AND CONSTRUCTION: THE RATIONALE OF THE REGIONAL DIMENSION

*Х.М. ГУМБА, В.А. ВЛАСЕНКО*  
*H.M. GUMBA, V.A. VLASENKO*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: [gumba\\_hm@mail.ru](mailto:gumba_hm@mail.ru), [vlslava@mail.ru](mailto:vlslava@mail.ru)

*С целью активизации инновационной деятельности в реальных секторах экономики, в частности, на предприятиях текстильной промышленности,*

*авторами предложены методологические основы формирования перспективной инновационной политики, обоснован региональный аспект инновационного развития, даны предложения по формированию региональных "точек инновационного роста".*

*In order to enhance innovation in the real sectors of the economy by the authors proposed methodological bases of formation of a promising innovation policy justified a regional aspect of innovation development, present a proposal for the formation of regional "innovation growth points".*

**Ключевые слова:** инновационная деятельность, стратегия, региональное зонирование, предприятие.

**Keywords:** innovative activity, strategy, regional zoning, the company.

Активизация процесса изменений во всех сферах системы управления страной и регионами наряду с неустойчивостью экономической динамики обусловлена необходимостью трансформации процесса развития на инновационной основе в направлении роста его устойчивости и эффективности [1]. Инновационный процесс характеризуется достаточной длительностью, что приводит к необходимости применения расширения временного интервала планирования и соответственно разработки стратегии управления.

Зачастую результаты изменения внешней среды приводят к реорганизации и реструктуризации предприятий, поиску новых сетевых взаимодействий, которые оказываются более или менее эффективными, нежели существующие. Эффективность организационных преобразований в деятельности предприятия находится в корреляционной зависимости от условий внешней среды, от колебаний экономических циклов деловой активности, от реализованных и спонтанных организационно-экономических изменений [7], от системы менеджмента предприятия [2], [4].

Соответственно возникает необходимость разработки концептуальных и методических основ стратегии и перспективной инновационной политики предприятий с учетом изменений, а также планирования соответствующих уже принятым мерам преобразований для обеспечения их системности и успешности, что целесообразно

сделать в рамках программно-целевого подхода.

Обобщая результаты исследования существующих научных мнений по данной проблематике [3] и др., можно утверждать, что инновационная стратегия – это концепция взаимодействий предприятия с внешней средой, основанная на методологии, опережающей реализации технологических, организационных, экономических изменений (представляющих портфель инновационных проектов, реализующих инновационный процесс) с целью адаптации внутренней среды и формирования рыночных трендов развития в виде устойчивых конкурентных преимуществ.

Следует отметить явно наблюдающуюся фрактальность при формировании инновационно-стратегического развития по иерархии "уровень страны – уровень региона – региональный строительный комплекс – системообразующее предприятие регионального строительного комплекса – строительное предприятие" [6].

Из изложенного выше, возникает объективная необходимость в обосновании новой концепции формирования перспективной инновационной политики и разработке стратегии строительной организации, позволяющей существенно улучшить ее инвестиционно-строительную деятельность за счет стимулирования инновационных процессов, внедрения современных методов стратегического управления региональным зонированием и создания "точек инноваци-

онного роста", учитывающих институциональный, экономический, организационный, информационно-аналитический и региональный аспекты управления.

Из сложной и многоаспектной поставленной проблемы следует необходимость решения целого ряда взаимосвязанных, но достаточно разноплановых задач с точки зрения как их иерархии (макро-, мезо- и микроуровня), так и направленности (институциональный, организационный, экономический, региональный аспект), а также

применяемой методологии (эконометрические методы, методы теории графов, методология территориального зонирования и т.д.). В общем виде принципиальная схема разработки методологии формирования перспективной инновационной политики в строительстве на основе внедрения современных методов стратегического управления инновационной деятельностью представлена на рис. 1.



Рис. 1



При разработке инновационной стратегии, особенно на уровне регионального строительного комплекса, считаем важным учесть региональную специфику центра распространения инноваций в соответствии с "эффектом соседства" Т. Хагерстранда. Важнейшим этапом при разработке методологии формирования перспективной инновационной политики является определение условий эффективного управления инновационной деятельностью строительной организации на основе формирования региональных "точек инновационного роста" в строительном комплексе.

Следовательно, при формировании перспективной инновационной политики и

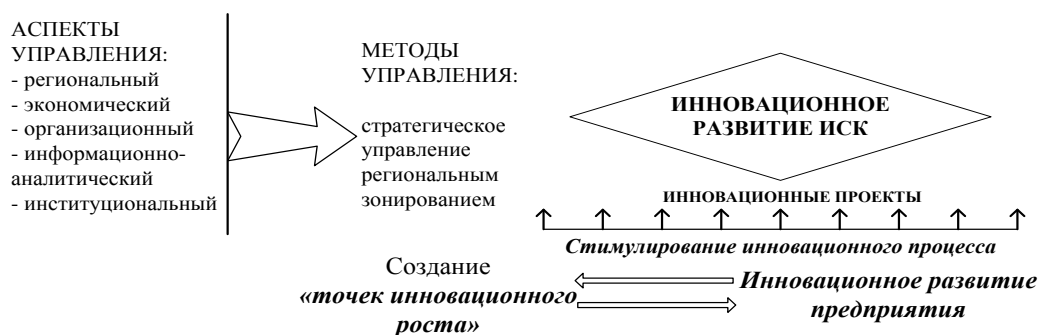


Рис. 2

Разрабатывая механизм формирования "точек инновационного роста", необходимо учитывать не только территориальный аспект "эффекта соседства", способствующий диффузии инноваций относительно модели "центр-периферия" (представляющий, по нашему мнению, горизонтальную проекцию диффузии нововведений), но и возможность межотраслевой диффузии нововведений (которую можно представить как вертикальную проекцию процесса диффузии), чему может способствовать кластерный принцип организации производительных сил в регионе. На практике такой принцип можно реализовать путем создания индустриальных парков с кластерным размещением предприятий различной отраслевой принадлежности. В качестве "точек инновационного роста" могут определяться также особые экономические зоны региона.

Так, создание кластера промышленности строительных материалов в рамках ин-

дустриального парка или ОЭЗ может обеспечить диффузию новшества, разработанного, к примеру, в химическом производстве, в строительное производство. Принципиальная схема влияния "точек инновационного роста" на диффузию инноваций представлена на рис. 3.

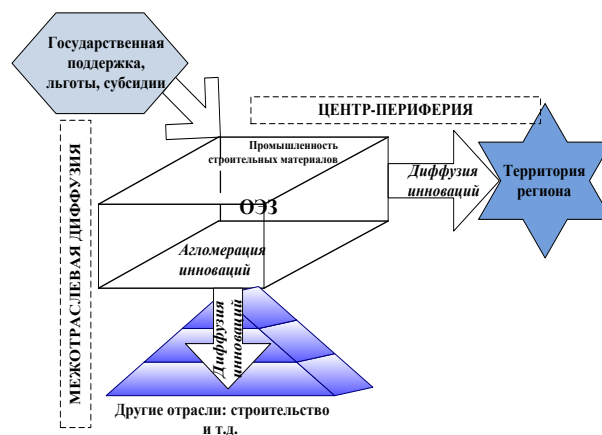


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

Механизм управления региональным строительным комплексом и его инновационным развитием должен формироваться в соответствии с региональной политикой зонирования и функционирования институтов инновационного развития: именно строительство должно дать толчок инновационному развитию, объединяя предприятия различных отраслей при функционировании технопарков и особых экономических зон, развитии инфраструктуры города и региона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетова Л.В., Уварова С.С., Беляева С.В. Обоснование условий устойчивого развития инвестиционно-строительного комплекса // Экономика строительства. – 2014, №2. С.69...77.
2. Лукманова И.Г., Нежникова Е.В. Развитие и совершенствование интегрированной системы менеджмента // Вестник МГСУ. – 2014, № 6. С.158...164.
3. Иванова М.А., Мишланова М.Ю. Отношение к инновациям в традиционной и современной культурах // Евразийское Научное Объединение. – 2015. Т. 1, № 9 (9). С. 35...37.
4. Нежникова Е.В. Проблемы создания и функционирования систем менеджмента качества // Фундаментальные исследования. – 2013, № 6-4. С.958...962.
5. Сергеева С.И. Построение компьютерной модели социально-демографической динамики региона // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. Т. 6, № 12. С.135...138.
6. Уварова С.С., Беляева С.В. Принцип фрактальности в управлении и государственном регулировании инвестиционно-строительного комплекса // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия: Экономика и предпринимательство. – 2013, №11. С.135...142.

7. Kankhva V.S., Uvarova S.S., Belyaeva S.V. Development of the Scientific and Methodological Assessment Tools of Sustainability of the Investment and Construction Complex in Russia and its Structural Elements in Terms of Organizational and Economic Changes // Original Research Article Procedia Engineering. – V.165, 2016. P. 1046...1051.

## REFERENCES

1. Kochetova L.V., Uvarova S.S., Beljaeva S.V. Obosnovanie uslovij ustojchivogo razvitija investicionno-stroitel'nogo kompleksa // Jekonomika stroitel'stva. – 2014, №2. S.69...77.
2. Lukmanova I.G., Nezhnikova E.V. Razvitie i sovershenstvovanie integrirovannoj sistemy menedzhmenta // Vestnik MGSU. – 2014, № 6. S.158...164.
3. Ivanova M.A., Mishlanova M.Ju. Otnoshenie k innovacijam v tradicionnoj i sovremennoj kul'turah // Evrazijskoe Nauchnoe Ob"edinenie. – 2015. T. 1, №9(9). S. 35...37.
4. Nezhnikova E.V. Problemy sozdaniya i funkcionirovaniya sistem menedzhmenta kachestva // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013, № 6-4. S.958...962.
5. Sergeeva S.I. Postroenie komp'yuternoj modeli social'no-demograficheskoy dinamiki regiona // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2010. T. 6, № 12. S.135...138.
6. Uvarova S.S., Beljaeva S.V. Princip fraktal'nosti v upravlenii i gosudarstvennom regulirovanii investicionno-stroitel'nogo kompleksa // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU. Serija: Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2013, №11. S.135...142.
7. Kankhva V.S., Uvarova S.S., Belyaeva S.V. Development of the Scientific and Methodological Assessment Tools of Sustainability of the Investment and Construction Complex in Russia and its Structural Elements in Terms of Organizational and Economic Changes // Original Research Article Procedia Engineering. – V.165, 2016. P. 1046...1051.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

## ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ КАК ФАКТОР РОСТА ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### HUMAN CAPITAL AS A FACTOR OF ECONOMIC GROWTH OF THE COUNTRY AND TECHNOLOGICAL RENEWAL OF PRODUCTION

О.А. БУРОВА

O.A. BUROVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: OA\_Burova\_akadem@mail.ru

*Человеческий капитал рассматривается в качестве одной из важнейших составляющих преобразований в экономике страны, направленных на осуществление институциональных реформ, технологического обновления производства. Представлены драйверы развития человеческого капитала в условиях рыночной экономики. Показаны направления дальнейшего роста экономики страны, их особенности. Определены условия эффективного использования человеческого капитала, его основные составляющие.*

*Human capital is considered as one of the most important components of changes in the economy, to implement the institutional reforms, technological renovation of production. Presents the drivers of human capital development in a market economy. Showing destinations for further growth of the national economy, their features. The conditions for the effective use of human capital and its main components.*

**Ключевые слова:** человеческий капитал, инвестиции в человека, инновационное развитие, технологическое обновление производства, трудовой процесс, экономика, конкуренция фирмы.

**Keywords:** human capital, investment in people, innovation development, technological renewal of production, the labor process, the economy, the firm competition.

Возможности роста экономики, ее конкурентного преимущества в современных условиях напрямую связаны с накопленным и задействованным человеческим капиталом.

Наращивание инвестиций в своих граждан способствует возможности выхода в короткий срок страны на передовые позиции мировой экономики и достижения значительных экономических и социальных успехов, даже при ограниченных запасах ресурсов [1], [2].

Высокий уровень и качество накопленного человеческого капитала необходимы

для ускоренного осуществления институциональных реформ, рыночных преобразований экономики, технологического обновления производства. Он обеспечивает выход страны на стабильный рост душевого ВВП и повышение уровня и качества жизни населения. Основным результатом инвестиций в человека, так считал Т. Шульц, получивший за создание основ теории человеческого капитала Нобелевскую премию в 1979 г., является накопление способностей людей к труду, их эффективная созидательная деятельность в обществе. Он полагал, что человеческий капитал обла-

дает необходимыми признаками производительного характера, способностью накапливаться и воспроизводиться. Другой ученый – профессор экономики и социологии Чикагского университета Г. Беккер – считал, что специальная подготовка работника формирует конкурентные преимущества фирмы, характерные и значимые особенности ее продукции и поведение на рынке.

Основными драйверами развития человеческого капитала являются: конкуренция, инвестиции и инновации. Мировой опыт показывает, что развитие и рост экономики осуществляются при одновременном использовании усилий и ресурсов государства и частного бизнеса, а также привлекаемых в страну иностранных инвестиций [3].

В настоящее время для дальнейшего роста экономики России можно выделить четыре направления: институциональные, макроэкономические, финансовые и социальные [7].

Институциональные связаны с достижением целостности институционально-правовых основ функционирования экономики на рыночных принципах; формирование товарных и финансовых рынков, а также всех элементов рыночной инфраструктуры (банковского и ипотечного кредитования, страхования и перестрахования, консалтинга, аудита и др.).

Макроэкономические выражаются в таргетировании инфляции, повышении коэффициента монетизации ВВП, снижении налогового бремени, стабильных темпах экономического роста, высокой положительной динамике инвестиционной активности всех экономических субъектов, прежде всего государства.

Финансовые определяются накоплением отечественного промышленного и финансового капитала, притоком иностранных инвестиций, аккумуляции государством значительных доходов в резервных фондах.

Социальные связаны с повышением качества человеческого капитала, формированием рыночной ментальности населения

и предпринимательской активности молодежи, с решением демографической проблемы и др.

Остановимся более подробно на роли человеческого капитала в социальном аспекте предпосылок роста экономики страны.

Сегодня в условиях сырьевой направленности экономики страны человеческий капитал выступает основной движущей силой роста экономики.

Под человеческим капиталом в экономике понимается запас знаний, навыков, умений, здоровья, образования и уровня культуры, которые используются индивидом для улучшения качества жизни.

Человеческое развитие проходит свой путь как бы по спирали: с рождения человеку прививаются семейные ценности предыдущих поколений, он получает начальное, базовое и среднее образование и, таким образом, на этой стадии формируется первоначальный человеческий потенциал. В соответствии с первоначальным человеческим потенциалом человек получает профессиональное образование и семейные связи, сформировав первоначальный человеческий капитал. Затем в соответствии с достигнутым первоначальным человеческим капиталом человек стремится устроить для себя максимально достойное качество жизни. И далее, по спирали – стремление улучшить качество жизни подстегивает человека к увеличению человеческого потенциала, который со временем приведет к развитию человеческого капитала, он, в свою очередь, и представляет дополнительные возможности для улучшения социальных и экономических возможностей общества [4], [5].

Таким образом, любая экономическая стратегия правительства в конечном итоге должна быть направлена на расширение возможностей человека в его стремлении реализовать свой профессиональный, интеллектуальный, творческий и духовный потенциал. В Конституции РФ сказано: "Российская Федерация – социальное государство, политика которого направлена на

создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека".

Важным условием эффективного использования человеческого капитала является работа в соответствии с полученным образованием и соответствие профессионально-квалификационной подготовки характеру и содержанию выполняемой работы. В настоящее время в стране позитивная тенденция уменьшения дисбаланса между спросом и предложением рабочей силы наблюдается лишь в количественном отношении. В качественном аспекте структура спроса на рабочую силу существенно не изменяется. Рынок труда по-прежнему демонстрирует спрос на рабочие профессии, и такая ситуация остается устойчивой в течение ряда лет.

Инновационное развитие предполагает существенные качественные изменения в характере и содержании труда и отношении к труду, результатах и эффективности труда. Все это должно приводить к своевременному соответствующему изменению степени дифференциации оплаты труда. Более сложный по квалификации труд достоин большего вознаграждения. При этом под большей стоимостью труда можно понимать в конкретных ситуационных условиях трудный процесс обучения и его стоимость, большее доверие, оказываемое людям, которые этим трудом занимаются и т.д.

Нынешнее направление инновационных преобразований, модернизации экономики – замена устаревшего оборудования и оргтехники, внедрение передовых технологий – предполагает существенные изменения в содержании трудового процесса для большей части персонала предприятий и организаций и, следовательно, заметные изменения в качественных и количественных параметрах рабочей силы, которая в свою очередь зависит от развития человеческого капитала общества.

Перспективные тенденции, связанные с ростом экономики, должны предопределяться развитием инновационных направлений деятельности, возникновением новых профессий, повышением отраслевой и

социально-профессиональной мобильности рабочей силы, ускорением развития малого бизнеса и индивидуального предпринимательства, которые позволят качественно воздействовать на уровень жизни населения и будут способствовать достойной их жизни.

Инвестиции в человека являются безусловным приоритетом в области социальной политики Правительства РФ на долгосрочную перспективу.

Правительством Российской Федерации были поставлены задачи (сентябрь 2005 г.) существенного повышения качества жизни граждан путем реализации приоритетных национальных проектов в таких важнейших областях, как образование, здравоохранение, жилищное строительство [1], [2]. Разработанные в последние годы и реализуемые в нашей стране приоритетные национальные проекты представляют собой новое направление государственной экономической политики в сфере повышения качества жизни населения. Так, внедрение на практике жилищных программ и проектов в конечном итоге направлено на создание условий для улучшения демографической ситуации в стране, реализации эффективной миграционной политики, снижения социальной напряженности в обществе, устойчивого и самостоятельного развития всех муниципальных образований.

Многие исследования последних лет фиксируют роль человеческого капитала как одного из ключевых факторов успешного экономического развития. Однако в настоящее время существуют следующие угрозы развития человеческого капитала: старение нации, увеличение общей заболеваемости населения, снижение численности трудоспособного населения, увеличение численности неблагополучных семей. Так, по прогнозам доля трудоспособного населения в Российской Федерации к 2023 г. снизится с 64 до 53%, соответственно численность экономически активного населения сократится на 11%. В течение ближайших четырех лет ожидается снижение экономически активного населения на 1 млн. человек [6].

## ВЫВОДЫ

1. Формирование человеческого капитала необходимо рассматривать как двухсторонний процесс взаимодействия человека и общества. Для реализации человеческого капитала в деятельности общества недостаточно индивидуальной мотивации, необходима мотивация самого общества, предъявляющего спрос на имеющиеся у человека знания и умения. Поэтому экономика страны, неспособная осуществлять инвестиции в человеческий капитал, не может рассчитывать на достижение таких темпов роста, которые наблюдаются в экономике других стран, даже если она имеет доступ к той же технологии, поскольку отсутствуют знания для эффективного использования такой технологии.

2. Если общество не будет создавать благоприятных условий для развития человеческого капитала, процесс развития приостановится и сопряженные с ним экономические выгоды будут утрачены.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бюджетное послание Президента Федеральному Собранию Российской Федерации о бюджетной политике в 2015 – 2017 гг.
2. Бобков В. Уменьшение бедности: к разработке Национальной программы // Человек и труд. – 2008, №5.
3. Заракровский Г.М. Качество жизни населения России. Психологические составляющие. – М.: "Смысл", 2009.

4. Корчагин Ю.А. Модернизация экономики России невозможна без изменения парадигмы развития и модернизации человеческого капитала. – М.: Стратегия 2020, 2012.

5. Корчагин Ю.А. Циклы развития человеческого капитала как драйверы инновационных волн. – Воронеж: ЦИРЭ, <http://www.Jerc.ru>.

6. Официальный сайт Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации / Web: <http://www.minzdravsoc.ru/>

7. Нежникова Е.В., Чаруева М.В., Папельнюк О.В. Микроэкономика / Под ред. проф. Лукмановой И.Г. – М.: Изд-во АСВ, 2013.

## REFERENCES

1. Bjudzhetnoe poslanie Prezidenta Federal'nomu Sobraniju Rossijskoj Federacii o bjudzhetnoj politike v 2015 – 2017gg.
2. Bobkov V. Umen'shenie bednosti: k razrabotke Nacional'noj programmy // Chelovek i trud. – 2008, №5.
3. Zarakovskij G.M. Kachestvo zhizni naselenija Rossii. Psihologicheskie sostavljajushhie. – М.: "Smysl", 2009.
4. Korchagin Ju.A. Modernizacija jekonomiki Rossii nevozmozhna bez izmenenija paradigmy razvitija i modernizacii chelovecheskogo kapitala. – М.: Strategija 2020, 2012.
5. Korchagin Ju.A. Cikly razvitija chelovecheskogo kapitala kak drajvery innovacionnyh voln. – Voronezh: CIRJe, <http://www.Jerc.ru>.
6. Oficial'nyj sajt Ministerstva zdravooxranenija i social'nogo razvitija Rossijskoj Federacii / Web: <http://www.minzdravsoc.ru/>
7. Nezhnikova E.V., Charueva M.V., Papelnjuk O.V. Mikroekonomika / Pod red. prof. Lukmanovoj I.G. – М.: Izd-vo ASV, 2013.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 338:012

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## THE STUDY OF PROFITABILITY AS AN INDICATOR OF THE ASSESSMENT THE EFFICIENCY OF ECONOMIC ACTIVITIES OF THE TEXTILE ENTERPRISES

*Н.Р. ВАЙНШТОК*  
*N.R. VAINSHTOK*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: [nvainshtok@mail.ru](mailto:nvainshtok@mail.ru)

*Современные условия хозяйствования требуют от менеджмента текстильных предприятий ответственного подхода к оценке эффективности*

*их деятельности с целью повышения конкурентоспособности в текстильной отрасли. В данной статье рассмотрена рентабельность как показатель оценки эффективности хозяйственной деятельности текстильных предприятий. Выявлены влияющие на этот показатель факторы. Определена система показателей, отражающих уровень рентабельности, и представлены методы ее расчета. Выявлена экономическая взаимосвязь рентабельности активов и рентабельности собственного капитала. Установлены основные направления повышения рентабельности текстильных предприятий.*

*Modern economic conditions require from management of textile companies responsible approach to assess their effectiveness in order to increase competitiveness within the textile industry. This article shows profitability as an indicator of economic efficiency of textile companies, including the factors, which have an impact on this indicator. By this article, we also define a system of indicators reflecting the level of profitability, and show methods for its calculation. We have also defined economic relationship between the return of assets and return of equity. Apart from that, we have indicated main directions of increasing profitability of textile companies.*

**Ключевые слова:** эффективность, рентабельность, прибыль, активы, собственный капитал.

**Keywords:** economic efficiency, profitability, profit, assets, own capital.

Современный российский рынок текстильного производства характеризуется развитием конкурентных отношений между предприятиями. Трансформация административно-командной системы в рыночную расширила и усложнила институциональные и региональные зависимости субъектов текстильного рынка и его инфраструктуры.

Рыночная среда инвестиционно-текстильной сферы сложилась под воздействием как общих экономических закономерностей, характерных для России в целом, так и под влиянием региональных и отраслевых факторов. Развитие конкурентных отношений в этой среде требует планирования и контроля основных показателей эффективности хозяйственной деятельности предприятий.

В экономической литературе понятия "эффект" и "эффективность" различаются следующим образом [7]. Эффект – это результат осуществления мероприятий, направленных на совершенствование производства и хозяйственной деятельности в

целом. Результат, выраженный стоимостными показателями, является экономическим эффектом, характеризующимся приростом национального дохода, увеличением прибыли, снижением себестоимости продукции. Эффективность – это соотношение эффекта и затрат на его достижение. В связи с этим появилась необходимость различать понятия "высокая конкурентоспособность", "потенциальная конкурентоспособность" и "эффективная конкурентоспособность".

Эффективная конкурентоспособность текстильного предприятия определяется ее возможностью обеспечивать получение эффективных заказов и их выполнение с высоким уровнем качества и надежности при интенсивном использовании имеющихся ресурсов с целью устойчивого развития на данном сегменте рынка [5]. В современных условиях хозяйствования многие вполне конкурентоспособные текстильные предприятия оказались низкорентабельными, а зачастую и убыточными. Рынок показал, что обеспечение компании крупным порт-

фелем заказов недостаточно для ее устойчивого финансового состояния и перспективного развития. В целях повышения эффективности заказов, в первую очередь, необходимо проводить глубокий анализ основных показателей рентабельности хозяйственной деятельности предприятия.

Показатели рентабельности активов определяются отношением показателей прибыли к показателям средних за отчетный период активов текстильного предприятия. В качестве показателя прибыли выступают валовая прибыль, прибыль от продаж готовой продукции, прибыль операционная, прибыль до налогообложения, после налогообложения, чистая (нераспределенная) прибыль [1].

Рентабельность активов – основной показатель, с которым сопоставляются индивидуальные показатели текстильного предприятия для обоснования их конкурентоспособности [3]. Рентабельность активов отражает уровень управления запасами, управления основными средствами, управления ликвидностью. Основными факторами, отражающими уровень и динамику рентабельности активов, являются: оборачиваемость активов; уровень рентабельности продукции.

Оборачиваемость активов принципиально отличается по видам продукции в соответствии с особенностями производственного процесса.

Рост оборачиваемости активов обеспечивает увеличение прибыли без увеличения ресурсов строительной организации, несмотря на снижение рентабельности продаж текстильного предприятия. Увеличение активов без качественного улучшения их использования может негативно сказаться на финансовом результате деятельности текстильного предприятия и по экономическому существу является прямой потерей (упущенной выгодой).

Снижение оборачиваемости активов может быть компенсировано за счет повышения рентабельности продаж, то есть снижения затрат на производство текстильной продукции и (или) роста ее себестоимости.

Показатели рентабельности текстильного предприятия отражают финансовые результаты и эффективность его деятельности, поэтому они необходимы при проведении сравнительного анализа и оценки финансового состояния компании. К важным показателям рентабельности текстильного предприятия относятся показатели рентабельности капитала, показатели рентабельности текстильной продукции, показатели, рассчитанные на основе потоков денежных средств.

Первая группа показателей рентабельности текстильного предприятия определяется как отношение прибыли к различным показателям авансированных средств, как более весомыми из которых являются: все активы предприятия; инвестиционный капитал (собственные средства + долгосрочные обязательства); собственный капитал и т.д.

Вторая группа показателей складывается из расчета уровней рентабельности продукции по различным показателям прибыли. Эти показатели отражают прибыльность продукции.

Третья группа показателей рентабельности предприятия рассчитывается аналогично первой и второй группам, но вместо прибыли в расчет принимается чистый приток денежных средств. Эти показатели характеризуют возможности текстильного предприятия расплатиться с кредиторами, заемщиками и акционерами денежными средствами. Теория рентабельности, исчисляемой на основе притока денежных средств, применима в современных рыночных условиях. Основные показатели рентабельности текстильного предприятия и их расчет представлены в табл. 1.

Рентабельность продаж текстильного предприятия отражает, сколько прибыли приходится на 1 руб. выручки от продажи товаров, работ, услуг. Данные показатели формируются по прибыли, отражаемой в отчетности предприятия (табл. 2).

Эти показатели свидетельствуют об эффективности не только хозяйственной деятельности, но и о методике калькулирования себестоимости продукции текстильного предприятия.



Важнейшими показателями рентабельности, как отмечалось, являются экономическая рентабельность (коэффициент гене-

рирования доходов, рентабельность активов) и финансовая рентабельность (чистая рентабельность собственного капитала) [2].

Т а б л и ц а 1

№	Показатели	Формула расчета	Примечания
1	Рентабельность продаж по прибыли от продаж	$c.2200 / c.2110$	показывает, сколько прибыли от продаж приходится на рубль реализованной продукции;
2	Рентабельность активов (ROA)	$c.2400 / 0,5x(c.1600 \text{ н.г.} + c.1600 \text{ к.г.})$	показывает, сколько чистой прибыли приходится на рубль активов;
3	Рентабельность оборотных активов по прибыли до налогообложения	$c.2300 / 0,5x(c.1200 \text{ н.г.} + c.1200 \text{ к.г.})$	показывает, сколько прибыли до налогообложения приходится на рубль оборотных активов;
4	Рентабельность расходов по обычным видам деятельности по прибыли от продаж	$c.2200 / (c.2120 + c.2210 + c.2220)$	показывает, сколько прибыли от продаж приходится на 1 руб. расходов по обычным видам деятельности;
5	Рентабельность собственного капитала по прибыли до налогообложения	$c.2300 / 0,5x(c.1300 \text{ н.г.} + c.1530 \text{ н.г.} + c.1300 \text{ к.г.} + c.1530 \text{ к.г.})$	показывает, сколько прибыли до налогообложения приходится на 1 руб. собственного капитала;
6	Рентабельность продаж (норма операционной прибыли)	$(c.2300 + c.2330) / c.2110$	показывает, сколько операционной прибыли приходится на 1 руб. реализованной продукции;
7	Рентабельность собственного капитала (ROE, финансовая рентабельность)	$c.2400 / 0,5x(c.1300 \text{ н.г.} + c.1530 \text{ н.г.} + c.1300 \text{ к.г.} + c.1530 \text{ к.г.})$	показывает, сколько чистой прибыли приходится на рубль собственного капитала;
8	Коэффициент генерирования доходов (экономическая рентабельность)	$(c.2300 + c.2330) / 0,5x(c.1600 \text{ н.г.} + c.1600 \text{ к.г.})$	показывает, сколько операционной прибыли приходится на рубль активов;
9	Рентабельность инвестированного капитала с позиции инвесторов (ROI)	$(c.2400 + c.2330) / 0,5(c.1700 \text{ н.г.} - c.1500 \text{ н.г.} + c.1530 \text{ н.г.} + c.1700 \text{ к.г.} - c.1500 \text{ к.г.} + c.1530 \text{ к.г.})$	показывает, сколько чистой прибыли до уплаты процентов за кредиты приходится на рубль инвестированного капитала;
10	Рентабельность деятельности	$c.2400 / (c.2120 + c.2210 + c.2220 + c.2330 + c.2350 + c.2410)$	показывает, сколько чистой прибыли приходится на рубль расходов

Т а б л и ц а 2

№	Показатели	Формула расчета
1	Рентабельность продаж по валовой прибыли (норма валовой прибыли)	$\frac{\text{Валовая прибыль } c.2100.}{\text{выручка } c.2110}$
2	Рентабельность продаж по прибыли от реализации	$\frac{\text{прибыль от реализации } c.2200.}{\text{выручка } c.2110}$
3	Рентабельность продаж (норма операционной прибыли)	$\frac{\text{операционная прибыль } c.2300 + c.2330.}{\text{выручка } c.2110}$
4	Рентабельность продаж по прибыли до налогообложения	$\frac{\text{прибыль до налогообложения } c.2300.}{\text{выручка } c.2110}$
5	Рентабельность продаж по чистой прибыли (норма чистой прибыли)	$\frac{\text{чистая прибыль } c.2400.}{\text{выручка } c.2110}$

Экономическая рентабельность рассчитывается как отношение операционной прибыли к средней величине активов (капитала) предприятия. Операционная прибыль – это прибыль до уплаты процентов за использование заемных и привлеченных

средств (включая проценты по корпоративным облигациям и привилегированным акциям) и налогов. Финансовая рентабельность, или рентабельность собственного капитала, определяется как отношение чистой прибыли предприятия к средней вели-

чине собственного капитала. За среднюю величину активов и среднюю величину собственного капитала в расчет берется их среднее хронологическое значение.

В основном при равной экономической рентабельности прибыльность собственного капитала определенно зависит от структуры финансовых источников. Если у текстильного предприятия нет платных долгов и по ним не выплачиваются проценты, то рост экономической прибыли ведет к пропорциональному росту чистой прибыли (при условии, что размер налога прямо пропорционален размеру прибыли) и пропорциональному росту экономической и финансовой рентабельности.

Если же текстильное предприятие при том же общем объеме капитала инвестируется не только за счет собственных, но и за счет заемных средств, прибыль до налогообложения уменьшается из-за включения процентов в состав затрат. Соответственно уменьшается величина налога на прибыль, и рентабельность собственного капитала может расти. Таким образом, использование заемных средств, несмотря на их платность, позволяет увеличивать рентабельность собственных средств. В этом случае говорят об эффекте финансового рычага или левериджа (способности заемного капитала генерировать дополнительную прибыль (убыток)) [1].

Эффект финансового рычага – это приращение чистой рентабельности собственных средств при использовании кредита. Первая составляющая эффекта финансового рычага – это так называемый дифференциал – разница между экономической рентабельностью активов и средней расчетной ставкой процента по заемным средствам. Вторая составляющая – плечо финансового рычага (коэффициент финансовой активности), она характеризует соотношение между заемными и собственными средствами (ЗК / СК).

## ВЫВОДЫ

Исследование рентабельности, как показателя оценки эффективности хозяйст-

венной деятельности, позволило выявить основные направления повышения рентабельности текстильного предприятия:

- ускорение производственного цикла;
- экономия затрат на единицу или на 1 руб. продукции;
- повышение эффективности использования производственных ресурсов, влияющих на себестоимость;
- наращивание объема производства за счет повышения конкурентоспособности;
- планирование состояния внеоборотных активов;
- полная или частичная диверсификация производства;
- подготовка профессионального менеджмента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Нежникова Е.В., Чаруева М.В., Папельнюк О.В.* Микроэкономика / Под ред. проф. Лукмановой И.Г. – М.: Изд-во АСВ, 2013.
2. *Яськова Н.Ю., Москвичев Д.В.* Синергия инвестиций: проблемы, поиски, решения. – М.: МГСУ, 2012.
3. *Шеремет А.Д., Негашев Е.В.* Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2013.
4. *Дубровин И.А.* Бизнес-планирование на предприятии. – 2-е изд. Электрон. текстовые данные. – М.: Дашков и К, 2013.
5. *Вайниток Н.Р.* Управление конкурентоспособностью специализированных строительных организаций в современных рыночных условиях // Экономика и предпринимательство. – 2013, № 11 (40). С. 459..462.
6. *Канхва В.С., Сызранцев Г.А.* Методика оценки степени финансовой устойчивости предприятия // Экономика и предпринимательство. – 2016, № 4-1 (69-1). С. 856...859.
7. *Вилисова Ф.Н.* Финансы организаций: менеджмент и анализ. –2013, СТЕК.
8. *Silka D.N., Lukmanova I.G., Afanasev A.A., Kasyanov M.A.* Synchronization of processes related to economic activity with stages of development of spatially-organized systems // International Journal of Economics and Financial Issues. – Т. 5, №3S, 2015. P. 121...124.
9. *Kankhva V.S., Uvarova S.S., Belyaeva S.V.* Development of the scientific and methodological assessment tools of sustainability of the investment and construction complex in Russia and its structural elements in terms of organizational and economic changes // Procedia Engineering. – Т. 165, 2016. P. 1046...1051.

10. Lukmanova I.G., Mishlanova M.Y. Determinant analysis of public-private partnership in Russia // International Journal of Economics and Financial Issues. – Т.5, № 3S, 2015. P. 208...216.

#### REFERENCES

1. Nezhnikova E.V., Charueva M.V., Papel'njuk O.V. Mikroekonomika / Pod red. prof. Lukmanovoj I.G. – M.: Izd-vo ASV, 2013.

2. Jas'kova N.Ju., Moskvichev D.V. Sinergija investicij: problemy, poiski, reshenija. – M.: MGSU, 2012.

3. Sheremet A.D., Negashev E.V. Metodika finansovogo analiza dejatel'nosti kommercheskih organizacij. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: INFRA-M, 2013.

4. Dubrovin I.A. Biznes-planirovanie na predpriyatii. – 2-e izd. Jelektron. tekstovye dannye. – M.: Dashkov i K, 2013.

5. Vajnshtok N.R. Upravlenie konkurentosposobnost'ju specializirovannyh stroitel'nyh organizacij v sovremennyh rynochnyh uslovijah // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2013, № 11 (40). S. 459...462.

6. Kanhva V.S., Syzrancev G.A. Metodika ocenki stepeni finansovoj ustojchivosti predpriyatija // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2016, № 4-1 (69-1). S. 856...859.

7. Vilisova F.N. Finansy organizacij: menedzhment i analiz. –2013, STEK.

8. Silka D.N., Lukmanova I.G., Afanasev A.A., Kasyanov M.A. Synchronization of processes related to economic activity with stages of development of spatially-organized systems // International Journal of Economics and Financial Issues. – Т. 5, № 3S, 2015. P. 121...124.

9. Kankhva V.S., Uvarova S.S., Belyaeva S.V. Development of the scientific and methodological assessment tools of sustainability of the investment and construction complex in Russia and its structural elements in terms of organizational and economic changes // Procedia Engineering. – Т. 165, 2016. P. 1046...1051.

10. Lukmanova I.G., Mishlanova M.Y. Determinant analysis of public-private partnership in Russia // International Journal of Economics and Financial Issues. – Т.5, № 3S, 2015. P. 208...216.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 338.45:69

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

### THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE IMPACT OF MANAGEMENT PRACTICES ON THE COMPETITIVENESS OF THE ENTERPRISES OF REAL SECTOR OF ECONOMY

*В.А. ДИКАРЕВА, Т.А. ОВСЕПЯН*  
V.A. DIKAREVA, T.A. OVSEPYAN

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

E-mail: dikareva-va@rambler.ru

*Эффективность деятельности организации в значительной степени определяется его конкурентоспособностью, при этом необходимый уровень конкурентоспособности достигается в процессе реализации определенной модели управления конкурентоспособностью, встроенной в общую систему управления организацией. В данной статье предложена экономико-математическая модель, позволяющая оценить влияние различных методов управления конкурентоспособностью на эффективность функционирования ор-*

ганизации. Предлагаемая методика может быть использована на предприятиях реального сектора экономики, в том числе на предприятиях текстильной промышленности.

*Efficiency to activity to building organization is to a considerable extent defined by his(its) competitiveness, herewith necessary level to competitiveness is reached in process of the realization determined models of competitiveness management built-in in the general managerial system organization. In given article is offered economic and mathematical model, allowing value the influence of the different methods of competitiveness management on efficiency of the operation to organizations. The proposed methods can be used on enterprise of the different branches of the real sector of the economy, including on enterprise of textile industry.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, методы управления, строительная организация, методика оценки.

**Keywords:** competitiveness, methods of management, building organization, methods of the estimation.

Воздействие методов управления на конкурентоспособность строительной организации является опосредованным и проявляется через создание конкурентных преимуществ, повышение эффективности использования ресурсов и доходности строительной организации. Оценка результатов внедрения того или иного нового (или обновленного) метода управления и влияния его на конкурентоспособность строительной организации предполагает выражение показателя эффективности такого метода через систему критериев и показателей. Выделим основные этапы авторской методики, позволяющей оценить влияние развития методов управления на конкурентоспособность строительной организации.

Этап 1. Определение критериев влияния методов управления на конкурентоспособность строительной организации.

При выборе критериев необходимо учитывать, что конкурентные преимущества в строительстве формируются и реализуются за счет ресурсных факторов, инвестиционных и инновационных факторов [2]. Ресурсы, требующиеся для производства и реализации строительной продукции, на целевом строительном рынке могут быть оценены по общепризнанным ключевым показателям эффективности использования человеческих ресурсов (персонала), финансовых ресурсов, производственных фондов.

Этап 2. Расчет системы показателей эффективности влияния методов управления на конкурентоспособность строительной организации.

В качестве основного экономического показателя, являющегося индикатором рыночной стоимости произведенных товаров и услуг в течение года всеми отраслями национальной экономики государства с целью последующего потребления, накопления и обеспечения экспортных поставок, выступает валовый внутренний продукт, поэтому предлагаемая методика предполагает построение экономико-математической модели, определяющей регрессионную зависимость цепных индексов темпов прироста валового внутреннего продукта в строительной отрасли от индекса конкурентоспособности и показателей качества системы управления знаниями (СУЗ-системы) строительных предприятий. С этой целью используем производственную функцию, определяющую линейную зависимость темпов прироста ВВП от индекса конкурентоспособности и показателей качества СУЗ-систем [3]:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon, \quad (1)$$

где  $X = X(X_1, X_2, \dots, X_m)$  – независимые переменные (индекса конкурентоспособно-

сти, интегральной оценки качества СУЗ-систем);  $\beta$  – параметры, подлежащие определению;  $\varepsilon$  – случайная ошибка; – зависимая переменная (темпы прироста ВВП);  $\beta_0$  – свободный член, определяющий значение темпов прироста ВВП в случае, когда индекс инновационного развития и интегральная оценка качества СУЗ-систем равны 0.

Этап 3. Расчет интегрального коэффициента конкурентоспособности до и после внедрения нового (или обновленного) метода управления конкурентоспособностью строительной организации.

Показатель конкурентоспособности  $K_i$  отдельного ресурса  $R_i$  строительной организации может быть рассчитан как отношение значения данного ресурса  $i$  к максимально возможному значению ресурса вида  $i$  [1].

В таком случае интегральный коэффициент конкурентоспособности может быть рассчитан по формуле:

$$K = \sum K_i W_i, \quad (2)$$

где  $W_i$  – значения весов, полученные экспериментальным путем;  $K_i$  – это конкурентоспособность строительной организации по уровню кадрового управления (использованию человеческих ресурсов); по уровню финансового управления, по основным средствам строительной организации.

Этап 4. Сопоставление результатов оценки конкурентоспособности до и после внедрения нового (или обновленного) метода управления.

На данном этапе сопоставляются результаты оценки конкурентоспособности до и после внедрения нового (или обновленного) метода управления. В случае если интегральный коэффициент конкурентоспособности после внедрения нового метода выше данного показателя до внедрения, делается вывод об эффективности нового (или обновленного) метода управления. В противном случае происходит переход к следующему этапу методики.

Этап 5. Выявление возможных отклонений от планируемых результатов внедре-

ния нового (или обновленного) метода управления.

Ориентиром для оценки результатов внедрения нового (или обновленного) метода управления и выявления отклонений может быть бюджетирование. Анализ таких отклонений проводится с целью определения эффективности работы персонала, оборудования, эффективности использования финансов. В случае обнаружения областей низкой эффективности применяются необходимые корректирующие действия.

Этап 6. Выводы и принятие решения о дальнейшем использовании нового (или обновленного) метода управления.

На данном этапе в зависимости от результатов этапов 5 и 6 принимаются решения о дальнейшем использовании нового (или обновленного) метода управления.

В процессе принятия решений на государственном уровне по поддержке конкурентоспособности должны быть сформированы условия для обновления и создания строительной инфраструктуры. При этом расходование бюджетных ресурсов на конкурсной основе должно осуществляться, исходя из приоритетности научно-исследовательской деятельности строительных предприятий, и стимулировать исследователей к качественной разработке предлагаемых ими инновационных проектов в строительной отрасли.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что внедрение и налаживание механизма функционирования поддержки конкурентоспособности, базирующегося на обеспечении взаимодействия государства, бизнеса, науки и образования, приведет к повышению эффективности деятельности предприятий и отрасли в целом. Применение предложенных методических рекомендаций поможет предприятиям реального сектора экономики сформировать эффективную систему управления конкурентоспособностью, что позволит обеспечить успешное функционирование предприятия на рынке.

1. Зул'карнаев И.У., Ильясова Л.Р. Метод расчета интегральной конкурентоспособности промышленных, торговых и финансовых предприятий // [Электронный ресурс] URL: <http://hr-portal.ru/article/metod-rascheta-integralnoy-konkurentosposobnosti-promyshlennyh-torgovyh-i-finansovyh> (дата обращения 22.07.2016 г.)

2. Силка Д.Н. Повышение конкурентоспособности в строительстве на основе управления экономическими интересами // Международная конференция. Научные чтения, посвященные 110-летию Ю.Б. Монфреда. – 2013 27 марта. – М.: МГСУ, 2013.

3. Tjalling C. Koopmans: On the concept of optimal economic growth, in: (Study Week on the) Econometric Approach to Development Planning, Kapitel 4, p. 225–87, North-Holland Publishing Co., Amsterdam.

1. Zul'karnaev I.U., Il'jasova L.R. Metod rascheta integral'noj konkurentosposobnosti promyshlennyh, torgovyh i finansovyh predpriyatij // [Elektronnyj resurs] URL: <http://hr-portal.ru/article/metod-rascheta-integralnoy-konkurentosposobnosti-promyshlennyh-torgovyh-i-finansovyh> (data obrashhenija 22.07.2016 g.)

2. Silka D.N. Povyshenie konkurentosposobnosti v stroitel'stve na osnove upravlenija jekonomicheskimi interesami // Mezhdunarodnaja konferencija. Nauchnye chtenija, posvjashhennye 110-letiju Ju.B. Monfreda. – 2013 27 marta. – М.: MGSU, 2013.

3. Tjalling C. Koopmans: On the concept of optimal economic growth, in: (Study Week on the) Econometric Approach to Development Planning, Kapitel 4, p. 225–87, North-Holland Publishing Co., Amsterdam.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 338.24, 658.15

## РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОМ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТЕ

### IMPLEMENTATION OF THE SYSTEMATIC APPROACH TO INDUSTRIAL RISK-MANAGEMENT

*А.Г. БАДАЛОВА, В.С. КАНХВА*  
A.G. BADALOVA, V.S. KANKHVA

(Московский государственный технологический университет "СТАНКИН",  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Technology "STANKIN",  
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

*В статье формируется полная совокупность задач построения и внедрения системы управления рисками предприятий текстильной промышленности на основе стоимостного подхода к управлению в их взаимосвязи. Наиболее подробно рассмотрены дерево целей управления рисками, а также показатели функционирования и мониторинга системы управления рисками. Представлена организационно-финансовая модель системы управления рисками предприятия.*

*The article formed a complete set of tasks of development and implementation of the risk management system of the enterprises of the textile industry on the basis of value management approach in their relationship. More detail tree risk management purposes, as well as measures of functioning and monitoring of the risk management system. Presented organizational and financial model of the risk management system of the enterprise.*

**Ключевые слова:** промышленный риск-менеджмент, система управления рисками, предприятия текстильной промышленности, структурная модель, дерево целей системы, показатели функционирования системы, показатели мониторинга системы.

**Keywords:** industrial risk management, risk management system, textile industry, structural model, tree of objectives of the system, characteristics of system, performance monitoring system.

Методологические основы современного риск-менеджмента определяют целесообразность разделения промышленного риск-менеджмента (управление рисками промышленных предприятий) и банковско-финансового риск-менеджмента (управление рисками финансово-кредитных организаций).

Устойчивое развитие и стабильное эффективное функционирование промышленных предприятий и, в частности, предприятий текстильной промышленности (далее предприятий), направленные на удовлетворение потребителей высококачественной продукцией и услугами возможно при обеспечении рискоустойчивости предприятия и позволяет ему достигать требуемой конкурентоспособности. В свою очередь, это невозможно без реализации системности в промышленном риск-менеджменте, без разработки и внедрения системы управления рисками предприятия (СУРП);

Таким образом, следует говорить о необходимости постановки и решения базовых задач реализации системности в промышленном риск-менеджменте:

1) *задачи построения СУРП:* разработка логической модели формирования СУРП, разработка структурной модели СУРП, построение дерева целей СУРП, формирование системы показателей функционирования и мониторинга СУРП, разработка функциональной структуры СУРП; разработка организационно-финансовой модели СУРП;

2) *задачи внедрения и обеспечения функционирования СУРП:* формирование требований к информационной системе управления рисками предприятия (ИСУРП), разработка структуры и построение ИСУРП, разработка совокупности внутренних нормативных документов (рег-

ламентов) по внедрению и функционированию СУРП, формирование этапов и процедуры внедрения и функционирования СУРП, формирование и выбор варианта организации деятельности службы по созданию и внедрению СУРП, разработка процедуры и инструментов мониторинга функционирования СУРП, разработка модели формирования экономического эффекта управления рисками предприятия, разработка метода оценки эффективности внедрения СУРП.

Большинство из указанных задач рассмотрены в работах [1...5]. Однако наиболее интересными и актуальными, а также тесно взаимосвязанными друг с другом, по причине чего и являются наименее решенными, являются: определение целей СУРП; формирование на основе дерева целей, системы показателей функционирования и мониторинга СУРП; организационно-финансовая модель СУРП.

Рассмотрим данные вопросы реализации системности в промышленном риск-менеджменте более подробно.

Главная цель СУРП (цель высшего 0-го уровня) связана с *целями создания и функционирования системы* (цели 1-го уровня). При этом целью *создания системы* является обеспечение устойчивого развития и стабильного положения предприятия на рынке, а целью *функционирования* – повышение эффективности функционирования предприятия посредством управления рисками и обеспечения его рискоустойчивости. Цели 2-го уровня детализируются по горизонтам (уровням) управления – стратегическому, тактическому и оперативному и, следовательно, определяются цели 3-го уровня, в которых объединяются детализированные до данного уровня цели создания и функционирования СУРП. Таким обра-

зом, подтверждается основная идея, заложенная в структурной модели системы, что специфика технологии и организации управления рисками проявляется по горизонтам управления. Для стратегического, тактического и оперативного уровней управления осуществляется конкретизация целей по бизнес-процессам (основным и вспомогательным), по областям управления (маркетинг, инновации, финансирование, информационные технологии и др.) и среде управления (менеджмент, социальная среда, внешняя среда и др.) [2...4]. Результатом детализации являются цели 4-го уровня. Результатом окончательной детализации целей и подцелей является определение стратегических, тактических и оперативных задач управления рисками. Конкретизация целей создания и функционирования СУРП позволяет представить их в виде *системы показателей и факторов системы*. Следует выделить три взаимосвязанные группы показателей.

Первую группу составляют целевые показатели, отражающие предпочтения или желаемое состояние предприятия согласно цели функционирования. В СУРП в качестве *целевых показателей* выступают *интегральные показатели* риска, которые позволяют оценить эффективность функционирования системы и управления рисками предприятия, а также выступают в качестве показателей, отклонения по которым позволяют проводить оценку рисков. Использование стоимостного подхода к управлению рисками и структурирование СУРП по горизонтам управления позволяют в качестве интегральных показателей использовать фундаментальную стоимость предприятия на стратегическом уровне, экономическую добавленную стоимость на тактическом и рентабельность собственного капитала на оперативном уровне управления. Минимизация отклонений по данным показателям является критериями эффективного функционирования СУРП.

Ко второй группе показателей относятся *контролируемые показатели*, с помощью которых устанавливается фактическое состояние предприятия и степень достиже-

ния им множества заданных значений целей. Данные показатели выступают также в качестве *ключевых индикаторов* рисков, позволяющих осуществлять мониторинг рисков и контроль уровня рисков, и на основании этого принимать управляющее решение по воздействию на риски. Выбор целевых показателей, указанных выше, позволяет сформировать совокупность контролируемых показателей, включающих: на стратегическом уровне – денежный поток и средневзвешенную стоимость капитала; на тактическом – инвестированный капитал и чистую операционную прибыль; на оперативном уровне – рентабельность продаж, оборачиваемость активов и степень финансовой независимости предприятия. Структурирование целевых показателей до контролируемых и установление взаимосвязей между ними позволяет продолжить структурирование и детализировать ключевые индикаторы до уровня частных индикаторов, формирующих последнюю группу показателей функционирования СУРП.

Третья группа объединяет *управляемые показатели*, изменение которых приводит к переходу предприятия в более предпочтительное состояние с точки зрения его рискоустойчивости и конкурентоспособности. Мониторинг частных индикаторов, мониторинг отклонений фактических значений управляемых показателей от ожидаемых (прогнозируемых, планируемых) обеспечивает выявление и идентификацию рисков. Изменение управляемых показателей в результате управленческих воздействий позволяет предотвратить реализацию рисков или свести их к приемлемому уровню. В рамках оценки функционирования и мониторинга СУРП в группу управляемых показателей предлагается включить следующие 15 показателей: сальдо по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности, структура капитала предприятия, стоимость собственного и заемного капитала, величина собственного и долгосрочного заемного капитала, эквиваленты собственного капитала, темпы роста предприятия, доходы и расходы предприятия, прибыль и выручка, предприятия, величина



активов предприятия и эффективная ставка налогов. Рассмотренные группы показателей составляют систему интегральных по-

казателей, ключевых и частных индикаторов функционирования и мониторинга СУРП.

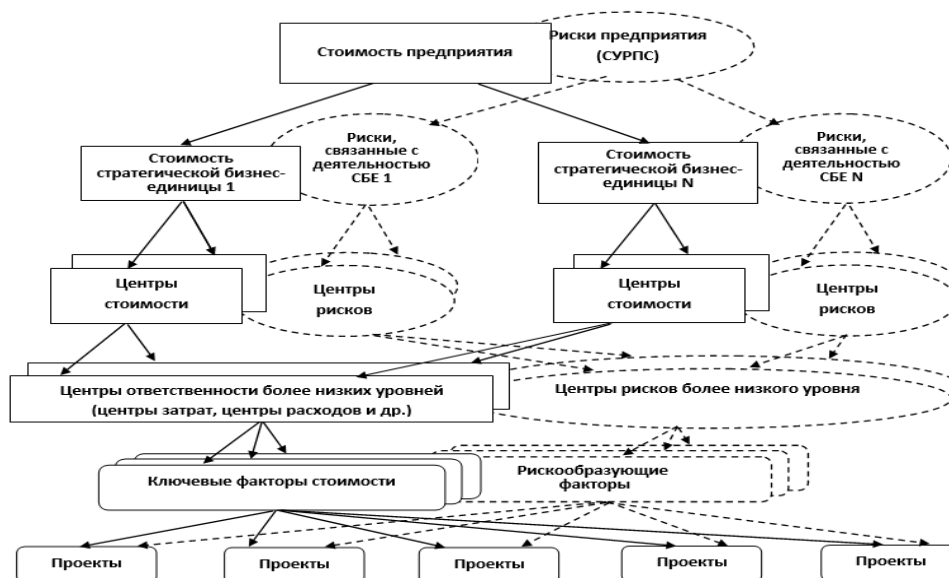


Рис. 1

Совмещение организационной структуры управления предприятием, базирующейся на выделении и управлении центрами ответственности с финансовой моделью, базирующейся на управлении стоимостью стратегических бизнес-единиц (СБЕ), позволило разработать *организационно-финансовую модель*, представленную на рис. 1. Отличительной особенностью предлагаемой модели является введение центров стоимости и на их основе – центров рисков.

Таким образом, решение рассмотренных вопросов позволяет комплексно осуществлять разработку и внедрение СУРП и, следовательно, реализовать системность в промышленном риск-менеджменте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалова А.Г. Система управления рисками: методология, организационно-информационное обеспечение, эффективность внедрения. – М.: ИЦ МГТУ "Станкин", "Яннус-К", 2007.
2. Бадалова А.Г., Соболев А.И. Теоретико-методологические основы и методический инструментальный оценки и управления рисками финансовых и нефинансовых организаций. – М.: "Доброе слово", 2015.
3. Бадалова А.Г., Минаев Э.С. Стратегическое управление рисками предприятий авиационно-промышленного комплекса. – М.: Изд-во МАИ, 2016.

4. Бадалова А.Г., Пантелеев А.В. Управление рисками деятельности предприятия. – 2-е изд. – М.: "Вузовская книга", 2016.

5. Бадалова А.Г., Гриник О.Д. Организационно-методические аспекты создания и внедрения системы управления рисками на промышленном предприятии // Научное обозрение. – 2015, №5. С.332...335.

#### REFERENCES

1. Badalova A.G. Sistema upravlenija riskami: metodologija, organizacionno-informacionnoe obespechenie, jeffektivnost' vnedrenija. – M.: IC MGTU "Stankin", "Jannus-K", 2007.
2. Badalova A.G., Sobol' A.I. Teoretiko-metodologicheskie osnovy i metodicheskij instrumentarij ocenki i upravlenija riskami finansovyh i nefinansovyh organizacij. – M.: "Dobroe slovo", 2015.
3. Badalova A.G., Minaev Je.S. Strategicheskoe upravlenie riskami predpriyatij aviacionno-promyshlennogo kompleksa. – M.: Izd-vo MAI, 2016.
4. Badalova A.G., Panteleev A.V. Upravlenie riskami dejatel'nosti predpriyatija. – 2-e izd. – M.: "Vuzovskaja kniga", 2016.
5. Badalova A.G., Grinik O.D. Organizacionno-metodicheskie aspekty sozdaniya i vnedrenija sistemy upravlenija riskami na promyshlennom predpriyatii // Nauchnoe obozrenie. – 2015, №5. S.332...335.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве МГСУ. Поступила 28.12.16.

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
В РОССИЙСКОМ БУХГАЛТЕРСКОМ УЧЕТЕ**

**PROBLEMS OF VALUATION OF FIXED ASSETS  
OF TEXTILE ENTERPRISES IN RUSSIAN ACCOUNTING**

*И.В. ЗАСЛАВСКАЯ*  
I.V. ZASLAVSKAYA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: ivz-mgsu@mail.ru

*В статье обоснована необходимость применения наиболее эффективного метода оценки основных средств предприятий текстильной промышленности, проведено сравнение применяемых оценок основных средств в российском учете и в соответствии с МСФО, акцентировано внимание на приведение в соответствие данных российской отчетности и реального состояния имущественных активов предприятия.*

*The article motivates necessity of using the mostly effective method of fixed assets evaluation. It compares employed in Russian accounting methods for fixed assets evaluation with International Financial Reporting Standards, and emphasizes importance of bringing bookkeeping reporting in balance with real conditions of property assets.*

**Ключевые слова:** МСФО, основные средства, оценка, текущая стоимость, справедливая стоимость.

**Keywords:** IFRS, fixed assets, fixed assets evaluation, current value, fair value.

Необходимость наличия для промышленных предприятий, в том числе текстильной и легкой промышленности, значительной материально-технической базы обусловливает разработку эффективных подходов к формированию и отражению в бухгалтерском учете стоимости основных средств.

По правилам российских стандартов основные средства при покупке принимаются к учету по фактической стоимости. Данное правило распространяется и на другие виды имущества предприятия. Но если в отношении оборотных активов изменение первоначальной стоимости за период их нахождения в организации происходит редко и регулируется за счет резервов, то основные

средства эксплуатируются более 12 месяцев и вероятность возникновения расхождений между балансовой и текущей стоимостью довольно высока. ПБУ 6/01 "Учет основных средств" четко конкретизирует шесть случаев изменения первоначальной стоимости, и только один из них (переоценка) предусматривает пересчет первоначальной стоимости по текущей (восстановительной) стоимости. Важно отметить, что в российском учете для предприятия переоценка основных средств является добровольной процедурой и проводится не чаще одного раза в год.

Пересчет первоначальной стоимости основных средств необходим для отражения реального состояния имущества предприя-

тия, что имеет решающее значение для инвесторов и других лиц, имеющих финансовую заинтересованность в деятельности предприятия. Однако одним из наиболее проблемных понятий применительно к основным средствам в российском учете остается "текущая рыночная стоимость". Несмотря на указание к использованию текущей рыночной стоимости при переоценке, а также при оценке основных средств, поступивших в организацию по договору дарения, российский стандарт ПБУ 6/01 "Учет основных средств" не дает самого определения текущей рыночной стоимости. Такое определение можно найти в Методических указаниях по бухгалтерскому учету основных средств: "... под текущей рыночной стоимостью понимается сумма денежных средств, которая может быть получена в результате продажи указанного актива на дату принятия к бухгалтерскому учету" [1].

По отношению к другим видам имущества понятие текущей рыночной стоимости отражено в российских стандартах. Так, применительно к материально-производственным запасам под текущей рыночной стоимостью понимается сумма денежных средств, которая может быть получена в результате продажи запасов (ПБУ 5/01) [5], под текущей рыночной стоимостью ценных бумаг понимается их "...рыночная цена, рассчитанная в установленном порядке организатором торговли на рынке ценных бумаг" (ПБУ 19/02) [6].

Согласно Методическим указаниям: "...при определении текущей рыночной стоимости могут быть использованы данные о ценах на аналогичные основные средства, полученные в письменной форме от организаций-изготовителей; сведения об уровне цен, имеющиеся у органов государственной статистики, торговых инспекций, а также в средствах массовой информации и специальной литературе; экспертные заключения (например, оценщиков) о стоимости отдельных объектов основных средств" [1].

Таким образом, при расчете текущей рыночной стоимости основных средств ре-

зультат может сильно отличаться от рыночных цен, особенно если принять во внимание запрет на проведение переоценки не чаще одного раза в год. В результате нередко возникает ситуация, когда имущественное состояние предприятия, отражаемое в бухгалтерском балансе, в отношении основных средств не дает реального представления об их текущей стоимости, даже при проведении переоценки.

В современных условиях на отечественных предприятиях при ведении бухгалтерского учета все более широкое применение находят принципы МСФО. Это обусловлено тем, что для инвесторов, пользующихся отчетностью по международным стандартам финансового учета, наиболее существенной является информация о текущей стоимости и отдельных активов и обязательств в частности, и компаний в целом. Данная информация позволяет принимать правильные инвестиционные решения, поскольку справедливая стоимость представляет более объективную основу для оценки экономических выгод, которые способны принести активы компании в будущем.

В МСФО для оценки стоимости активов и обязательств используется справедливая стоимость, расчет которой регламентируется МСФО (IFRS) 13 "Справедливая стоимость". Настоящий стандарт дает определение справедливой стоимости как "...цены, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства при проведении операции на добровольной основе на основном (или наиболее выгодном) рынке на дату оценки в текущих рыночных условиях (то есть выходная цена) независимо от того, является ли такая цена непосредственно наблюдаемой или рассчитывается с использованием другого метода оценки" [3].

Стандарт МСФО (IFRS) 13 определяет, что операция по продаже актива или передаче обязательства имеет место или:

- 1) на основном рынке для актива или обязательства;
- 2) при отсутствии основного рынка – на наиболее благоприятном рынке для актива или обязательства.

Основной рынок – это рынок с наибольшим объемом и уровнем активности/деятельности для актива или обязательства. Этот рынок даст наиболее репрезентативные данные для оценки справедливой стоимости. Поэтому для целей измерения справедливой стоимости компания должна исходить из предположения, что она будет продавать актив или передавать обязательство на основном рынке для этого актива/обязательства.

Наиболее благоприятный рынок – это рынок, цена продажи актива на котором максимальна, а цена погашения обязательства минимальна, после вычета и операционных издержек и транспортных расходов. Если основного рынка нет, для измерения справедливой стоимости используется наиболее благоприятный рынок.

Организация может применять один или несколько способов для оценки справедливой стоимости. Она должна применять их последовательно из периода в период.

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, при оценке основных средств по справедливой стоимости можно применять либо сравнительный (или рыночный) способ, либо расчетный. В отношении объектов недвижимости обычно используют расчетный способ, то есть основанный на экспертном заключении независимого оценщика. В отношении других видов основных средств допустимо применение рыночного способа, то есть определение справедливой стоимости на основе информации по прошедшим сделкам. В любом случае оценка основных средств по справедливой стоимости зависит от различных факторов: процентных ставок, курсов валют, от повышения или снижения цен на сырье и энергоресурсы, от подъема или упадка в экономике.

2. Выбор способа оценки основных средств исключительно важен для предоставления полной и достоверной информации пользователям бухгалтерской отчетности. Финансовая информация – это надежнейший инструмент принятия экономических решений, и от ее качества зависят

и возможность привлечения инвестиций, и стоимость привлеченного капитала для компании. Преимущественные позиции в конкурентной борьбе за финансовые ресурсы доступны тем компаниям, которые сумеют обеспечить своих потенциальных инвесторов наиболее объемлющей, понятной и достоверной информацией о своем финансовом положении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минфина РФ от 13 октября 2003 г. № 91н "Об утверждении Методических указаний по бухгалтерскому учету основных средств".
2. Приказ Минфина РФ от 30 марта 2001 г. № 26н "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет основных средств" ПБУ 6/01".
3. Международный стандарт финансовой отчетности (IFRS) 13 "Оценка справедливой стоимости".
4. Приказ Минфина России от 28 декабря 2015 г. № 217н "О введении Международных стандартов финансовой отчетности и Разъяснений Международных стандартов финансовой отчетности в действие на территории Российской Федерации и о признании утратившими силу некоторых приказов (отдельных положений приказов) Министерства финансов Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
5. Приказ Минфина РФ от 9 июня 2001 г. № 44н "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет материально-производственных запасов" ПБУ 5/01".
6. Приказ Минфина РФ от 10 декабря 2002 г. № 126н "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет финансовых вложений" ПБУ 19/02".

## REFERENCES

1. Prikaz Minfina RF ot 13 oktjabrja 2003 g. № 91n "Ob utverzhenii Metodicheskikh ukazanij po buhgalterskomu uchetu osnovnyh sredstv".
2. Prikaz Minfina RF ot 30 marta 2001 g. № 26n "Ob utverzhenii Polozhenija po buhgalterskomu uchetu "Uchet osnovnyh sredstv" PBU 6/01".
3. Mezhdunarodnyj standart finansovoj otchetnosti (IFRS) 13 "Ocenka spravedlivoj stoimosti".
4. Prikaz Minfina Rossii ot 28 dekabrja 2015 g. №217n "O vvedenii Mezhdunarodnyh standartov finansovoj otchetnosti i Raz"jasnenij Mezhdunarodnyh standartov finansovoj otchetnosti v dejstvie na territorii Rossijskoj Federacii i o priznanii utrativshimi silu nekotoryh prikazov (otdel'nyh polozhenij prikazov) Ministerstva finansov Rossijskoj Federacii" (s izmenenijami i dopolnenijami).
5. Prikaz Minfina RF ot 9 ijunja 2001 g. № 44n "Ob utverzhenii Polozhenija po buhgalterskomu uchetu

УДК 338.012

## АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

### ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF RISKS BASED ON FROM THE LIFE CYCLE OF THE ENTERPRISE

*В.С. КАХХВА, Б.Л. ЕФРЕМЯН*  
V.S. KANKHVA, B.L. EFREMYAN

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: kanhvavs@mgsu.ru; boris.efremyan@gmail.com

*В статье представлен анализ и классификация рисков и неопределенности при реализации инвестиционных проектов в области текстильной промышленности. Рассмотрена взаимосвязь жизненных циклов производимого продукта и проектов и разработана матрица актуальности организационно-управленческих ориентаций организации на основе экономических циклов.*

*The article presents the analysis and classification of risks and uncertainties in the implementation of investment projects in the field of textile industry. We examined the relationship of life cycles of manufactured product and projects and developed a matrix of the relevance of organizational and managerial orientation of the organization on the basis of economic cycles.*

**Ключевые слова:** риски, жизненный цикл, экономические циклы, классификация, матрица.

**Keywords:** risks, life cycle, economic cycles, classification, matrix.

Отраслевую структуру любой страны можно представить как совокупность производственной и непроизводственной сфер народного хозяйства. Основной движущей силой экономики выступает сфера материального производства, в которой задействована значительная часть трудовых и экономических ресурсов. Текстильная промышленность занимает одно из важнейших мест в производстве общественного продукта и удовлетворении потребностей населения и в настоящее время подвержена влиянию различных групп рисков [1], [2].

Классифицируя риски по уровням управления (рис. 1), под внешними рисками авторы понимают риски, прямое управление которыми невозможно, или же результат управления будет несоизмерим с затраченными ресурсами организации.

Хотя стратегические риски и отражают смежные внутренние и внешние риски, реализация которых коснется в большей степени конкретного экономического агента, они имеют высокую степень корреляции с внешними рисками, и фактически отрица-

тельные изменения на макроэкономическом или отраслевом уровне вызовут цепную реакцию увеличения вероятности реализации стратегических рисков. Значительная дисперсия вероятности рисков и величины рисков затрат, а также приведенные выше доводы обязывают нас рассмат-

ривать стратегические и внешние внутри отдельной подгруппы. Хотя риски II и III категории тоже имеют корреляцию с внешними рисками, они, скорее, отражают эффективность принятых мер по противодействию им.

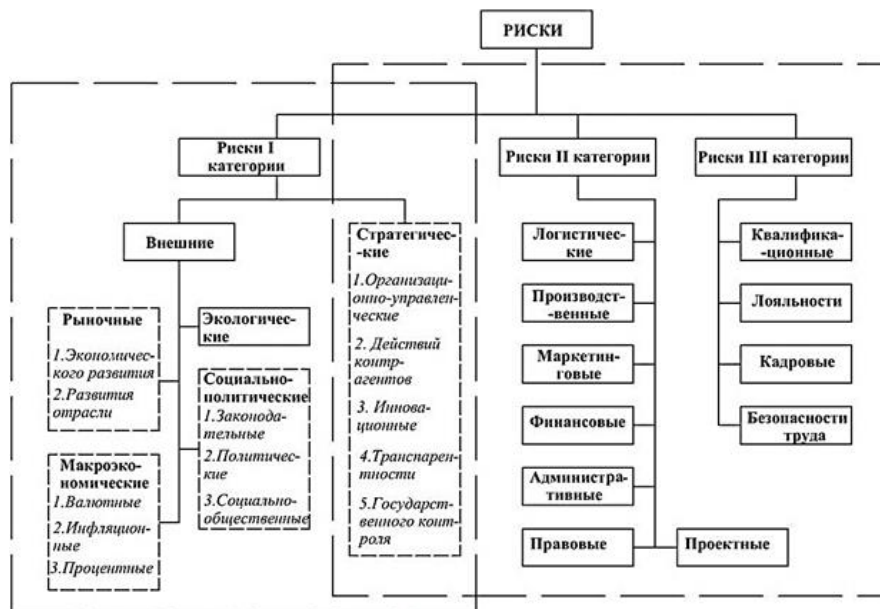


Рис. 1

Для комплексного понимания влияния внешних рисков на предприятия текстильной промышленности необходимо рассмотреть данный вопрос в контексте жизненных циклов. Основа современной теории по управлению экономическими системами на макро- и микроуровнях базируется на цикличности их развития. Каждый экономический цикл уникален и состоит из обратимых и необратимых процессов, выражающихся через различные причины и степень значения отклонения циклической динамики при проявлении схожих повторяющихся фаз [3].

Место соприкосновения внешних и внутренних экономических циклов является моментом перехода от циклов, задающих условия существования организации, к циклам, основная задача которых адаптация и поддержание эффективной деятельности организации. Данная иерархия позволяет обосновать необходимость ведения деятельности организации исходя из изменения движения разноуровневых циклов,

включая изменения отдельных параметров оценки деятельности предприятия.

Поскольку целью данной статьи является обоснование влияния внешних рисков на функционирование предприятий, дальнейшее описание циклов носит обобщенный характер и служит для иллюстрации взаимозависимости бизнес-процессов на разных уровнях организационных систем.

Деятельность любого предприятия можно назвать проектно-ориентированной. Проект – это относительно обособленная совокупность поставленных целей и комплекса взаимосвязанных действий, направленных на их реализацию, ограниченных заданным временным периодом и бюджетом. Жизненный цикл проекта – последовательность этапов проекта от момента принятия решения о необходимости его выполнения до решения о завершении или фактическом его окончании.

Ввиду уникальности каждого проекта теоретическое описание жизненного цикла

отражает лишь логическую последовательность в целом (рис. 2 – взаимосвязь жизненных циклов производственного продукта и проектов).



Рис. 2

В течение перехода реализации проекта от этапа к этапу существенным является изменение соотношения распределения затрат, гибкости возможности изменения целей проекта, количества участников и других ключевых параметров проекта. Первые 2 этапа связаны не только с комплексным анализом рисков и планированием самого проекта, но и с противопоставлением его схожим проектам конкурентов, состоянию рынка и экономики в целом. Относительная не ресурсоемкость данных этапов компенсируется необходимостью принятия решения о рисках, оказывающих ключевое влияние на выполнение целей проекта, в условиях неопределенности.

Наиболее трудоемким является этап осуществления проекта, характеризующийся повышением количества требуемых ресурсов, протяженностью во времени и принятием на себя различных рисков. После решения о принятии рисков природа функционирования организации меняется. Возможность нанесения ущерба от реализации рисков события диктует условия нахождения реальных источников списания денежных средств [4].

Завершающий этап проекта оказывает непосредственное влияние на дальнейшую деятельность фирмы. Резкое уменьшение затрачиваемых ресурсов предприятия сочетается с высвобождением трудовых и про-

изводственных мощностей, с одной стороны, и получением экономического результата, с другой стороны. В этот период проводится окончательный мониторинг полученных данных, анализ эффективности принятых управленческих решений и оценка динамики рынка. Чаще всего именно на этом этапе принимаются решения о продолжении продвижения выбранного продукта на рынке или же переориентации ресурсов организации [5].

Согласно представлению о жизненном цикле продукта каждый продукт так же проходит определенные этапы своего развития: разработка, организация и оформление продукта, вывод на рынок, ускоренный рост, стабилизация (насыщение рынка), затухание (или уход продукта с рынка). Основными критериями изменения этапа жизненного цикла продукта для организации является изменение скорости и направления движения основных динамических показателей, таких как уровень спроса на продукт, степень дифференциации рынка, доля компании на рынке, прибыль, денежный поток и др.

Моделирование стадий развития предприятия связано с некоторыми серьезными упрощениями моделируемого объекта, что приводит к ряду существенных недостатков в большинстве из них. Главная проблема теории организационного развития – обособленное рассмотрение организации вне окружающей ее среды (или ее косвенный учет).

При ориентации на рынок главной целью стратегического управления является определение направления развития предприятия на основе анализа рынков в привлекательных рыночных сегментах, преодолевая вступительные барьеры [6].

По этой причине наибольшую жизнеспособность показывают концепции жизненных циклов организаций, ориентированные, помимо компонентов менеджмента, на концепцию экономических циклов и жизненных циклов продуктов, поскольку они в наибольшей степени ориентированы на меняющийся рынок и влияние внешних рисков [7].

Соотнося приведенные выше доводы с теорией жизненных циклов, необходимо добавить, что основная причина перехода любой организации к завершающей стадии жизненного цикла заключается в потере внутренней гибкости и усилении контроля. В данном случае предприятие становится предсказуемо инертным. При ускорении движения данных показателей предприятие теряет связь с внешней средой, так как скорость изменения последней начинает превышать адаптационные способности предприятия [8].

Однако значительное снижение количественных показателей и эффективности организационных структур, рассматриваемые на уровне цикла организации как предопределенное движение к завершению производственных функций, в контексте экономических циклов можно назвать этапом нормального развития. Неспособность организации продолжать свою деятельность

говорит лишь о неправильной оценке настоящей и прогнозируемой рискоспособности организации и недостаточности внутренней движущей силы, способной выявить и устранить отставание в тактах внутренних и внешних циклов. Переживая не один экономический цикл, компания вырабатывает "омолаживающие" механизмы действия, избегая тем самым конца жизненного цикла и возвращаясь на этапы роста и стабилизации при аналогичных этапах экономического цикла. Стратегия должна быть структурирована таким образом, чтобы стимулировать и развивать организационно-управленческие ориентации, актуальные для нынешнего и следующего этапа изменений (табл. 1 – матрица актуальности организационно-управленческих ориентаций организации на основе экономических циклов).

Т а б л и ц а 1

Показатели	Подъем	Стабильность	Спад	Депрессия
Наращивание кадрового ресурса	X	/	O	O
Переоснащение основных фондов	X	/	O	X
Эффективность оргструктуры	/	X	X	X
Прибыль	/	X	X	/
Структура портфеля продуктов	O	/	X	X
Структура используемого капитала	O	/	X	X
Выручка	X	/	/	X
Создание высоколиквидных активов	O	X	X	O
Выполнение финансовых показателей	/	X	/	O
Продвижение бренда	X	X	/	O

П р и м е ч а н и е. X – актуален; / – относительно актуален; O – неактуален.

## ВЫВОДЫ

Балансируя относительно актуальности данных показателей, предприятие способно выстроить органичную организационную и управленческую структуру, интегрированную во внешнюю среду. В основу выбора данных показателей также заложено изменение влияния внутренних и внешних рисков на разных этапах циклов, что дает более полную картину для принятия решений в условиях неопределенности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Татиевский П.Б., Федосеев В.Н., Зайцева И.А. Оценка степени риска инвестиционных проектов по развитию технопарка Ивановского региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1.
2. Овчинников А.А., Грузинцева Н.А., Петрухин М.А. Учет рисков при управлении производством в условиях неопределенности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2.
3. Адизес И. Управление жизненным циклом корпорации / Пер. с англ. В. Кузина. – 2-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фебер, 2015.



4. Бычкова Л.С. Особенности экономического цикла в экономике России: Дис....докт. экон. наук. – Челябинск, 2012.
5. Гумерова Г.И., Шаймиева Э.Ш. К вопросу о концепции жизненного цикла технологии // Инновации. – 2008. С. 71...75.
6. Позднев В.Л. Методология экономического анализа циклических колебаний в развитии хозяйствующих субъектов: Дис....докт. экон. наук. – Йошкар-Ола, 2008.
7. Силка Д.Н. Управление жизненным циклом строительной организации как фактор повышения ее капитализации: Дис.... докт. экон. наук. – М., 2008.
8. Girmscheid G. Strategisches Bauunternehmensmanagement – Prozessorientiertes integriertes Management für Unernehmen in der Bauwirtschaft. – Berlin: Springer, 2006.

#### REFERENCES

1. Alojjan R.M., Tatievskij P.B., Fedoseev V.N., Zajceva I.A. Ocenka stepeni riska investicionnyh proektov po razvitiyu tehnoparka Ivanovskogo regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1.
2. Ovchinnikov A.A., Gruzinceva N.A., Petruhin M.A. Uchet riskov pri upravlenii proizvodstvom v

uslovijah neopredelennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2.

3. Adizes I. Upravlenie zhiznennym ciklom korporacii / Per. s angl. V. Kuzina. – 2-e izd. – М.: Mann, Ivanov i Feber, 2015.
4. Bychkova L.S. Osobennosti jekonomicheskogo cikla v jekonomike Rossii: Dis....dokt. jekon. nauk. – Cheljabinsk, 2012.
5. Gumerova G.I., Shajmieva Je.Sh. K voprosu o koncepcii zhiznennogo cikla tehnologii // Innovacii. – 2008. S. 71...75.
6. Pozdnev V.L. Metodologija jekonomicheskogo analiza ciklicheskih kolebanij v razvitii hozjajstvujushhh sub"ektov: Dis....dokt. jekon. nauk. – Joshkar-Ola, 2008.
7. Silka D.N. Upravlenie zhiznennym ciklom stroitel'noj organizacii kak faktor povyshenija ee kapitalizacii: Dis.... dokt. jekon. nauk. – М., 2008.
8. Girmscheid G. Strategisches Bauunternehmensmanagement – Prozessorientiertes integriertes Management für Unernehmen in der Bauwirtschaft. – Berlin: Springer, 2006.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 338.22.01

## ТЕНЕВАЯ ЭКОНОМИКА – КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ СТАГНАЦИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

### THE SHADOW ECONOMY – AS A FACTOR IN THE RUSSIAN TEXTILE INDUSTRY STAGNATION

О.А. КОЗЛОВА  
O.A. KOZLOVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: olga-kzlva@yandex.ru

*В статье дана характеристика влияния теневой экономики на развитие текстильной промышленности в России. Практически половина российского внутреннего рынка заполнена неучтенной текстильной продукцией из Китая, Турции и других стран. В связи с этим большие надежды возлагаются на помощь государства в области контроля над незаконным импортом.*

*The article provides a description of the impact of the underground economy on the development of the textile industry in Russia. Almost half of the Russian domestic market is filled unaccounted textile products from China, Turkey and other countries. In this regard, great hopes are placed on state aid in the control of illegal imports.*

**Ключевые слова:** теневая экономика, нелегальный импорт товаров, официальная экономика, экономический рост, изношенность фондов, инвестиционные возможности.

**Keywords:** shadow economy, illegal imports, the official economy, economic growth, depreciation of assets, investment opportunities.

Текстильная промышленность в России последние двадцать лет находится в состоянии постоянной стагнации. Нынешний кризис ситуацию в отрасли лишь только усугубил.

Текстильная отрасль оказывает существенное воздействие на экономику страны. Текстильное производство связано практически со всеми отраслями народного хозяйства, снабжая их продукцией производственного назначения. Кроме того, в технологической цепочке этой отрасли участвует много других сфер деятельности, таких как сельское хозяйство и химическая промышленность.

Какой будет дальнейшая судьба текстильной отрасли в России? Может быть, стоит отказаться от ее развития, как это случилось в 90-е гг. XX в. и положиться полностью на импорт или же пойти по пути Китая, Индии или Турции, где текстильная промышленность стала одним из локомотивов экономического роста. В этих странах предприятия легкой промышленности освобождены от налогов на прибыль, от уплаты НДС на ввозимое оборудование и сырье, кредитуются под низкие проценты и т.п., что способствует производству конкурентоспособной продукции и масштабному росту.

Но сырьевая зависимость, слабая защищенность рынка, низкие инвестиционные возможности и изношенность фондов поставили отрасль в нашей стране в очень сложное положение. В связи с практически плачевным состоянием текстильной отрасли возникают вопросы о причинах такого положения.

Главной проблемой российской текстильной промышленности является присутствие на рынке огромного количества нелегальной продукции. Из-за технической отсталости производства и незащищенности отечественной продукции от неучтенного импорта, теневого производства и

контрафакта – на внутреннем рынке доля отечественной продукции составляет не более 20%, а официального импорта около 30%. Практически половина внутреннего рынка заполнена неучтенной продукцией из Китая, Турции и других стран. При этом иногда даются более серьезные оценки доли теневого сектора в отрасли – от 50 до 75%. Именно поэтому текстильщики возлагают большую надежду на помощь государства именно в области контроля над незаконным импортом.

Нелегальный импорт товаров, а также подпольное производство приводят к тому, что на российском рынке присутствует огромное количество товаров низкого качества и с небольшой, но привлекательной для покупателей ценой. А это значит, что товары, выпущенные официальными российскими компаниями, обладающие более высоким качеством, не пользуются спросом. В результате отечественным производителям приходится конкурировать с контрафактной продукцией, для чего они снижают качество выпускаемых товаров, чтобы немного снизить цены. Это приводит к тому, что снижается не только качество продукции, но и прибыль компаний, а это снижает налоговые отчисления в бюджет страны. Поэтому наличие на рынке неучтенной иностранной низкокачественной продукции оказывает негативное влияние на развитие всей страны в целом.

В связи со столь негативным влиянием теневого сектора на текстильную промышленность стоит обратить более пристальное внимание на современное состояние теневой экономики в России.

Самой важной проблемой России на сегодня является обеспечение высоких темпов экономического роста. Обеспечить рост в современных условиях становится все труднее. И это тенденция, характерная для мировой экономики в целом. Одним из

резервов повышения темпов роста экономики в России может стать теневая экономика.

Теневая экономика не контролируется обществом и скрывается от налоговых и других государственных органов. Доходы от теневой экономики напрямую не могут быть учтены, поэтому для ее учета используются косвенные данные. По разным оценкам удельный вес теневого сектора в России в настоящее время достигает от 15 до 40% ВВП. Почему оценки так отличаются друг от друга? Практически все изобретенные до сих пор способы учета доли теневой экономики в ВВП не являются идеальными. Поэтому такой большой разброс оценок.

Теневая экономика — явление не только российское. Ее размеры в среднем варьируются от 10% ВВП в развитых странах до 40% и более — в развивающихся. Объем теневой экономики в мире превысил 33% мирового ВВП. В начале 1960-х годов в тени было скрыто 5,6% мировой экономики [4].

И еще один очень важный момент, который следует учитывать при оценке теневой экономики. В разных странах под теневой экономикой понимают разные экономические явления — где-то имеют в виду подпольное производство товаров легкой промышленности, в других странах — неуплату налогов государству, а где-то — проведение различных незаконных операций по "отмыванию" денежных средств.

Теневая экономика тесно переплетается с официальной экономикой, конкурирует с ней в использовании трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Идет активный процесс ее институализации — превращение в устойчивое явление. Теневая экономика оказывает существенное влияние на очень важные экономические процессы — формирование и распределение доходов, торговлю, инвестирование. В промышленности самые большие теневые финансовые потоки зарегистрированы на стадиях закупки сырья и реализации продукции. В строительстве самым затененным звеном оказались строительно-монтажные работы.

Каковы основные причины существования теневой экономики? Главной причиной

ухода в тень являются высокие налоговые ставки. Важнейшей неналоговой причиной считается коррумпированность государственного аппарата.

В данный момент теневая экономика, так же как и официальная, переживает кризис. Правда, значительно легче переносит его. В 2016 г. в среднем расходы одного российского домохозяйства на услуги и товары теневого сектора снизились по сравнению с 2013 г. примерно на 15% и составляют сейчас около 6 тыс. руб. в месяц.

В 2016 г. в течение года в теневом рынке так или иначе участвовали около 30 млн. человек — это 40,3% экономически активного населения; 12% заняты только в нем, а половина домохозяйств являлись потребителями его услуг [4].

Основную неофициальную работу имеет 11,7% экономически активного населения (в 2003 г. — 8,3%). Вторая работа или подработка (вторичная занятость) есть у примерно 40% экономически активного населения, 30,4% в 2016 г. имело только неофициальную вторичную занятость. Сокращение числа занятых в теневом секторе, наблюдаемое в последние годы, произошло именно за счет сокращения вторичной неоформленной занятости. Людям стало сложнее находить подобные подработки.

Однако сокращение теневой экономики — краткосрочное явление, связанное со стагнацией в экономике в целом, в среднесрочном периоде теневой сектор будет расти. Уход в теневой сектор часто происходит потому, что это — единственная возможность для предприятия существовать в условиях кризиса.

При этом нельзя не отметить и процессы, которые приводят к снижению доли теневого сектора. Сегодняшний стремительный рост уровня развития информационных технологий способствует сокращению теневого сектора. Только один портал госуслуг отсек различные теневые схемы посреднических услуг. Кроме того, одним из факторов снижения доли теневого сектора стало возрастающее качество законодательного процесса. Раньше эффективность противодействия теневому сектору

была близка к нулю, так как предпринимались попытки помешать схемам, которые уже давно работали и выводили из легального сектора огромные деньги. Сегодня процесс более направлен на предупреждение теневых рисков и выявление таких схем на ранних стадиях.

Одновременно с этим произошла определенная корректировка и в менталитете наших граждан. Если раньше никто не задумывался о последствиях получения так называемых конвертных зарплат, то сегодня большинство серьезно оценивают риски остаться без пенсии. Теневые заработки используются сегодня в основном как некое дополнительное средство улучшить свое материальное положение.

Оценивая перспективы развития теневой экономики, можно предполагать, что объем теневой экономики по мере развития кризиса вырастет до 20...22% с нынешних 15...17%. Торговля и строительство – главные теневые сферы. Причина роста теневого сектора – сокращение числа малых предприятий.

Объем информации о негативном влиянии теневого сектора на экономику страны дал специалистам повод выдвинуть парадоксальную идею о том, что страны с большим распространением теневой экономики лучше переносят рецессию. В качестве примера приводится Греция, в которой теневой сектор является одним из самых развитых в Европе. Доля нелегальной экономической активности в Греции составляет 25% от ВВП. Однако во время глобального кризиса, при дефицитном бюджете и внешнем долге в 125% ВВП, падение экономики в 2009 г. было отмечено всего на 0,7%, в то время как в среднем по ЕС кризисное падение экономики составило 4%. Официальная безработица в Греции – 27% в 2016 г. [4]. При этом никаких серьезных политических потрясений в стране не происходит. Возможная причина – наличие теневого сектора как амортизатора всех потрясений.

## ВЫВОДЫ

Есть основания считать, что теневая экономика имеет тенденцию к сокращению. И все-таки при нынешних кризисных условиях, при которых официальная экономика испытывает большие затруднения и не способна обеспечить эффективную трудовую занятость и приемлемый жизненный уровень людей, теневая экономика обречена на дальнейшее развитие. Возможности применения репрессий и административных мер против нее ограничены. Поэтому необходим поиск экономических решений, которые будут способствовать снижению доли теневой экономики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базовые проблемы развития легкой промышленности (по резолюции 1-го Международного форума "Легпромфорум-2014") // Эксперт. – 2014, №45. С. 10...18
2. Латов Ю.В., Ковалев С.Н. Теневая экономика. – М.: Норма, 2006.
3. Нежникова Е.В., Чаруева М.В., Панельнюк О.В. Микроэкономика / Под ред. проф. Лукмановой И.Г. – М. Изд-во АСВ, 2013.
4. Энгле Н. Россия по-прежнему в тени // Ведомости. – 2015, 23 сентября.
5. TheWorldBank [Электронный ресурс] URL: <http://www5.worldbank.org/eca/russian/data/>

## REFERENCES

1. Bazovye problemy razvitiya legkoj promyshlennosti (po rezoljucii 1-go Mezhdunarodnogo foruma "Legpromforum-2014") // Jekspert. – 2014, №45. S. 10...18.
2. Latov Ju.V., Kovalev S.N. Tenevaja jekonomika. – M.: Norma, 2006.
3. Nezhnikova E.V., Charueva M.V., Papel'njuk O.V. Mikrojekonomika / Pod red. prof. Lukmanovoj I.G. – M. Izd-vo ASV, 2013.
4. Jepple N. Rossija po-prezhnemu v teni // Vedomosti. – 2015, 23 sentjabrja.
5. TheWorldBank [Jelektronnyj resurs] URL: <http://www5.worldbank.org/eca/russian/data/>

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### CURRENT PROBLEMS OF ENERGY EFFICIENT CONSTRUCTION OF OBJECTS OF TEXTILE INDUSTRY

*A.H. ЛАРИОНОВ, М.Ю. ВИКТОРОВ*  
*A.N. LARIONOV, M.YU. VIKTOROV*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),  
The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration)  
E-mail: profflarionov@mail.ru, viceson@gmail.com

*Выявлены и систематизированы современные состояние и проблемы российской текстильной промышленности; аргументировано, что низкая конкурентоспособность отрасли обусловлена высокими издержками производства, среди которых особое место занимает нерациональное потребление энергоресурсов; обоснована необходимость натурального контроля и научно-технического сопровождения снижения энергопотребления зданий при строительстве и создании новых технологий в текстильной промышленности.*

*The modern state and problems of the Russian textile industry are identified and systematized; it's argued that the low competitiveness of the industry caused by the high costs of production, among which a special place is occupied by the irrational use of energy; the necessity of a full-scale control and scientific and technical support to reduce energy consumption of buildings in the construction and development of new technologies in the textile industry is substantiated.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, проблемы, строительство, энергоэффективность, натуральный контроль.

**Keywords:** textile industry, problems, construction, energy efficiency, full-scale control.

Для российской экономики в целом и текстильной промышленности в частности проблема воспроизводства и обновления основных фондов является весьма актуальной, поскольку от успешности ее решения зависит эффективность функционирования этой отрасли на внутреннем рынке и ее конкурентоспособность за пределами нашей страны. Особое значение для решения этой проблемы имеет обеспечение энергоэффективности возводимых объектов при создании новых технологий в текстильной промышленности.

Результаты анализа современного состояния и проблем эксплуатации основных фондов текстильной промышленности, степени их физического износа и воспроизводства [1], [2], [5...7] и др. свидетельствуют о технологической отсталости предприятий исследуемой отрасли в пореформенный период. В частности, Н.В. Яковенко [7] к основным проблемам отрасли относит сокращение объемов производства и реализации натуральных тканей в общем объеме продукции; уменьшение численности занятых

в основном производстве текстильной промышленности; крайне низкий уровень оплаты труда в отрасли и тяжелые условия, не позволяющие обеспечить приток молодежи; морально и физически устаревшее оборудование (износ составляет до 20...25%); низкая инвестиционная активность и др. Все это привело к уменьшению конкурентоспособности выпускаемой продукции и соответственно весьма значительному сокращению объемов ее производства.

Следует подчеркнуть, что в начале реформенного периода в российской текстильной промышленности фактически произошел обвал производства: в натуральном выражении он сократился в 8 раз, а в денежном – в 5 раз. Во многом это было обусловлено разрушением сложившихся в советский период вертикально-интегрированных цепей поставок сырья и готовой продукции, а также массовым наполнением отечественного рынка дешевым импортным текстилем (прежде всего, из Китая) [6].

Сложившуюся ситуацию в отечественной промышленности Е.П. Панкратов [5] объясняет неограниченностью материальных и финансовых ресурсов. Он считает, что нерационально израсходованные инвестиции в развитие основных фондов ограничивают возможности увеличения фонда потребления. При этом интенсификация использования основных фондов, а также рациональное их воспроизводство и обновление позволяют не только увеличить объем производства, но и повысить его эффективность без дополнительных инвестиций в основной капитал (или при значительно меньшей их величине).

Обоснованно, с нашей точки зрения, Е.П. Панкратов считает, что проблема ресурсосбережения и более эффективного использования ресурсов должна стать одним из приоритетов не только в научных и прикладных исследованиях, но и в деятельности органов исполнительной власти, регулирующих экономические процессы в отраслях реального сектора национальной экономики [5, с. 125].

Необходимо отметить, что в значительной степени низкая конкурентоспособ-

ность отечественной текстильной промышленности обусловлена высокими издержками производственных процессов и, в первую очередь, высокой стоимостью и нерациональным потреблением энергоресурсов. Однако результаты наших собственных исследований [3], [8] и др. свидетельствуют о том, что современные технологии, направленные на энергосбережение, но внедряемые в хозяйственную практику без соответствующей квалиметрической оценки их экономической эффективности и апробации, часто приводят не к снижению энергопотребления, а, наоборот, к его повышению.

Существующие в нашей стране в настоящее время способы и методы управления энергосбережением в текстильной промышленности требуют новых, адекватных современным условиям рыночной экономики, эффективных подходов. Мы считаем, что разработка необходимого инструментария управления энергосбережением в текстильной промышленности будет способствовать повышению эффективности функционирования не только данной отрасли, но и всей системы национальной экономики России.

Результаты многочисленных исследований отечественных ученых и экспертов [1...3], [6], [7] и др. свидетельствуют о том, что у нас имеется значительный экономический потенциал энергосбережения: реально можно сократить энергопотребление в отдельных отраслях промышленности более чем в два раза.

Однако при стремлении решить данную проблему посредством перехода на новые технологии отечественные предприниматели сталкиваются практически повсеместно с консерватизмом местных и региональных чиновников, лоббированием ими отнюдь не энергоэффективных технологий, а также с традиционностью проектирования строительства зданий и создания новых технологий в текстильной промышленности.

В связи с этим особую актуальность приобретают научно-методические разработки, позволяющие в текстильной промышленности корректно осуществлять

контроль соответствия фактических показателей энергоэффективности зданий, сооружений и технологий заданным параметрам. Именно поэтому не только менеджменту предприятий текстильной промышленности, но и органам исполнительной власти на федеральном и региональном уровнях следует уделять должное внимание установлению причин несоответствия вновь вводимых в эксплуатацию и уже эксплуатирующихся объектов требованиям энергоэффективности в соответствии с федеральным законодательством [4].

В рамках проводимого исследования следует отметить, что в условиях глобального экономического кризиса наша страна несет значительные потери от недооценки в пореформенный период проблем энергосбережения и энергоэффективности в строительстве и промышленности: энергоемкость валового национального продукта в России вдвое выше среднемировой.

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" [4] энергосбережение – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергоресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Законодатель распространил правомочность проведения энергетического обследования в отношении зданий, строений, сооружений, энергопотребляющего оборудования, объектов электроэнергетики, источников тепловой энергии, тепловых сетей, систем централизованного теплоснабжения, централизованных систем холодного водоснабжения и (или) водоотведения, иных объектов системы коммунальной инфраструктуры, технологических процессов, а также в отношении юридических лиц, индивидуальных предпринимателей.

Энергетические обследования должны проводиться в целях получения корректной информации о количестве потребляемой энергии зданиями, сооружениями и технологическим оборудованием не только для расчета значений их энергоэффективности и потенциала энергосбережения, но и выработки системы мер по сокращению энергопотребления и повышению их энергетической эффективности.

При этом для численной оценки пределов влияния выявляемых в процессе исследований методологических неточностей и допущений в действующих нормативных документах на расхождение фактических и проектных значений удельного энергопотребления зданий и технологий в текстильной промышленности следует разрабатывать математические модели и средства их компьютерной реализации. Реализация такого подхода позволит учитывать влияние на удельное энергопотребление зданий ряда ключевых характеристик: поступление тепла от солнечных лучей в отопительный период; выделений тепла от технологического оборудования и бытовых приборов; влажности наружных стен и процессов, связанных с их осушением и т.д.

Научная ценность и практическая значимость результатов таких исследований заключается в том, что полученные данные апробируются и подтверждаются результатами численных, лабораторных и натурных экспериментов и замеров.

Кроме того, интерес менеджмента предприятий текстильной промышленности к конкретике и оцифровке энергопотребления особенно возрастает в условиях экономического кризиса: рост тарифов в таких условиях обуславливает не только увеличение издержек собственно производства – ситуация усугубляется отказом большинства субъектов РФ от субсидирования тарифов на потребление энергоресурсов.

По итогам проведения подобных исследований следует разрабатывать специальные программы и методики, позволяющие тиражировать их не только на строительство объектов и создание новых технологий

в текстильной промышленности, но и применять для таких же целей в других отраслях национальной экономики.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены и систематизированы основные проблемы функционирования и развития отечественной текстильной промышленности: износ основных фондов; высокие издержки производства, в основе которых лежат высокие тарифы на энергоносители; низкая конкурентоспособность отрасли как на мировом, так и на внутреннем рынках и прочее.

2. Обосновано, что конкретика и оцифровка энергопотребления в текстильной промышленности особенно возрастает в условиях экономического кризиса. Во многом это обусловлено тем, что рост тарифов в таких условиях вызывает не только увеличение издержек собственно производства – ситуация усугубляется отказом большинства субъектов РФ от субсидирования тарифов на потребление энергоресурсов.

3. Аргументировано, что научное и техническое сопровождение снижения энергопотребления зданий, сооружений и технологий в текстильной промышленности – эффективный и перспективный инструментарий государственной и региональной политики в области энергосбережения и повышения энергоэффективности отрасли. Научная ценность и практическая значимость результатов таких исследований заключается в том, что полученные данные апробируются и подтверждаются результатами численных, лабораторных и натуральных экспериментов и замеров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Евдокимова Л.И.* Современные проблемы позиционирования текстильной промышленности в экономике России // *Аграрный вестник Урала.* – 2011, № 3. С. 93...95.
2. *Капицын В.М., Герасименко О.А., Андронova Л.Н.* Пути выхода текстильной промышленности из кризиса // *Проблемы прогнозирования.* – 2000, №2. С. 48...60.

3. *Ларионов А.Н., Ларионова Ю.В.* Обоснование направлений повышения энергоэффективности жилищного строительства и снижения энергопотребления в ЖКХ // *Экономика и предпринимательство.* – 2014, № 5 ч. 2 (46-2). С. 911...917.

4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ. [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы "Консультант-Плюс".

5. *Панкратов Е.П., Панкратов О.Е.* Основные фонды строительства: воспроизводство и обновление. – М.: Экономика, 2014.

6. Текущее состояние и перспективы развития легкой промышленности в России // *Мат. XV-й Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 1-4 апр. 2014 г.* – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014.

7. *Яковенко Н.А.* Тенденции и перспективы развития текстильной промышленности депрессивного региона (Ивановская область) // *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология.* – 2015, № 4. С. 121...128.

8. *Larionov Arkadij.* Strengths and Weaknesses of Energy-saving Management in Housing and Public Service: Russian Experience // *Journal of Applied Sciences, 14: 2374-2379, 2014. ISSN 1812-5654* (<http://scialert.net/qredirect.php?doi=jas.0000.63484.63484&linkid=pdf>).

## REFERENCES

1. *Evdokimova L.I.* Sovremennyye problemy pozitsionirovaniya tekstil'noj promyshlennosti v jekonomike Rossii // *Agrarnyj vestnik Urala.* – 2011, № 3. S. 93...95.
2. *Kapitsyn V.M., Gerasimenko O.A., Andronova L.N.* Puti vyhoda tekstil'noj promyshlennosti iz krizisa // *Problemy prognozirovaniya.* – 2000, №2. S. 48...60.
3. *Larionov A.N., Larionova Ju.V.* Obosnovanie napravlenij povysheniya jenergojeffektivnosti zhilishhnogo stroitel'stva i snizheniya jenergopotrebleniya v ZhKH // *Jekonomika i predprinimatel'stvo.* – 2014, № 5 ch. 2 (46-2). S. 911...917.
4. Ob jenergosberezhenii i o povyshenii jenergeticheskoj jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii ot 23.11.2009 № 261-FZ. [Elektronnyj resurs]: Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy "Konsul'tant-Pljus".
5. *Pankratov E.P., Pankratov O.E.* Osnovnye fondy stroitel'stva: vosproizvodstvo i obnovlenie. – М.: Jekonomika, 2014.
6. *Tekushhee sostojanie i perspektivy razvitija legkoj promyshlennosti v Rossii* // *Мат. XV-j Mezhdunar. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 1-4 апр. 2014 г.* – М.: Изд. дом Vysshej shkoly jekonomiki, 2014.



7. Jakovenko N.A. Tendencii i perspektivy razvitija tekstil'noj promyshlennosti depressivnogo regiona (Ivanovskaja oblast') // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 3: Jekonomika. Jekologija. – 2015, № 4. S. 121...128.

8. Larionov Arkadij. Strengths and Weaknesses of Energy-saving Management in Housing and Public Service: Russian Experience // Journal of Applied Sciences,

14: 2374-2379, 2014. ISSN 1812-5654 (<http://scialert.net/qredirect.php?doi=jas.0000.63484.63484&linkid=pdf>).

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве МГСУ. Поступила 28.12.16.

УДК 338.45:69

## **ВЫБОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

### **CHOOSING ENERGY EFFICIENT ENVIROMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES IN DEFICIT SITUATION OF ENERGY**

*В.П. ЛУГОВАЯ*

*V.P. LUGOVAJA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

E-mail: lug-valeriya@yandex.ru

*Инновационные технологии в текстильной промышленности, направленные на экономию затрат тепла и экологичность помещений и окружающей среды, – одно из главных направлений развития производства. Применение альтернативных источников тепла для производства и жизнедеятельности человека позволит улучшить экологичность помещений и окружающей среды. Особенности методов подхода к оценке экономической эффективности энергосберегающих решений позволят делать правильный выбор экономически целесообразных проектов.*

*Innovative technology in the textile industry aimed at heat saving costs and environmental facilities and the environment is one of the the main directions of development of production. The use of alternative sources of heat for the production and human life will improve the ecology of space and the environment. Features of methods of approach to the evaluation of economic effectiveness of energy-saving solutions will allow to make the right choice of economically feasible projects.*

**Ключевые слова:** энергоресурсы, экологические проблемы, эффективность, экологичность, инвестиции.

**Keywords:** energy resources, environmental problems, efficiency, environment, investment.

В настоящее время особое значение приобретают проблемы экологичности, энергосбережения и ориентация на иннова-

ционные решения, направленные на энергосбережение, как важную задачу по сохранению природных ресурсов не только в

России, но и во всем мире. Сейчас большую роль играет не только комфорт, но и экологичность здания, а энергосбережение становится одним из основных приоритетов в деятельности любой компании. Причиной такого явления стала высокая стоимость энергоносителей и их ограниченность, а также загрязнение окружающей среды [1]. Основной целью данной идеи является сокращение общего влияния застройки на окружающую среду и здоровье человека, что достигается за счет:

- эффективного использования энергии, воды и других ресурсов;
- поддержания здоровья жителей и повышения эффективности деятельности работников;
- сокращения отходов, выбросов и других воздействий на окружающую среду.

Поэтому на сегодняшний день "зеленое строительство" является одним из популярнейших направлений стройиндустрии.

Показателем энергоэффективности (энергосбережения) объекта служат потери тепловой энергии с квадратного метра ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ) в год или за отопительный период. Обычно потери составляют 100...120  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ . В России энергосберегающей считается постройка, потери тепла в которой ниже 40  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , в европейских странах установлен показатель примерно 10  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ .

Существует несколько направлений инновационных энергосберегающих решений, в которых основополагающими подходами являются [2]:

- сбережение энергии, содержащейся и выделяемой внутри здания, путем теплоизоляции и герметизации ограждающих конструкций и цокольного этажа (подвала);
- возвращение энергии, сбрасываемой в результате обязательных процессов, – вентиляции, водоотведения;
- введение внутрь здания энергии окружающей среды, – солнечное излучение, тепло наружного воздуха и грунта.

*Направление на "нулевой" дом*, который может самостоятельно вырабатывать тепло и электричество для нужд его обитателей, должен быть полностью независимым от внешних тепло- и электросетей. Это может

достигаться за счет использования солнечных панелей для сбора энергии, правильной организации воздухопроводов для экономии на обогреве и кондиционировании, биореакторов, которые умеют получать энергию из органических отходов, и систем сбора дождевой воды, для того чтобы в дальнейшем ее можно было использовать для потребления. Оборудование здания комбинированной системой горячего водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, включающей в себя энергоактивные ограждающие конструкции, тепловой насос, сезонный аккумулятор тепла, и использующей возобновляемые источники энергии [3].

Высокая эффективность работы системы может достигаться за счет использования в холодный период года запасаемого в теплый период года избытка тепла и соответствующего увеличения термического коэффициента теплового насоса, обусловленного повышением температурного уровня низкопотенциального источника тепла (сезонного аккумулятора тепла). В теплый период увеличивается холодильный коэффициент теплового насоса, что обусловлено снижением температурного уровня конденсатора; приточно-вытяжная система вентиляции с рекуператором тепла, совмещенная с центральным фанкойлом отопления-кондиционирования.

Необходимый объем энергопотребления может быть получен за счет применения инновационных энергетических систем: ветрогенератора, солнечной "электростанции" средней мощности и газогенератора.

*Направление на "экодом" или пассивный дом* – это независимая энергетическая система, вообще не требующая расходов на поддержание комфортной температуры для человека. Экологически чистое жилье, обеспечивающее комфорт человеку и не наносящее урона окружающей среде. В доме применяется эффективная теплоизоляция на основе современных качественных утеплителей, эффективная инженерия, и это дает возможность не только снизить

расходы на отопление дома до нулевой отметки, но и генерировать энергию. Такой дом не требует затрат на отопление или – минимум затрат. Решается эта задача прежде всего за счет конструктивных особенностей постройки. Эффективное утепление, отсутствие мостиков холода в материалах и узлах примыканий, герметичность, геометрия здания и ориентация по сторонам света, зонирование помещений позволяют снизить теплопотери до минимума или вообще до нуля. В идеале пассивный дом должен обогреваться за счет тепла бытовых приборов и биотепла жильцов. Дополнительный обогрев, в случае нужды, обеспечивается не с помощью котла, а посредством, например, теплового насоса или солнечных водонагревателей [4].

Обеспечение энергоэкономичности здания требует дополнительных затрат на строительство, в калькуляции дополни-

тельных издержек на такое здание необходимо принимать во внимание разницу между стоимостью стандартных и энергосберегающих изделий. Например, стоимость увеличения толщины изоляции, разница в стоимости окон и дверей стандартных и энергосберегающих, разница в стоимости систем отопления и вентиляции и т.д. Увеличение размера инвестиций, в зависимости от выбранных решений, составляет в совокупности от нескольких до 12% стоимости стандартного объекта.

Проведение экономического сравнения применения альтернативных источников электроэнергии с обычной системой электроснабжения от городских сетей за 10 лет службы с коэффициентом дисконтирования 18%. Оценка экономической эффективности энергогенерирующего оборудования и обычного – от городских сетей – представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Годы эксплуатации	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Годовой экономический эффект	-1036,67	7,57	15,63	25,31	36,97	50,85	67,57	87,64	111,17	37,61
Коэффициент дисконтирования	1	0,85	0,72	0,61	0,52	0,44	0,37	0,32	0,27	0,23
Приведенный годовой экономический эффект	-1036,67	6,42	11,26	15,48	19,17	22,41	25,28	27,83	30,12	7,47
NPV за 10 лет	- 871,24 тыс. руб.									

По результатам оценки экономической эффективности получаем:

- использование энергосберегающих решений удорожает строительство коттеджей, но сокращает эксплуатационные расходы;

- эксплуатационные расходы на горячее водоснабжение, отопление, вентиляцию и кондиционирование энергоактивного здания в 4...8 раз меньше, чем для аналогичного здания, оснащенного газовым котлом и кондиционером (в ценах на энергоносители 2010 г.);

- отрицательный чистый дисконтированный доход говорит о том, что при постоянном коэффициенте дисконтирования за 10 лет и при постоянных ценах на электроэнергию затраты на приобретение и ис-

пользование альтернативных источников энергии не окупятся;

- проводить экономическую оценку эффективности и определять экономический эффект применения надо за весь срок эксплуатации объектов с учетом изменений цен на энергоносители;

- затраты по эксплуатации рассмотренных объектов будут меньше затрат на обычное жилье, если учесть постоянный рост цен на отопление, горячую воду и электроэнергию;

- эксплуатация энергоактивного здания является наиболее экологически чистым вариантом обеспечения комфортных условий для людей, а также наиболее удобной для регулирования, автоматизации и безопасности.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных расчетов можно удостовериться в экономичности предлагаемых инновационных решений по энергосбережению. Именно поэтому предложенный механизм экономической оценки энергоэффективных инновационных решений в условиях изменения среды жизнедеятельности, с учетом инфляционных процессов, в котором одним из основных элементов являются альтернативные источники энергии, предполагает наличие методики оценки экономического и социального эффекта инвестиционной деятельности и является необходимым.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Луговая В.П., Карамзина А.А. Краткий обзор инновационных решений энергосбережения (на примере коттеджного строительства) // Научное обозрение. – 2016, №6.
2. Лукманова И.Г., Нежникова Е.В., Аксенова А.А. Создание системы менеджмента качества, охраны здоровья, безопасности и экологии в строительной отрасли: – М.: МГСУ, 2014.
3. Borg L., Song H.-S. Quality change and implications for productivity development: Housing construction in Sweden 1990-2010 // Journal of Construction Engineering and Management. – Vol. 141, № 1, January 2015. P. 421...434.
4. Nuuter T., Lill I., Tupenaite L. Comparison of housing market sustainability in European countries based on multiple criteria assessment // Land Use Policy. – Vol. 42, 2015. P. 642...651.
5. Heravi G., Jafari A. Cost of quality evaluation in mass-housing projects in developing countries // Journal of Construction Engineering and Management. – Vol. 140, №5, May 2014. P. 172...181.
6. Manzo L.C. On uncertain ground: being at home in the context of public housing redevelopment // International Journal of Housing Policy. – Vol. 14, № 4, October 2014. P. 389...410.
7. Ju S.R., Lee L., Jeon S.-Y. The typologies of block and unit plan in Malaysian apartments - Focused on middle cost houses supplied by the private sector // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – Vol. 13, №2, 2014. P. 397...404.

8. Mirsaedie L. Application of industrialized building systems (IBS) in rural settlements towards sustainability // World Applied Sciences Journal. – Vol. 16, № 5, 2012. P. 729...733.

9. Kilkış Ş. Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities // Journal of Cleaner Production. – Vol. 130, September 2016. P. 222...234.

## REFERENCES

1. Lugovaja V.P., Karamzina A.A. Kratkij obzor inovacionnyh reshenij jenergosberezenija (na primere kottedzhnogo stroitel'stva) // Nauchnoe obozrenie. – 2016, №6.
2. Lukmanova I.G., Nezhnikova E.V., Aksenova A.A. Sozdanie sistemy menedzhmenta kachestva, ohrany zdorov'ja, bezopasnosti i jekologii v stroitel'noj otrasli: – М.: MGSU, 2014.
3. Borg L., Song H.-S. Quality change and implications for productivity development: Housing construction in Sweden 1990-2010 // Journal of Construction Engineering and Management. – Vol. 141, № 1, January 2015. P. 421...434.
4. Nuuter T., Lill I., Tupenaite L. Comparison of housing market sustainability in European countries based on multiple criteria assessment // Land Use Policy. – Vol. 42, 2015. P. 642...651.
5. Heravi G., Jafari A. Cost of quality evaluation in mass-housing projects in developing countries // Journal of Construction Engineering and Management. – Vol.140, №5, May 2014. P. 172...181.
6. Manzo L.C. On uncertain ground: being at home in the context of public housing redevelopment // International Journal of Housing Policy. – Vol. 14, № 4, October 2014. P. 389...410.
7. Ju S.R., Lee L., Jeon S.-Y. The typologies of block and unit plan in Malaysian apartments - Focused on middle cost houses supplied by the private sector // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – Vol. 13, №2, 2014. P. 397...404.
8. Mirsaedie L. Application of industrialized building systems (IBS) in rural settlements towards sustainability // World Applied Sciences Journal. – Vol. 16, №5, 2012. P. 729...733.
9. Kilkış Ş. Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities // Journal of Cleaner Production. – Vol. 130, September 2016. P. 222...234.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

## СИСТЕМА КОНКУРЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ НА СОВРЕМЕННОМ РЫНКЕ

### THE SYSTEM OF COMPETITIVE RELATION ON THE MARKET TODAY

*И.Г. ЛУКМАНОВА*  
*I.G. LUKMANOVA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: lukmanova@mgsu.ru

*В статье рассмотрены аспекты конкурентных отношений на современном рынке текстильной промышленности. Приводится иерархия и взаимосвязь понятий конкурентного рынка. Определено факторное пространство, в котором формируются конкурентные преимущества предприятий. Предложен состав конкурентного потенциала предприятия и определен вид функциональной зависимости величины потенциала от его составляющих. Разработана классификация конкурентных стратегий предприятия. Дан анализ основных типов конкурентного статуса предприятий текстильной отрасли.*

*The article considers the aspects of competitive relations on the market of tech-stylish industry. Shows the hierarchy and interrelation of the concepts of a competitive market. Defined factor space, in which are formed the competitive advantages of enterprises. The proposed structure of the competitive potential of the enterprise and defined the functional dependence of the potential value from its components. The classification of competitive strategies of enterprises. The analysis of the main types of competitive status of the textile industry.*

**Ключевые слова:** конкурентные отношения, конкуренция, конкурентные преимущества, потенциал развития предприятий текстильной промышленности, конкурентные стратегии, тип конкурентного положения предприятия на рынке текстильной продукции.

**Keywords:** competitive relations, competition, competitive advantages, development potential enterprises of the textile industry, competitive strategies type of competitive situation of the company in the market of textile products.

В иерархии действующей современной системы конкурентных отношений конкуренция занимает верхний уровень, затем идет конкурентоспособность, далее следуют конкурентные преимущества, составляющие в сумме конкурентный потенциал, и эту пирамиду замыкают конкурентные стратегии, позволяющие реализовать имеющийся потенциал. Рассмотрим вышеперечисленные понятия в следующем порядке:

конкуренция → конкурентоспособность → конкурентные преимущества → конкурентный потенциал → конкурентные стратегии.

Конкуренция – это возможность предприятия реализовать свои конкурентные преимущества на рынке в следующих основных аспектах: уровень качества продукции; снижение издержек производства; цена продажи; качество и объем услуг по-

слепродажного обслуживания; минимизация затрат на эксплуатацию (использование) продукции; эффективность использования живого труда (человеческий аспект); своевременность разработки и внедрения инноваций; рациональная маркетинговая политика [4].

Целенаправленный учет этих направлений является основой конкурентоспособности предприятия и обеспечивает ему соответствующую долю на рынке аналогичной продукции. В фокусе рыночных отношений конкуренция играет роль основной движущей силы, которая определяет взаимодействие всех субъектов рынка. На любом этапе циклического развития экономики показатель конкурентоспособности не теряет своей актуальности, являясь одним из основных критериальных показателей эффективности деятельности как отдельных предприятий, так и отрасли в целом.

Конкурентоспособность предприятия – это многогранное и многоаспектное понятие, характеризующее управляемые свойства предприятия и его положение на конкретном рынке в определенный период времени. Как экономическая категория, конкурентоспособность – это экономически оцениваемый на соответствующем рынке результат эффективности деятельности конкретного предприятия, причем оценивать его можно как в количественном, так и в качественном выражении [1]. При рассмотрении конкурентоспособности можно применить дуальный подход: с одной стороны, конкурентоспособность, как уже было сказано, это результат деятельности; с другой стороны – это использование предприятием своих конкурентных преимуществ с наибольшей степенью эффективности.

Концепция становления и развития конкурентных преимуществ пережила несколько этапов, которые связаны с именами известных ученых-экономистов [2].

В основе первого этапа лежит теория абсолютных преимуществ А. Смита, который во главу угла ставил наличие и использование природных ресурсов с учетом климатических условий. Второй этап – это "теория сравнительных издержек" Д. Риккардо и Д.С. Миля, которые впервые предложили

учитывать издержки производства. Ученые-экономисты Э. Хекшер, Б. Олин и П. Самуэльсон, авторы "Теории сравнительных преимуществ", добавили необходимость учета всей совокупности производственных факторов, включая организационно-контрольные.

Авторство современной теории конкурентных преимуществ принадлежит американскому ученому М. Портеру. В основе его концепции конкурентных преимуществ национальных экономик в целом лежат принципы стратегии обеспечения конкурентоспособности отдельных отраслей, с учетом всей совокупности факторов экономических взаимоотношений [3]. В основе методологии конкурентных преимуществ отдельных стран М. Портера лежит основополагающая модель "Национального ромба", характеризующая четыре основные составляющие подсистемы, находящиеся во взаимодействии [2]:

- факторные условия (капитал, инфраструктура, технология, квалифицированная рабочая сила и т.п.);
- рыночные параметры спроса и предложения;
- взаимосвязанные отрасли экономики (конкурентоспособные, смежные, родственные, обслуживающие и поддерживающие);
- конкурентные стратегии предприятий и отраслей, их методы и структуры.

М. Портер также предлагает учитывать в модели влияние государственной нормативно-правовой системы, а также различные ситуационные риски. Конкурентные преимущества в системе "Национального ромба", находясь во взаимодействии, дают синергетический эффект, как результат целостности системы и усиление одних преимуществ за счет связей с другими. Сущность конкурентных преимуществ можно определить как динамически изменяющиеся внутренние возможности и особенности предприятия, позволяющие ему конкурировать с другими фирмами на конкурентном рынке в определенный период времени в соответствующем факторном пространстве.

Факторная основа предопределяет наличие и величину конкурентных преимуществ, так как они характеризуют свойства, присущие конкретному предприятию и его продукции, и могут изменяться под влиянием внешних и внутренних условий.

К внешним факторам на макро- и мезоуровне можно отнести:

- уровень конкурентоспособности страны, отрасли, региона;
- государственное нормативно-правовое регулирование всех сфер предпринимательской деятельности;
- научный уровень управления, инновационного развития;
- развитие инфраструктуры;
- наличие природных ресурсов;
- система подготовки и повышения квалификации кадров, демографическая политика;
- состояние рынков, уровень конкуренции;
- климатические и другие географические условия.

Для предприятия внешние факторы влияния являются неуправляемыми и к ним приходится приспосабливаться и учитывать их влияние при формировании конкурентных преимуществ.

Внутренние факторы, определяющие конкурентные преимущества предприятий, можно распределить по следующим классификационным группам:

- организационно-структурные;
- управленческо-координационные;
- материально-технические (ресурсные, включая человеческие ресурсы);
- технико-технологические (включая инновационные);
- итогово-аналитические (включая финансово-экономические показатели деятельности).

Конкурентные преимущества предприятия формируют стратегический конкурентный потенциал, который предприятие должно реализовать с максимальной эффективностью. На рис. 1 представлена структура конкурентного потенциала фирмы.

Все составляющие потенциала должны формироваться на инновационной основе, что обеспечит предприятию получение

максимального эффекта в данный период времени.



Рис. 1

Зависимость потенциала от составляющих можно описать функцией:

$$КП_i = f(\alpha_1 S_{т}; \alpha_2 S_p; \alpha_3 S_{рм}; \alpha_4 S_{ин}; \alpha_5 S_{ис}; \alpha_6 S_{с}),$$

где  $\alpha_1; \dots; \alpha_6$  – весомости каждой составляющей, определяемые на основе результатов экспертного опроса.

Реализация имеющегося конкурентного потенциала – это основное целевое направление обеспечения конкурентоспособности в общей системе управления всей деятельностью предприятия, включающей концепцию управления конкурентоспособностью. Управление конкурентоспособностью предприятий должно быть направлено на разработку стратегических планов реализации конкурентных преимуществ и их развития в условиях динамически изменяющихся внешних и внутренних факторов. Стратегически обоснованная конкурентная политика компании обеспечит ее успешное функционирование на рынке в долгосрочной перспективе, своевременно адаптируясь к изменениям внешней среды [1].

При выборе и разработке стратегии обеспечения конкурентоспособности нельзя ориентироваться только на какой-то один, может быть весьма важный, критерий или показатель деятельности и применять только один известный метод. Необходим комплексный подход, аккумулирующий в себе набор методов, приемов, моделей и методик, позволяющий интегрировать и учи-

тивать все аспекты функционирования предприятия и важнейшие факторы влияния, определяющие существующую деятельность и возможности дальнейшего стратегического развития.

Исследованию стратегий конкурентного развития компаний посвящены труды известных ученых М. Портера, Ф. Котлера, И. Ансоффа и др. [3]. Можно выделить два основных методологических подхода к разработке конкурентных стратегий развития предприятий [5]: ресурсный, или производственно-технологический; компетентностный, или организационно-управленческий. Как показывает анализ, применение этих двух подходов в комплексе позволяет максимально эффективно реализовать конкурентный потенциал компании, который, как правило, зависит от наличия у нее ресурсов и квалифицированного персонала управления.

Различают четыре типа конкурентного поведения предприятия на рынке [6]:

- виоленты – предприятие ориентируется на минимизацию себестоимости продукции, используя эффект масштаба;
- эксплеренты – предприятия нацелены на активное внедрение инноваций, создают новые виды продукции, используют свое первенство на рынке;
- пациенты – предприятия выпускают узкоспециализированную дорогостоящую продукцию высокого качества, ориентируясь на конкретный уровень платежеспособности клиентов;
- коммутанты – предприятия производят стандартную продукцию широкого ассортимента, ориентируясь на удовлетворение стандартных, типичных потребностей локального рынка.

М. Портер определил пять детерминант рынка и внешней среды, определяющих выбор конкурентной стратегии [5]: реальная возможность появления на рынке новых сильных предприятий-конкурентов; возможность поставщиков менять цены на ресурсы; способность клиентов снижать цены путем торга; возможность создания новых инновационных товаров-заменителей.

С учетом методических подходов и детерминант для определения политики обеспечения конкурентоспособности автором предлагается классификация стратегий конкурентного развития предприятий, которая представлена на рис. 2.

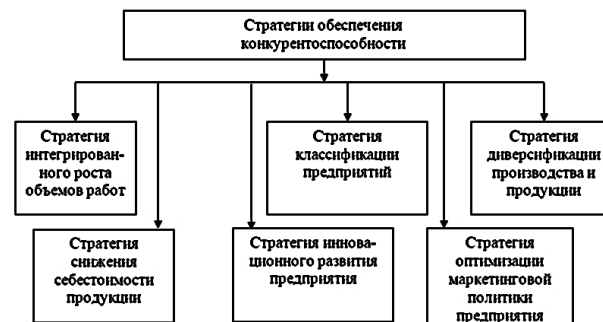


Рис. 2

## ВЫВОДЫ

Анализ конкурентных отношений показывает, что конкурентоспособность предприятия обеспечивается его конкурентными преимуществами и потенциалом развития, которые можно эффективно реализовать с помощью правильно выбранной стратегии с учетом факторов риска внешней среды. Наличие конкурентных преимуществ и выбор соответствующей конкурентной стратегии определяют конкурентный статус предприятия и тип его конкурентного положения на рынке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лукманова И.Г., Казинец Л.А. Повышение конкурентоспособности строительных организаций в условиях саморегулирования // Недвижимость: Экономика, управление. – 2010, №1-2.
2. Савельева Н.А. Управление конкурентоспособностью фирмы. – Ростов-на-Дону: Изд-во "Феникс", 2010.
3. Бринк И.Ю., Савельева Н.А. Бизнес-план предприятия. Теория и практика. – Ростов-на-Дону: Изд-во "Феникс", 2002.
4. Лукманова И.Г. Концептуально-методологический подход к созданию комплексной системы обеспечения качества экологичности и безопасности в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. – 2014, №4.
5. Портер М. Конкуренция / Пер. с англ. – М.: Изд-во "Вильямс", 2006.
6. Азов Г.Л., Челенков А.П. Конкурентные преимущества фирмы. – М.: Новости, 2006.



## REFERENCES

1. Lukmanova I.G., Kazinec L.A. Povyshenie konkurentosposobnosti stroitel'nyh organizacij v uslovijah samoregulirovaniya // Nedvizhimost': Jekonomika, upravlenie. – 2010, №1-2.
2. Savel'eva N.A. Upravlenie konkurentosposobnost'ju firmy. – Rostov-na-Donu: Izd-vo "Feniks", 2010.
3. Brink I.Ju., Savel'eva N.A. Biznes-plan predpriyatija. Teorija i praktika. – Rostov-na-Donu: Izd-vo "Feniks", 2002.

4. Lukmanova I.G. Konceptual'no-metodologicheskij podhod k sozdaniju kompleksnoj sistemy obespechenija kachestva jekologichnosti i bezopasnosti v stroitel'stve // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014, №4.

5. Porter M. Konkurencija / Per. s angl. – M.: Izd-vo "Vil'jams", 2006.

6. Azoev G.L., Chelenkov A.P. Konkurentnye preimushhestva firmy. – M.: Novosti, 2006.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 69.003

## КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

### CUSTOMER-CENTRIC APPROACH TO SECURING BUSINESS COMPETITIVENESS

*И.Г. ЛУКМАНОВА, Е.Е. ЛАДЫГИНА*  
*I.G. LUKMANOVA, E.E. LADYGINA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

E-mail: lukmanova@mgsu.ru, katyaladigina@mail.ru

*В условиях стагнации экономики снижается потребительский спрос и соответственно усиливается конкуренция на товарном рынке текстильной продукции. Такая ситуация требует разработки и внедрения новых методов работы с клиентами. Одним из основных направлений изменения политики предприятий текстильной промышленности является разработка и применение клиентоориентированного подхода к управлению деятельностью фирмы на основе совершенствования организационно-управленческой структуры предприятия с целью активизации продуктивного сотрудничества с потребителями, улучшения качества продукции и послепродажного сервиса.*

*In a stagnant economy reduced consumer demand and intensified competition on the product market of construction products. This situation requires the development and implementation of new methods of working with clients. One of the main directions of policy change the construction industry is the development and application of a customer-oriented approach to the management of the activities of the company on the basis of perfection of organizational-managerial structure of the enterprise to enable product collaboration with consumers, improve product quality and after-sales service.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, потребительские предпочтения, клиентоориентированность, управление конкурентоспособностью, клиентоориентированная стратегия, факторы, влияющие на уровень клиентоориентированности предприятий.

**Keywords: competitiveness, consumer preferences, customer focus, competitiveness management, customer-oriented strategy, the factors influencing the level of customer orientation of enterprises.**

В постоянно меняющихся рыночных условиях, характеризующихся снижением макроэкономических показателей, ростом безработицы, социальной нестабильности общества и снижением покупательной способности граждан, необходимы новые подходы к обеспечению конкурентоспособности предприятий. В связи с чем для достижения успеха предприятию необходимо развивать его отличительные способности и компетенции, позволяющие ему ориентироваться на потребности клиента и побеждать в конкурентной борьбе. Динамичность изменения условий рынка определяет необходимость разработки и использования такого подхода к управлению компанией, который обеспечит комплексное решение по формированию конкурентных преимуществ и создаст условия для ее эффективного функционирования на постоянной основе.

Необходимость поиска альтернативных путей для получения конкурентного преимущества вызвана глубокими изменениями в требованиях к функционированию современных предприятий, которые вызваны глобализацией, усилением и диверсификацией конкуренции, развитием, ростом доступности новых технологий и вариабельностью ожиданий потребителей.

Вышеперечисленные изменения расширили возможные направления деятельности компаний и ускорили переход к более клиентоориентированным стратегиям. Предприятиям стало очевидно, что просто предлагать новый вид продукта уже недостаточно, и главным отличием стала исключительность и качество не только самого товара, но и предоставляемого сервиса. Развитие сервисного направления, в свою очередь, требует притока и привлечения клиентов, и поэтому он значительно тяжелее, чем продукт, принимает изменения и постоянно требует адаптации к новым условиям и требованиям [1].

Рынок как экономический институт изменил суть взаимоотношений производи-

теля и потребителя: от доминирования производителя он трансформировался в диктатуру потребителя, то есть рынок стал клиентоориентированным. Поэтому при ведении бизнеса предприятие должно учитывать проведения следующих активностей [2]:

- постоянный систематический анализ потребительских предпочтений и конкурентов способствует клиентоориентированному подходу;

- использование инновационных технологий в управлении предприятием способствует устойчивому, конкурентоспособному, а также стратегически ориентированному функционированию;

- оптимизацию организационной структуры предприятия, что ведет к минимизации издержек и повышению конкурентных преимуществ;

- разработка и реализация клиентоориентированной стратегии способствует устойчивому развитию бизнеса.

Несмотря на то что в теории управления конкурентоспособностью предприятий достаточно много упоминается о необходимости нацеленности на клиента и его потребности, на сегодняшний день многие российские компании сконцентрированы на своем продукте. Работа с клиентом в большинстве российских компаний ограничивается эффективными продажами, а прибыльность компании и динамика продаж зависит не от качества работы с клиентом, а от их количества. Зачастую в таких компаниях клиентская политика характеризуется валовым доходом и направлена только на активное привлечение новых клиентов, а не на выстраивание долгосрочных отношений с уже имеющимися клиентами.

Многообразие определения "клиентоориентированность" говорит о том, что оно не имеет четкой формулировки. В то же время и практика современных предприятий показывает, что нет понимания того, что такое клиентоориентированность предприятия, какими показателями она оценивается и как ее измерять. В связи с этим ав-

торами предложено следующее понятие клиентоориентированности.

Клиентоориентированность – это целенаправленные и системные действия предприятия, направленные не только на наиболее полное удовлетворение имеющихся у клиента потребностей, но и на их предвосхищение с целью обеспечения устойчивого, конкурентоспособного положения на рынке и соответственно получения дополнительной прибыли.

Для того чтобы на практике реализовать клиентоориентированный подход, необходимо в первую очередь трансформировать внутренние бизнес-процессы, системы обучения и мотивации персонала. Помимо внутренних процессов клиентоориентированность подразумевает четкое позиционирование предприятия и дифференциацию конкурентов, а также использование инновационных технологий [2].

Инструменты эффективного управления взаимодействием с клиентами имеют существенное значение, а решения соответствующих клиентоориентированных задач – жизненно необходимы для предприятий. Оптимизация взаимоотношений с покупателями позволит снизить расходы на их привлечение и удержание, более рационально распределить между ними свой маркетинговый бюджет, укрепляя тем самым свои позиции на рынке и увеличивая в долгосрочной перспективе прибыль.

Выделим девять ключевых компонентов клиентоориентированности: продукт/услуга; персонал компании; бизнес-процессы; сервис; правила и стандарты; менеджмент предприятия; клиентоориентированная стратегия; инновации.

Внедрение клиентоориентированной стратегии осуществляется путем организации бизнес-процессов, способствующих созданию клиентоориентированного товара/услуги, и клиентонаправленности персонала и сервиса с учетом инноваций в отрасли [4].

Стратегия, управление, бизнес-процессы, товары/услуги, сервис формируются в соответствии с правилами и стандартами ИСО9000, которые представляют серию международных стандартов, описывающих

требования к системе менеджмента качества организаций и предприятий, которые в свою очередь формируются под воздействием требований клиентов. На основе обратной связи с персоналом, напрямую взаимодействующим с клиентом, руководство предприятия корректирует стратегические направления управления всей деятельностью.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что предприятие должно взаимодействовать в едином информационном поле. Такое требование к единому информационному полю связано с наступлением информационной эпохи, в которой произошла существенная трансформация конкуренции товаропроизводителей на потребительском рынке. Главной причиной этого изменения является то, что основным субъектом рынка стал клиент. Процесс взаимодействия всех компонент клиентоориентированности изображен на рис. 1.

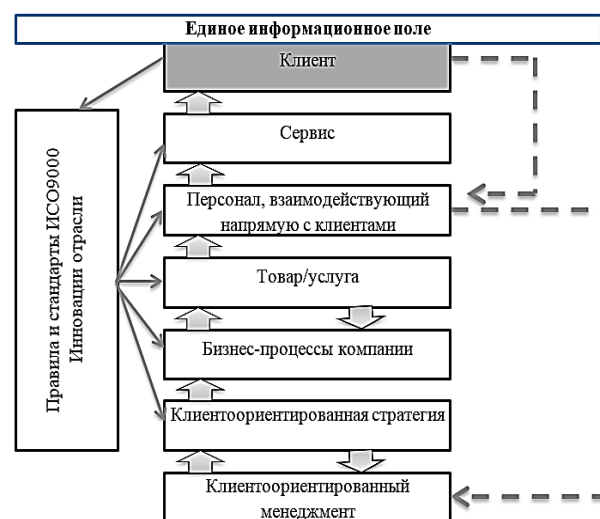


Рис. 1

Клиентоориентированность современных предприятий можно рассмотреть как инструмент выявления и управления пожеланиями клиентов, а также выстраивания взаимоотношений с клиентами, способствующих получению устойчивой прибыли в долгосрочном периоде [3].

Одним из основных направлений деятельности любого предприятия, функционирующего в современных условиях и использующего клиентоориентированный подход,

является организация обслуживания клиентов с предоставлением полного комплекса сервисных услуг, направленных на удовлетворение потребностей клиента [4].

Выделим основные принципы организации и взаимодействия с клиентами современного предприятия:

- доступная информация о компании и ее услугах;
- квалифицированный персонал;
- удобный и ориентированный на клиента сервис;
- комфортные условия оформления сделки.

Немаловажную роль в построении долгосрочных отношений с клиентами играет наличие информации о предприятии, о товаре и видах услуг, которые оно предоставляет в рамках своей деятельности. Информация должна быть просто изложена и доступна для восприятия [5].

Одной из важнейших задач клиентоориентированного предприятия является формирование у клиентов доверия к компании. Поэтому для достижения положительного клиентоориентированного результата необходимо: раскрытие миссии, ключевых целей, истории, основной деятельности, услуг компании, а также предоставление информации о сотрудниках. Предоставляя максимум информации о себе, предприятие показывает клиенту, что у него нет никаких оснований что-то скрывать или вводить клиента в заблуждение. Доступность информации способствует формированию доверительных отношений с клиентами, а также позволяет рассказать о предоставляемом сервисе [3].

Помимо размещения общей информации о деятельности компании необходимо периодически информировать о предлагаемых дополнительных услугах и регулярно напоминать о возможности воспользоваться ими. Грамотно изложенная и доведенная до сведения клиента информация во многом способствует увеличению продаж.

Клиенту необходимо предоставить возможность ознакомления с успешными результатами деятельности предприятия, так как потребителю важно знать, что компания в состоянии решать их проблемы.

Несомненно, предприятие должно прежде всего предоставить результат своего положительного опыта работы [6]. Большую роль играют публикации отзывов клиентов о деятельности компании.

Как уже говорилось выше, знания и умения персонала также влияют на уровень конкурентоспособности предприятия. Уровень маркетинговой квалификации сотрудников способствует развитию клиентоориентированности всего предприятия в целом. Достигается это посредством подбора подготовленного персонала. Особенно важен уровень квалификации и клиентоориентированности персонала, который работает напрямую с клиентами (сотрудники call-центра, менеджеры отдела продаж, сотрудники сервисного отдела и т.д.). Именно от того, как работают данные группы сотрудников, зависит дальнейшее сотрудничество с клиентом и формирование определенного, клиентоориентированного имиджа компании. Современный клиент хочет общаться с вежливым персоналом, обладающим знаниями о продукте, чувствовать помощь, энтузиазм и стремление к гарантированному ответу на свои запросы.

Комплексный и ориентированный на клиента сервис – неотъемлемая часть клиентоориентированности и соответственно конкурентоспособности предприятия. Современный сервис – это концентрация всех ресурсов и всех сотрудников предприятия на удовлетворении потребностей клиентов. Речь идет обо всех сотрудниках предприятия, а не только о тех, кто непосредственно общаются с потребителями.

## ВЫВОДЫ

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в сложной ситуации, существующей на современном рынке, на первый план в работе по обеспечению конкурентоспособности предприятий и их продукции выходят показатели клиентоориентированности, основанные на комплексном учете и качественном удовлетворении потребностей клиентов.

1. *Петровская А.В.* Клиентоориентированная стратегия развития организации // Российский академический журнал. – 2012, Т. 22, № 4.
2. *Адлер Ю.П.* Качество и рынок, или как организация настраивается на обеспечение требований потребителей // Поставщик и потребитель. – М.: РИА "Стандарты и качество", 2000. С. 35...80.
3. *Лукманова И.Г., Яськова Н.Ю.* Строительство: причины неудач или ресурс подъема // Строительство. Экономика и управление. – 2014, № 1. С.2...9.
4. *Лукманова И.Г., Ладыгина Е.Е.* Концептуальная модель обеспечения конкурентоспособности предприятия в условиях клиентоориентированного рынка // Недвижимость. Экономика. Управление. – 2016, № 2.
5. *Лифиц И.М., Ковылина О.В.* Методология оценки конкурентоспособности услуг торговли // Маркетинг. – 1997, № 3. С. 62...69.
6. *Фатхутдинов Р.А.* Управление конкурентоспособностью организации. – М.: Изд-во ЭКСМО, 2004.
7. *Narver J.C. and Slater S.F.* The Effect of a Market Orientation on Business Profitability // Journal of Marketing. – 54: 1990. P.20...35.
8. *Bruno Jullien.* Competition in Multi-Sided Markets: Divide and Conquer // American Economics Journal Microeconomics. – 2011. P. 186...218.

1. *Petrovskaja A.V.* Klientoorientirovannaja strategija razvitiya organizacii // Rossijskij akademicheskij zhurnal. – 2012, T. 22, № 4.
2. *Adler Ju.P.* Kachestvo i rynek, ili kak organizacija nastroivaetsja na obespechenie trebovanij potrebitelej // Postavshhik i potrebitel'. – M.: RIA "Standarty i kachestvo", 2000. S. 35...80.
3. *Lukmanova I.G., Jas'kova N.Ju.* Stroitel'stvo: prichiny neudach ili resurs pod"ema // Stroitel'stvo. Jekonomika i upravlenie. – 2014, № 1. S. 2...9.
4. *Lukmanova I.G., Ladygina E.E.* Konceptual'naja model' obespechenija konkurentosposobnosti predpriyatija v uslovijah klientoorientirovannogo rynka // Nedvizhimost'. Jekonomika. Upravlenie. – 2016, № 2.
5. *Lific I.M., Kovyulina O.V.* Metodologija ocenki konkurentosposobnosti uslug trgovli // Marketing. – 1997, № 3. S. 62...69.
6. *Fathutdinov R.A.* Upravlenie konkurentosposobnost'ju organizacii. – M.: Izd-vo JeKSMO, 2004.
7. *Narver J.C. and Slater S.F.* The Effect of a Market Orientation on Business Profitability // Journal of Marketing. – 54: 1990. P.20...35.
8. *Bruno Jullien.* Competition in Multi-Sided Markets: Divide and Conquer // American Economics Journal Microeconomics. – 2011. P. 186...218.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 330.332.5:338.24

## ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ

## DEVELOPMENT FACTORS AND FEATURES OF INNOVATION SUSCEPTIBILITY OF THE ORGANIZATIONS

*И.Г. ЛУКМАНОВА, С.Н. ПЕТРОВА*  
*I.G. LUKMANOVA, S.N. PETROVA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
Email: lukmanova@mgsu.ru, PetrovaSN@mgsu.ru

*Статья посвящена факторам развития и особенностям инновационной восприимчивости организаций текстильной промышленности в условиях агрессивной и меняющейся внешней среды. Успех и конкурентоспособность организаций определяются, в первую очередь, приспособленностью к внешней среде, на базе учета макро- и микроперемен, через управление, направленное на восприимчивость к инновациям. В статье рассматривается и обосновывается необходимость выделения в качестве объекта управления*

*организации именно инновационную восприимчивость организации к тем новшествам, которые являются результатом интеллектуального капитала самой организации, или инновациям, существующим во внешней среде окружения и прежде всего в текстильной отрасли.*

*Article is devoted to factors of development and features of an innovative susceptibility of the organizations in the conditions of the aggressive and changing external environment. Success and competitiveness of the organizations are determined, first of all, by fitness to the external environment, based on accounting macro - and microchanges, through the management directed to a susceptibility to innovations. Need of allocation as amount of management of the organization innovative susceptibility of the organization to those innovations which are result of the intellectual equity of the organization, or to the innovations existing in the external environment of an environment is considered and proved in article.*

**Ключевые слова:** инновация, новшества, факторы развития, инновационная восприимчивость, конкурентоспособность организации, инновационный потенциал, информационные технологии, внешняя среда, жизненный цикл продукции, разрывы в инновационной восприимчивости, механизм управления.

**Keywords:** innovation, innovations, development factors, innovative susceptibility, competitiveness of the organization, innovation potential, information technology, external environment, product life cycle, gaps in the innovation susceptibility, control mechanism.

Развитие мировой экономики неопровержимо свидетельствует, что эффективного и устойчивого развития субъектов хозяйственной деятельности можно достичь только за счет масштабного использования инноваций, обеспечивающих стратегические конкурентные преимущества на рынке. Качественные сдвиги в современной экономике говорят о том, что значительно изменились факторы и источники, определяющие экономическое развитие, которое характеризуется целенаправленными изменениями, приводящими к появлению новых, эффективно функционирующих производственных систем. Целью развития является обновление всех функций управления, достигаемых посредством стратегического и структурного управления, обеспечение гибкости взаимодействия с внешней средой. Основной доминантой экономического развития становится использование современных информационных технологий, позволяющих радикально перестроить бизнес-процессы и достичь

значительного повышения производительности труда предприятий, научные знания, новые технологии производства продукции и оказание услуг. Это требует от персонала предприятия помимо высокой квалификации и четкой профессиональной ориентации особого типа восприятия и мотивации, а также умение рисковать. Для того чтобы выжить, в долгосрочной перспективе строительные предприятия должны "инновационное развитие" считать одной из основных целей, которая должна обеспечить им получение устойчивой прибыли и конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе [1].

Стратегией достижения указанной выше цели, во-первых, является интенсивное развитие всех элементов производственно-хозяйственной системы предприятия, а во-вторых, инновационное развитие. Первое обеспечивает постоянное наращивание инновационного потенциала и его сохранение, второе дает возможность резко повысить его уровень, сократить накопив-

шийся технологический разрыв, повысить качество потенциала [2].

"Инновационный потенциал организации – это мера готовности выполнить задачи, обеспечивающие достижение поставленных инновационных целей, то есть мера готовности к реализации проекта или программы инновационных стратегических изменений. Потенциал организации – главный критерий целесообразности их существования. Через развитие потенциала идет развитие организации, ее подразделений, а также всех элементов производственно-хозяйственной системы" [3].

Инновационный потенциал каждого предприятия зависит от соотношения его составляющих и включает такие факторы, как:

- наличие ресурсов для инновационной деятельности, а также их распределение в организации;
- способность реагировать на новаторские действия конкурентов и принимать во внимания тенденции развития отраслей, связанных с деятельностью данной организации;
- способность менеджмента анализировать технологическую среду бизнеса;
- структурные особенности компании, влияющие на характер предпринимательского поведения, способность руководства принимать решения по реализации предпринимательских инициатив.

Другими словами, потенциал организации, с одной стороны, должен обеспечить готовность системы к стабильной производственно-хозяйственной деятельности, с другой – готовность к инновациям.



Рис. 1

На рис. 1 представлена системная интерпретация составляющих инновационного потенциала. Как видно из рисунка, все приведенные факторы системы управления объединяет одно: подчеркивается их значимость и необходимость развивать инновационную восприимчивость организации.

Инновационную восприимчивость можно оценивать, как способность организации обнаруживать инновации, различать и интерпретировать их отдельные признаки, применять к использованию в целях повышения своей конкурентоспособности [4].

Инновационная восприимчивость организации зависит от различных внешних и внутренних факторов. К внутренним факторам относится наличие благоприятных экономических, организационных, психологических, научных и технических условий для инновации.

Важную роль играют внешние факторы, связанные:

- с развитостью рыночных отношений;
- состоянием финансово-экономической системы;
- социально-экономическими и политическими факторами;
- наличием или отсутствием благоприятного инновационного климата и поддержки со стороны государства;
- с позиционированием предприятия внутри отрасли;
- характеристикой самой отрасли;
- развитием соответствующей инфраструктуры местоположения предприятия.

Кроме приведенных выше факторов существенное влияние оказывают факторы внешней среды, заключающиеся в технологических изменениях, изменениях квалификации рабочей силы, эволюции предпочтений клиентов. Следуя теории жизненного цикла, увеличить срок существования организации можно в результате систематического развития инновационной восприимчивости, рассматривая ее в качестве координатора отношений между внутренней и внешней средой [5], [6].

Посредством развития инновационной восприимчивости организации осуществ-

ляется координация организации и окружения, возникает способность обнаруживать несоответствия, приводящие в действия механизмы приспособления, и превращать рутинные процедуры в фактор инновации. Кроме этого инновации должны обладать не только новизной по отношению ко всему обществу и к конкретной организации, но и удовлетворять рыночному спросу, так как коммерческий успех инновации оценивается двумя основными факторами:

- возможностью внедрения инновационной идеи в производство и тиражированием нового продукта в необходимых масштабах;

- соответствием инновации потребностям участников рынка.

Возможность внедрения и тиражирования инноваций и есть суть показателя инновационной восприимчивости, которая существенно влияет на коммерческий успех предприятия и эффективность его деятельности.

Наряду с понятиями жизненных циклов организации есть и понятия жизненного цикла инновационной восприимчивости к продукции со стороны потребителей, которая определяется временем адаптации инноваций [7], [8].

Восприимчивость зависит не только от объективных характеристик объекта восприятия, но также и от той деятельности, в которую включены процессы восприятия.

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, важнейшей задачей управления в инновационной сфере является создание механизма управления развитием инновационной восприимчивости организации к имеющимся условиям внешней среды, направленного на становление и развитие инновационно восприимчивой организации [9].

2. Механизм управления развитием инновационно восприимчивых организаций должен базироваться на требованиях законов и закономерностей внешней среды, которые являются источником изменяю-

щихся воздействий на организацию, которые, в свою очередь, вызывают необходимость инновационных преобразований в элементах производственно-хозяйственной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алешина И.В.* Поведение потребителей. – М.: Экономисть, 2006.
2. *Баранычев В.П.* Управление знаниями в инновационной сфере. – М: ООО "Благовест-В", 2007.
3. *Бэджюли Ф.* Управление проектов/ Пер. с англ. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004.
4. *Гордон Я.Х.* Маркетинг партнерских отношений / Пер с англ.; под ред. О.А. Третьяк. – СПб.: Питер, 2001.
5. *Друкер П.Ф.* Задачи менеджмента в XXI веке / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2000.
6. *Исаев В.В.* Организация работы команды проекта. – СПб.: Бизнес-Пресса, 2006.
7. *Кристенсен К.* Дилемма инноватора / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.
8. *Мур Д.* Преодоление пропасти: Маркетинг и продажа хайтек-продуктов массовому потребителю / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.
9. *Янковский К.П.* Введение в инновационное предпринимательство. – СПб.: Питер, 2004.

## REFERENCES

1. Aleshina I.V. Povedenie potrebitelej. – М.: Jekonomist", 2006.
2. Baranychev V.P. Upravlenie znanijami v innovacionnoj sfere. – М: ООО "Blagovest-V", 2007.
3. Bjeđ'juli F. Upravlenie proektov/ Per. s angl. – М.: FAIR-PRESS, 2004.
4. Gordon Ja.H. Marketing partnerskih otnoshenij / Per s angl.; pod red. O.A. Tret'jak. – SPb.: Piter, 2001.
5. Druker P.F. Zadachi menedzhmenta v XXI veke / Per. s angl. – М.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2000.
6. Isaev V.V. Organizacija raboty komandy proekta. – SPb.: Biznes-Pressa, 2006.
7. Kristensen K. Dilemma innovatora / Per. s angl. – М.: Al'pina Biznes Buks, 2004.
8. Mur D. Preodolenie propasti: Marketing i prodazha hajtek-produktov massovomu potrebitelju / Per. s angl. – М.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2006.
9. Jankovskij K.P. Vvedenie v innovacionnoe predprinimatel'stvo. – SPb.: Piter, 2004.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.



## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЛИЦИТНЫХ ТРАНЗАКЦИОННЫХ ИЗДЕЖЕК ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

### METHODS OF EVALUATION EXPLICIT TRANSACTION COSTS OF THE ENTITY

М.Ю. МИШЛАНОВА, Т.К.ПАТРИНА  
M.YU. MISHLANOVA, T.K.PATRINA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: mishlanova\_m@mail.ru; ums.tkp@yandex.ru

*В статье рассмотрена учетно-экономическая категория "транзакционные издержки" и кардиналистский подход к их измерению. Приведен краткий обзор работ на данную тему, выявлены проблемы оценки транзакционных издержек в бухгалтерском учете. Предложена методика формирования финансовой отчетности хозяйствующего субъекта на основании учетных регистров с применением счетов синтетического и аналитического учета. Методы являются универсальными, в частности, могут быть использованы в отношении предприятий текстильной промышленности. В статье представлены компоненты системы управленческого учета, обеспечивающей процессы сбора и хранения информации. Авторами разработаны шаблоны регистра учета и динамической функции транзакционных издержек, предложены направления дальнейшего использования предложенных методов.*

*In the article accounting and economy category "transactional costs" and cardinal approach to their measurement. A brief review of works on this topic, the authors identify the problems of evaluation of transaction costs in accounting. The technique of formation of financial reporting economic entity on the basis of accounting registers with the use of accounts of synthetic and analytical accounting. The methods are universal, in particular, can be used in relation to the textile industry. The article presents the components of management accounting system, which provides collection and storage of information. The authors have developed templates register and dynamic function of transaction costs, proposed areas for future use of the proposed methods.*

**Ключевые слова:** транзакции, транзакционные издержки, измерение транзакционных издержек, кардиналистский подход, бухгалтерский учет.

**Keywords:** transactions, transaction costs measuring transaction costs, cardinal approach, accounting.

В классическом понимании транзакционные издержки представляют собой затраты и потери, неизбежно возникающие при заключении и совершении любых сделок в различных сферах экономической деятельности, включая текстильную промышленность [1]. Базовые транзакции экономической деятельности включают информационное обеспечение, контрактинг,

предупреждение оппортунистического поведения, обеспечение технологических процессов и качества продукции, спецификацию и защиту прав собственности. Все типы транзакций влекут за собой возникновение затрат различных ресурсов, которые можно рассматривать как "...затраты на эксплуатацию экономической системы" [2]. По определению Т.Б. Кувалдиной под тран-

закционными издержками как учетно-экономической категории "...следует понимать явные, неявные, частично-явные затраты живого и овеществленного труда, которые непосредственно не связаны с процессом производства товаров, работ, услуг, но способствуют его успешной реализации и приводят к уменьшению экономических выгод организации" [3].

К проблеме измерения транзакционных издержек возможно применить ординалистский подход, основанный на том, что имплицитные (неявные) транзакционные издержки не поддаются прямому измерению, и кардиналистский подход, который позволяет осуществить прямое количественное измерение эксплицитных (явных) затрат некоторых транзакций. Источниками информации кардиналистского подхода служат статистические данные, результаты анкетирования, бухгалтерская документация.

Для формирования деловой стратегии хозяйствующего субъекта В.В. Радаевым [4] рассмотрены транзакционные издержки, измерение которых проведено на качественных данных углубленных интервью с элементами экспертных количественных оценок и количественных данных анкетного опроса руководителей предприятий. Данные для проведения анализа и количественной оценки издержек по методике, предложенной В.Л. Тамбовцевым [5], могут быть получены из опросов предпринимателей и анализа судебных дел по экономическим преступлениям. В.Е. Кокорев [6] производит относительное измерение долей накладных расходов хозяйствующего субъекта по отношению к остальным статьям себестоимости продукции. А.И. Татаркин [7] предложил расчет транзакционных издержек посредством рассмотрения структуры баланса корпорации с целью выделения данных издержек в статьях расходов.

Потребность в определении размера транзакционных издержек хозяйствующего субъекта приводит к необходимости формирования базы учетной информации, включая первичное фиксирование, стоимостное измерение, текущую группировку и итоговое обобщение фактов хозяйствен-

ных операций, связанных с транзакционными издержками. В качестве обеспечения процесса сбора и обработки информации о транзакционных издержках может выступать бухгалтерская процедура учета как последовательность решения учетных задач путем квалификации фактов хозяйственной жизни и их анализа. В настоящее время методика сбора информации о транзакционных издержках и отражения их в бухгалтерском учете является недостаточно проработанной [7...9] и др. Главная проблема в том, что данные издержки не являются общепризнанными объектами бухгалтерского учета. Действующий порядок отражения расходов в бухгалтерском учете не позволяет сформировать единой информационной базы, характеризующей состав, содержание и величину транзакционных издержек, так как последние в значительной степени отличаются многообразием и зависимостью от комплекса внешних и внутренних факторов.

Для измерения транзакционных издержек можно предложить методику формирования финансовой отчетности хозяйствующего субъекта на основании учетных регистров с применением счетов синтетического и аналитического учета. Для организации учета транзакционных издержек авторы предлагают рассмотреть два направления.

Первое из них предполагает введение в систему счетов синтетического учета, отражающего счета "Транзакционные издержки", позволяющего аккумулировать расходы и осуществлять их классификацию в соответствии с требованиями управления. Такие счета позволяют регистрировать сведения о транзакциях непрерывно, накопительно, с периодическим определением конечного сальдо, а также систематизировать издержки по периодам с нарастающим итогом. Счет "Транзакционные издержки" – балансирующий счет, регистрирующий кредитовые обороты. Он позволяет формировать счета учета отдельных издержек накопительно, не закрывая в течение года, отражая в виде сальдо итоги соответствующих расходов. Закрытие счетов осуществляется в корреспонденции с отражающими счетами.

И.Г. Панженская [10] предлагает использовать специальный синтетический счет 47 "Транзакционные издержки" и дополнительные аналитические уровни к нему, что позволит систематизировать и обобщить информацию о транзакционных издержках. В работе О.О.Художниковой [11] выдвинуто предложение рассматривать транзакционные издержки, используя стадии экономического жизненного цикла продукта или договора. Предлагается открыть счет 22 "Транзакционные издержки", к которому можно открыть ряд субсчетов. При этом в разрезе каждого из субсчетов предполагается ведение аналитического учета. "Такой подход к бухгалтерскому учету транзакционных издержек будет способствовать повышению аналитичности учетных данных и соответствовать информационным запросам внутренних и внешних пользователей" [11].

Однако осуществление ведения учета транзакционных издержек возможно без

применения специальных дополнительных синтетических счетов. Авторы статьи могут рекомендовать использование текущих счетов учета с формированием на них аналитических счетов. Количество уровней в аналитических счетах хозяйствующий субъект определяет самостоятельно, закрепляя свое решение в учетной политике по бухгалтерскому учету. Для учета транзакционных издержек рекомендуется открывать отражающие счета, соответствующие видам транзакций: "Информационное обеспечение", "Ведение переговоров и заключение контракта", "Координация и обеспечение гарантий", "Предупреждение оппортунистического поведения", "Обеспечение технологических процессов", "Спецификация и защита прав собственности". В табл. 1 представлены примеры корреспонденции счетов бухгалтерского учета транзакционных издержек, в основу положен принцип, представленный в работе Н.Г. Сапожниковой [12].

Т а б л и ц а 1

Вид затрат	Корреспонденция счетов			
	Дебет	Кредит	Дебет	Кредит
Маркетинговые услуги, выполненные сторонней организацией	информационное обеспечение	60,76	26	транзакционные издержки
Маркетинговые услуги, выполненные собственными силами организации		69, 70	26	
Консультационные или информационные услуги, связанные с приобретением основных средств, нематериальных активов, материально-производственных запасов, финансовых вложений		60, 76	04, 08, 10, 15, 58, 91	
Подготовка документации, регистрация и размещение информации на электронных площадках		76	20, 25, 91	
Начисление процентов по кредитам и займам	ведение переговоров и заключение контракта	66, 67	91	
Представительские расходы		71, 76	20, 26, 90	
Начисление процентов по полученным кредитам и займам, связанных с созданием инвестиционного актива		66	08	
Расходы на судебные издержки	предупреждение оппортунистического поведения	76	26, 91	
Расходы на юридические услуги		76	26, 91	
Штрафные санкции за нарушение сроков, соответствия качества, объемов работ	обеспечение технологических процессов	76	91	
Затраты на ремонт и сертификацию измерительной техники		60,76	25, 26,97	
Затраты на неисправимый брак		20	28	
Затраты на исправления брака		20, 70, 69	28	
По разработке и использованию товарных знаков	спецификация и защита прав собственности	60, 76	08	
Регистрационные и лицензионные сборы по оформлению права собственности		76	08	
Оплата услуг юридического и нотариального сопровождения по оформлению прав собственности		60, 71	26, 91	
Патентные пошлины		76	08	
Стоимость услуг по оценке объектов собственности		60, 76	08, 91	
Судебные издержки, связанные с восстановлением прав на собственность		76	26, 91	

Для получения дифференцированной информации о транзакционных издержках учет необходимо вести по конкретным договорам и сделкам (ПБУ 2/2008), подразделениям и службам. В современных условиях процессы сбора и обработки информации о транзакционных издержках можно обеспечить, используя систему управленческого учета по ряду компонентов: документообеспечение, группировка и оценка информации, планирование, нормирование, лимитирование, обобщение и хранение информации в контрольных счетах, анализ и контроль. При этом задачами такого учета транзакционных издержек являются: идентификация транзакционных издержек, полное и своевременное их отражение в системе учета. Объекты управления и виды транзакционных издержек хозяйствующий субъект формирует самостоятельно, причем элементы и процедуры управленческого учета могут быть прописаны в учетной политике или в отдельном внутреннем (локальном) документе. Для аналитичес-

кого обобщения информации первичных учетных документов необходимо определить содержание обобщаемой информации, форму регистра, характер записей. Формирование системы регистров является одним из способов ведения управленческого учета.

Содержание регистров составляет основу формирования учетной информации, имеет юридическую значимость и выполняет контрольные функции. В настоящее время хозяйствующие субъекты самостоятельно разрабатывают формы и состав учетных регистров, основываясь на организационных и информационных потребностях, масштабах деятельности и других факторов. В табл. 2 представлен шаблон учетных регистров, обеспечивающих управленческий учет исключительно транзакционных издержек. В связи с тем, что управленческий учет формируется по месту возникновения затрат, основными условиями его реализации являются структура управления, состав обязанностей и ответственности.

Т а б л и ц а 2

Виды транзакций					
Дата	Наименование хозяйственной операции	Основание (первичный документ)	Группа транзакционных издержек	Центр ответственности (место возникновения затрат)	Сумма
Итого:					

Так как регистр является документом внутреннего учета, то он может содержать дополнительные сведения, например, привязку к счетам бухгалтерского учета или к строкам бухгалтерско-финансовой отчетности и т.п. Представленная система учета позволит не делить транзакционные издержки по статьям затрат и в максимально сжатые сроки проводить их анализ по составу и количеству, при условии своевременного разнесения информации в регистрах. Однако предложенный вид ведения учета транзакций трудоемок, что требует автоматизации, которая приведет к снижению трудовых затрат на данном участке и возможных ошибок. Такой подход к решению вопроса позволит обеспечить своевременный сбор и обработку информации для проведения оценки и анализа транзакцион-

ных издержек в рамках каждого вида транзакций, не перегружая бухгалтерский учет введением дополнительных синтетических либо аналитических счетов. Однако предложенный вид ведения учета транзакций является трудоемким, что требует автоматизации для снижения трудовых затрат на данном участке и возможных ошибок.

Для обеспечения анализа изменения величины транзакционных издержек хозяйствующий субъект может применять самостоятельно разработанные формы внутренней отчетности "Динамическая функция транзакционных издержек" (табл. 3). Динамический анализ можно проводить как в абсолютных, так и в относительных показателях за установленные периоды с определением темпов изменения транзакционных издержек.

Виды транзакций	Период				Темп роста (снижения), %
	1 период		2 период		
	Абсолютные показатели, руб.	Относительные показатели уд. вес, %	Абсолютные показатели, руб.	Относительные показатели уд. вес, %	

## ВЫВОДЫ

Проблема количественного измерения эксплицитных транзакционных издержек может быть решена методами, предложенными в данной статье. Методы являются универсальными, в частности, могут быть использованы в отношении предприятий текстильной промышленности. На основе данных методов может быть разработана и внедрена программа регулярного мониторинга, который, в свою очередь, является обеспечением решения задачи минимизации транзакционных издержек. В настоящее время транзакционная оптимизация остро актуальна, так как транзакционные издержки достигают значительной величины в затратах хозяйствующих субъектов [13].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Couse R.H.* The Nature of the Firm (1937). Режим доступа: <http://www3.nccu.edu.tw/~jsfeng/CPEC11.pdf>. (Дата обращения: 27.12.2016).
2. *Эрроу К.* Информация и экономическое поведение // Вопросы экономики. – 1995, № 5. С.30...42.
3. *Кувалдина Т.Б.* Транзакционные издержки как экономическая и учетная категория // Мат. Междунар. научн.-практич. конф.: Современная концепция и перспективы формирования учетно-аналитической и налоговой системы на предприятиях реального сектора экономики в условиях глобализации экономических процессов и перехода на международные стандарты финансовой отчетности. 28-30 апреля. – Орел, 2008.
4. *Радаев В.В.* Формирование новых российских рынков: транзакционные издержки, формы контроля и деловая этика. – М.: Центр политических технологий, 1998.
5. *Тамбовцев В.Л.* Теоретические вопросы институционального проектирования // Вопросы экономики. – 1997, №3. С.82...94.
6. *Кокорев В.Е.* Институциональные преобразования в современной России: анализ динамики транзакционных издержек // Вопросы экономики. – 1996, №12. С.63...66.

7. *Татаркин А.И., Дубровский В.Ж.* Проблемы корпоративного развития. – Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 1999.

8. *Поленова С.Н.* Транзакционные издержки: вопросы группировки и бухгалтерского учета // Международный бухгалтерский учет. – 2014, №7 (301). С.2...13.

9. *Федотова Е.И., Волостнов Н.С.* Транзакционные издержки как объект бухгалтерского учета в рыночных условиях // Приволжский научный журнал. – 2014, №3-2 (31). С.51...52.

10. *Панженская И.Г.* Методика учета транзакционных издержек // Бухгалтерский учет. – 2006, №19. С. 63...66.

11. *Художникова О.О.* Бухгалтерский учет транзакционных издержек и остаточного права собственности по посредническим договорам: Дис....канд. экон. наук. – СПб., 2012.

12. *Сапожникова Н.Г.* Формирование систематизированной информации о транзакционных издержках корпораций // Международный бухгалтерский учет. – 2013, №40 (286). С.27...37.

13. *Mishlanova M., Haritonov V.* Assessing Transaction Environment Conditions for Investment and Construction // MATEC Web Conf. 5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education". Volume 86, 2016. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20168604067>. Дата обращения: 27.12.2016.

## REFERENCES

1. *Couse R.H.* The Nature of the Firm (1937). Rezhim dostupa: <http://www3.nccu.edu.tw/~jsfeng/CPEC11.pdf>. (Data obrashhenija: 27.12.2016).
2. *Jerrou K.* Informacija i jekonomicheskoe povedenie // Voprosy jekonomiki. – 1995, № 5. S.30...42.
3. *Kuvaldina T.B.* Tranzakcionnye izderzhki kak jekonomicheskaja i uchetnaja kategorija // Mat. Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Sovremennaja koncepcija i perspektivy formirovanija uchetno-analitičeskoj i nalogovoj sistemy na predprijatijah real'nogo sektora jekonomiki v uslovijah globalizacii jekonomičeskikh processov i perehoda na mezhdunarodnye standarty finansovoj otčetnosti. 28-30 aprilja. – Orel, 2008.
4. *Radaev V.V.* Formirovanie novyh rossijskih rynkov: tranzakcionnye izderzhki, formy kontrolja i delovaja jetika. – M.: Centr političeskikh tehnologij, 1998.

5. Tambovcev V.L. Teoreticheskie voprosy institucional'nogo proektirovaniya // Voprosy jekonomiki. – 1997, №3. S.82...94.
6. Kokorev V.E. Institucional'nye preobrazovaniya v sovremennoj Rossii: analiz dinamiki tranzakcionnyh izderzhek // Voprosy jekonomiki. – 1996, №12. S.63...66.
7. Tatarkin A.I., Dubrovskij V.Zh. Problemy korporativnogo razvitiya. – Ekaterinburg: In-t jekonomiki UrO RAN, 1999.
8. Polenova S.N. Tranzakcionnye izderzhki: voprosy gruppirovki i buhgalterskogo ucheta // Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchet. – 2014, №7 (301). S.2...13.
9. Fedotova E.I., Volostnov N.S. Tranzakcionnye izderzhki kak ob"ekt buhgalterskogo ucheta v rynochnyh uslovijah // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2014, №3-2 (31). S.51...52.
10. Panzhenskaja I.G. Metodika ucheta tranzakcionnyh izderzhek // Buhgalterskij uchet. – 2006, №19. S. 63...66.
11. Hudozhnikova O.O. Buhgalterskij uchet tranzakcionnyh izderzhek i ostatochnogo prava sobstvennosti po posrednicheskim dogovoram: Dis....kand. jekon. nauk. – SPb., 2012.
12. Sapozhnikova N.G. Formirovanie sistematizirovannoj informacii o tranzakcionnyh izderzhkah korporacij // Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchet. – 2013, №40 (286). S.27...37.
13. Mishlanova M., Haritonov V. Assessing Transaction Environment Conditions for Investment and Construction // MATEC Web Conf. 5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education". Volume 86, 2016. Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20168604067>. Data obrashhenija: 27.12.2016.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 338.45:69

## ИНВЕСТИЦИИ В ПРОЦЕССЫ РЕНОВАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### INVESTMENTS IN RENOVATION PROCESSES IN A CHANGING ENVIRONMENT

*Е.В. НЕЖНИКОВА, В.С. КАНХВА*  
*E.V. NEZHNIKOVA, V.S. KANKHVA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

E-mail: nezchnikovaev@mgsu.ru, kankhvavs@mgsu.ru

*Текстильная промышленность занимает одно из важнейших мест в производстве общественного продукта и удовлетворении потребностей населения. Современные условия изменения среды жизнедеятельности требуют создания безопасной и комфортной городской среды, что позволит повысить продолжительность жизни и производительность труда. Токсикология отдельных разделов текстильной промышленности вызывает проблемы со здоровьем. Привлечение инвестиций в процессы реновации путем разработки механизма устойчивого развития жилищного строительства делает возможным повышение экологичности и качества жилого фонда.*

*Current conditions changes in the environment require the creation of safe and comfortable urban environment that will enhance the life expectancy and performance of his work. Attracting investment in the process of renovation of the housing*

*stock by developing a mechanism for sustainable housing development make it possible to improve environmental and housing quality.*

**Ключевые слова:** экологические проблемы, процессы реновации, качество, экологичность, инвестиции.

**Keywords:** environmental problems, the process of renovation, quality, environment, investment.

Среда жизнедеятельности человека состоит из природной среды и социально-политической среды. В связи с мировой тенденцией обращения общественного внимания на улучшение среды жизнедеятельности общества 2017 год в России объявлен годом экологии. Несмотря на сокращающиеся расходы бюджета в целом, инвестиции в экологию в РФ растут более чем на 10% в год (рис. 1 – инвестиции в экологию в РФ в 2012-2016 гг., млрд. руб.). Это связано с тем, что в наследие от нашего советского прошлого осталась далеко не самая благополучная экологическая обстановка в стране, а хорошая экология – это высокий уровень качества жизни населения и, как следствие, высокая продолжительность жизни и производительность труда. На сегодняшний день качество окружающей среды неудовлетворительно на 15% территории РФ, где проживают порядка 60% населения страны.

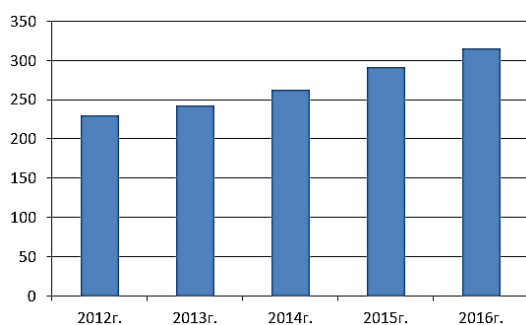


Рис. 1

Основные экологические проблемы, стоящие сегодня перед строительной отраслью, это загрязнение водных ресурсов, путем сбрасывания сточных вод и загрязняющих веществ; загрязнение воздуха из-за попадания в атмосферу вредных веществ – выбросов промышленности и транспорта; утилизация бытовых отходов. По данным

Минприроды в России санкционированные места размещения мусора занимают территорию 4 млн. гектаров. Причина этому – неэффективное управление отходами, тогда как в странах Евросоюза утилизируется 60% отходов.

В связи с вышеизложенным Министерство строительства и коммунального хозяйства РФ в настоящее время готовит проект "ЖКХ и городская среда", в котором одной из ключевых задач является создание экологически безопасной и комфортной городской среды, включающей в себя, в том числе качественный и экологичный жилой фонд.

Одним из основных направлений воспроизводства качественного и экологичного жилого фонда, в условиях изменения среды жизнедеятельности, являются процессы реновации. Под реновацией понимается процесс обновления объектов жилой недвижимости путем замещения выбывших в результате физического и морального износа элементов жилого фонда новыми элементами. В более широком смысле реновация жилого фонда предполагает создание экологически безопасной и комфортной городской среды. Реновация жилого фонда охватывает как новое строительство, так и расширение, реконструкцию, модернизацию и капитальный ремонт существующего.

Процесс реновации, в условиях изменения среды жизнедеятельности, возможно рассматривать как элемент повышения качества и экологичности жилого фонда, которые можно достигнуть следующими способами:

- внедрение инновационных строительных технологий;
- экологический контроль строительных материалов и конструкций;

- экологически безопасные методы энерго- и ресурсосбережения при строительном освоении городского пространства;
- экологически безопасная переработка и утилизация строительных отходов;
- снижение уровня выбросов всех видов при воспроизводстве жилищного фонда;
- экологическая реабилитация и эффективное использование строительных площадок и свалок;
- санация и экологически безопасное использование техногенно загрязненных городских территорий при их строительном освоении.

Таким образом, реновация жилого фонда позволяет обеспечить безопасную и комфортную среду жизнедеятельности населения. Реновационные процессы являются одним из вариантов воспроизводства жилого фонда, что невозможно без соответствующих инвестиций. Поэтому разработка путей привлечения инвестиций в реновацию жилого фонда является важной задачей.

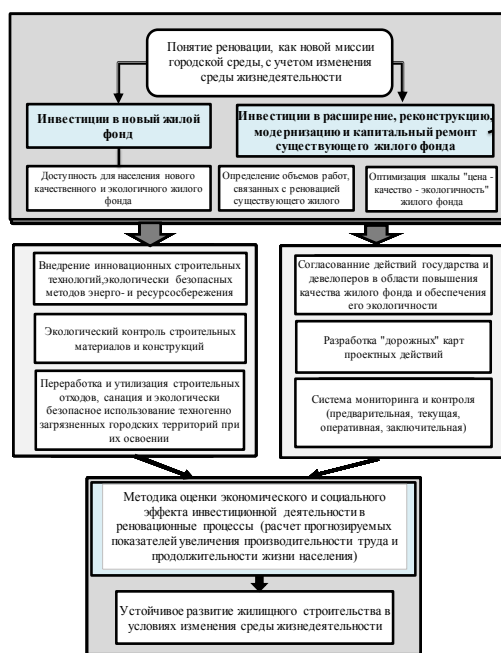


Рис. 2

В зависимости от способа реновации определяется сумма необходимых инвестиций и экономическая эффективность реновации объекта жилой недвижимости. Если

при расчетах воспользоваться официальной методикой оценки инвестиционных проектов, то не будут учтены особенности осуществления инвестиционных проектов в жилищной сфере и их экологическая значимость. Поэтому в условиях повышения потребительских требований к качеству и комфортности объектов жилой недвижимости возрастает актуальность выработки механизма устойчивого развития жилищного строительства в условиях изменения среды жизнедеятельности и оценки результатов такой деятельности (рис. 2).

## ВЫВОДЫ

1. В настоящее время в нашей стране между государственными органами власти и строительными организациями отсутствует эффективное взаимодействие в жилищном строительстве в рамках государственно-частного партнерства, нет приемлемого механизма такого взаимодействия и не создано правовое поле для его реализации.

2. Особую актуальность взаимодействия строительного бизнеса с государством мы видим не только в решении инфраструктурных вопросов и вовлечении инвестиционного капитала строительных компаний в реновационные процессы. Но прежде всего в потенциале государственно-частного партнерства – согласованных действиях государства и девелоперов в области повышения качества жилого фонда и обеспечения его экологичности.

3. Именно поэтому предложенный механизм устойчивого развития жилищного строительства в условиях изменения среды жизнедеятельности с учетом реновационных процессов, в котором одним из основных элементов определяется методика оценки экономического и социального эффекта инвестиционной деятельности, является необходимым.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Puppachai U., Zuidema C. Sustainability indicators: A tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development // Ecological Indicators. – Vol. 72, January 2017. P. 784...793.



2. *Lortie M., Nadeau S., Vezeau S.* Holistic sustainable development: Floor-layers and microenterprises // *Applied Ergonomics*. – Vol. 57, November 2016. P. 8...16.

3. *Kilkış Ş.* Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities // *Journal of Cleaner Production*. – Vol. 130, 1 September 2016. P. 222...234.

4. *Yang B., Xu T., Shi L.* Analysis on sustainable urban development levels and trends in China's cities // *Journal of Cleaner Production*. – Vol. 141, 10 January 2017. P. 868...880.

5. Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г. Т. I. Организация Объединенных наций. – Нью-Йорк, 1993.

6. Хартия устойчивого развития европейских городов // *Документы Европейской конференции по проблемам устойчивого развития городов*. – Ольсборг, 1994.

7. *Нежникова Е.В.* Цели и принципы новой государственной политики в сфере жилищного строительства // *Недвижимость: экономика, управление*. – 2015. № 4. С. 22...26.

8. *Ларионов А.Н., Нежникова Е.В.* Особенности адаптации зарубежного опыта управления качеством объектов жилищного строительства к российским условиям // *Экономика и предпринимательство*. – 2015, № 3-2 (56-2). С. 798...802.

sustainable urban development // *Ecological Indicators*. – Vol. 72, January 2017. P. 784...793.

2. *Lortie M., Nadeau S., Vezeau S.* Holistic sustainable development: Floor-layers and microenterprises // *Applied Ergonomics*. – Vol. 57, November 2016. P. 8...16.

3. *Kilkış Ş.* Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities // *Journal of Cleaner Production*. – Vol. 130, 1 September 2016. P. 222...234.

4. *Yang B., Xu T., Shi L.* Analysis on sustainable urban development levels and trends in China's cities // *Journal of Cleaner Production*. – Vol. 141, 10 January 2017. P. 868...880.

5. *Doklad Konferencii Organizacii Ob"edinennyh Nacij po okruzhajushhej srede i razvitiju.* Rio-de-Zhanejro, 3-14 ijunja 1992 g. T.I. Organizacija Ob"edinennyh nacij. – N'ju-Jork, 1993.

6. *Hartija ustojchivogo razvitija evropejskih gorodov* // *Dokumenty Evropejskoj konferencii po problemam ustojchivogo razvitija gorodov*. – Ol'sborg, 1994.

7. *Nezhnikova E.V.* Celi i principy novoj gosudarstvennoj politiki v sfere zhilishhnogo stroitel'stva // *Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie*. – 2015. № 4. S.22...26.

8. *Larionov A.N., Nezhnikova E.V.* Osobennosti adaptacii zarubezhnogo opyta upravlenija kachestvom ob"ektov zhilishhnogo stroitel'stva k rossijskim usloviyam // *Jekonomika i predprinimatel'stvo*. – 2015, № 3-2 (56-2). S. 798...802.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

## REFERENCES

1. *Pupphachai U., Zuidema C.* Sustainability indicators: A tool to generate learning and adaptation in

УДК 338.45:677.07

## ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ БРЕНДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОТРАСЛИ

## THE FOUNDATIONS OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF THE DEVELOPMENT OF THE BRAND IN THE ENTERPRISE SECTOR

*Е.Н. НИДЗИЙ*  
*E.N. NIDZIY*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

E-mail: elena.nidziy@mail.ru

*Текстильная промышленность играет важную роль в обеспечении экономической и стратегической безопасности страны, а также занятости*

*населения и повышения его жизненного уровня. На сегодняшний день приоритетной целью, стоящей перед государством в сфере промышленности, является стимулирование спроса на отечественную продукцию и увеличение объемов ее производства. Поэтому в рамках решения задач, поставленных перед российским бизнесом, на предприятиях отрасли необходимо внедрять инновационные механизмы эффективного управления и развития.*

*Textile industry plays an important role in ensuring economic and strategic security of the country, as well as employment and improve its living standards. To date, priority, facing the state in the sphere of industry, is to stimulate demand for domestic products and increase its production volumes. Therefore, in the framework of the tasks assigned to the russian business, the industry enterprises need to implement innovative mechanisms of good governance and development.*

**Ключевые слова:** бизнес-процессы, структура управления, брендинг, стратегия развития.

**Keywords:** business processes, management structure, branding, development strategy.

В последние годы российский рынок производства одежды растет и набирает новые обороты. За период с 2010 по 2015 гг. объем отгруженных товаров собственного производства вырос на 38% с 205 до 283 млрд. руб., а количество действующих предприятий текстильного и швейного производства возросло на 11,3%, при этом их чистая прибыль за этот же период выросла в 6,9 раза [1].

В новых геополитических условиях в рамках реализации проектов по импортозамещению Правительство РФ обратило особое внимание на развитие легкой промышленности, в том числе текстильной отрасли, отнеся ее к приоритетным отраслям экономики страны, и утвердило "Стратегию развития легкой промышленности России на период до 2020 года" [2]. Разработанная Стратегия предполагает переход легкой промышленности на инновационную модель развития, которая направлена на повышение ее конкурентных преимуществ, увеличение качественной продукции нового поколения [3].

Вследствие изменения структуры потребления происходит увеличение сегмента гибких и мобильных производителей текстильно-швейной промышленности. Сложно представить более подходящий мо-

мент для активного развития и роста продаж отечественных брендов одежды.

Для достижения этой цели необходима сильная управленческая поддержка в сочетании со стратегическим планированием, развитием и прогнозированием бренда, его маркетинга и PR, системы дистрибьюции, производства и узнаваемости. Первоочередной задачей менеджмента предприятия является разработка плана по стратегии развития и увеличения объема продаж, каждый сегмент которого тщательно детализируется и обосновывается непосредственно в процессе работы.

Первым и самым важным шагом на пути развития является определение как стратегических, так и первоочередных задач. В этом вопросе необходимо правильно расставить приоритеты и начинать действовать в выбранных направлениях.

При рассмотрении общей структуры бизнес-процессов предприятия текстильно-швейной промышленности автор считает целесообразным выделить четыре основных блока, которые представлены в табл. 1.

Если говорить об общем видении бизнес-структуры компании, то необходимо учитывать присутствие не только на внутреннем рынке России, но и на внешнем.

Т а б л и ц а 1

Блок 1	Концепция: материал, дизайн, стиль, лекала Финансовое планирование Торговая наценка Ценовая политика Сезонное бюджетирование Планирование прибыли
Блок 2	Поставщики материала Производство Контроль качества Инвентаризация Импорт-экспорт
Блок 3	Управление системой продаж и дистрибьюции: - брендинг; - реклама и маркетинг; - отдел продаж и торговые агенты; - недели мод, выставки и каталоги
Блок 4	Управление поддержкой точек продаж: - презентации; - тренинги; - корпоративный стиль и имидж

Структура управления российским рынком включает в себя следующие бизнес-процессы и их элементы: позиционирование бренда, дизайн-студия, производство, закупки, маркетинг, оптовые продажи, система франчайзинга [4].

Структура управления внешними рынками состоит из системы закупок на внешних рынках, маркетинга и дистрибьюции.

Структура розничной реализации должна выглядеть следующим образом:

- оптовые продажи для независимых магазинов через собственный отдел продаж и иностранных партнеров на основе субконтрактов;
- корнеры в универсальных магазинах и сетях;
- франчайзинговые магазины;
- e-commerce.

Философия стратегии развития бизнеса должна основываться на коммерческих и креативных стимулах.

Реализация креатива осуществляется через носителя-покупателя путем наблюдательного изучения потребительского рынка данного ценового сегмента. Таким образом, креативным стимулом выступают иннова-

ции в дизайне и стиле, которые должны выражаться в очень продуманном коммерческом выходе [5].

Коммерческие стимулы включают в себя следующие процессы и задачи: покупатель по классовому подходу; исследования; прогнозирование тенденций в моде; прогнозирование рынков; прогнозирование экономических направлений; производство и его оптимизация; технологии; планирование; дизайн; себестоимость и цена; портфель продукции; развитие линий; презентации и брендинг; маркетинг; продажи; развитие бизнеса.

Отдельно следует затронуть некоторые моменты позиционирования брендов на рынке или брендинг.

Ключевыми показателями выбора дизайнера и дизайна, приводящими к успешному развитию брендов, являются инновационный, функциональный и уникальный дизайн, тенденциозность и продаваемость, соотношение цена-качество.

По мнению автора, бренд должен отвечать всем успешным ожиданиям правильного позиционирования, а именно: поддержка бренда и его история; уровень бренда и его эксклюзивность; создаваемое чувство уверенности и ассоциации с имиджем; узнаваемость бренда и его уникальность.

При разработке эффективного механизма управления и развития на предприятии текстильной промышленности по производству одежды собственники и менеджеры бренда должны отталкиваться от состояния экономики страны, уровня жизни населения и конкурентной среды.

При формировании стратегии развития бренда и увеличения продаж его продукции следует уделить особое внимание следующим вопросам. Во-первых, при экспансии в другие регионы страны необходимо определить наиболее перспективные города и федеральные округа, где необходимо и требуется присутствие товаров бренда. Во-вторых, работа с существующей активной базой оптовых клиентов должна основываться на анализе продаж каждого партнера в отдельности и всей коллекции в целом по

сезонам с целью правильного формирования заказов для производства. Для этого проводятся личные встречи и переговоры с уже существующими бизнес-партнерами с целью понимания перспектив развития и дальнейшего сотрудничества. С точки зрения развития, увеличения продаж и узнаваемости бренда предприятиям швейной промышленности необходимо участвовать в отраслевых выставках. Это поможет расширить клиентскую базу и привлечь новые наиболее перспективные торговые объекты и сети для сотрудничества. В-третьих, особое внимание стоит уделить формированию и утверждению маркетингового плана, его исполнению и анализу эффективности. В этом блоке работы целесообразно рассмотреть новые каналы для продвижения бренда, представления коллекции и поиска новых клиентов: интернет-сайты, seo-оптимизация, smm-ресурсы. В-четвертых, для увеличения объема продаж важно правильно организовать работу отдела продаж и его взаимодействие с отделом производства. Представители коммерческого блока компании должны принимать участие в художественных советах по коллекциям, так как они непосредственно общаются с клиентами и получают от них обратную связь по продукту. Это позволит актуально сформировать товарную матрицу коллекций и ее капсулы в зависимости от сезонных особенностей. Для оптовых клиентов необходимо разрабатывать рабочие каталоги, обучающие материалы по коллекции с ее описанием и выделением преимуществ для последующей работы с конечным розничным потребителем, правильного мерчендайзинга продукции. Все эти шаги помогут сделать продукт бренда еще более привлекательным для клиентов и конечного потребителя.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, для успешной реализации стратегии развития бренда на предприятии текстильно-швейной промышленности и выполнения запланированных объемов продаж необходимо выделить первоочередные задачи по следующим направлениям:

- 1) увеличение объема оптовых продаж путем наращивания клиентской базы и привлечения новых клиентов, поддержание клиентской базы в актуальном состоянии;
- 2) брендинг, маркетинг и продвижение бренда;
- 3) развитие и внедрение продаж по системе франчайзинга;
- 4) работа с ассортиментом с учетом российской специфики;
- 5) оптимизация интернет-сайта.

Методы реализации при решении первоочередных задач должны формироваться комплексным подходом и осуществляться в режиме многозадачности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленное производство в России. 2016 // Стат. сб. / Росстат. – М., 2016.
2. Приказ Минпромторга РФ от 24.09.2009 №853 "Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации" // Официальный сайт Минпромторга России. Режим доступа: <http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!445> (дата обращения 15.01.2017г.).
3. Чакалян В.Г. Анализ и меры государственной поддержки рынка текстильной промышленности РФ // Молодой ученый. – 2017, №1. С. 284...288.
4. Лукашева Н.Е. Анализ развития франчайзинга в России: итоги последнего десятилетия // Научн. тр.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2011, № 9. С. 546...563.
5. Шкуропацкая В.К., Ключко И.Л., Фалько Л.Ю. Пути совершенствования ассортимента предприятий малого и среднего бизнеса по производству одежды // Современные проблемы науки и образования. – 2014, №3. С. 135.

## REFERENCES

1. Promyshlennoe proizvodstvo v Rossii. 2016 // Stat.sb. / Rosstat. – M., 2016.
2. Prikaz Minpromtorga RF ot 24.09.2009 №853 "Ob utverzhenii Strategii razvitija legkoj promyshlennosti Rossii na period do 2020 goda i Plana meroprijatij po ee realizacii" // Oficial'nyj sajt Minpromtorga Rossii. Rezhim dostupa: <http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!445> (data obrashhenija 15.01.2017g.).
3. Chakaljan V.G. Analiz i mery gosudarstvennoj podderzhki rynka tekstil'noj promyshlennosti RF // Molodoj uchenyj. – 2017, №1. S. 284...288.
4. Lukasheva N.E. Analiz razvitija franchajzinga v Rossii: itogi poslednego desjatiletija // Nauchn. tr.: Institut narodnohozjajstvennogo prognozirovanija RAN. – 2011, № 9. S. 546...563.

5. Shkuropackaja V.K., Klochko I.L., Fal'ko L.Ju. Puti sovershenstvovanija assortimenta predpriyatij malogo i srednego biznesa po proizvodstvu odezhdы // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2014, №3. S. 135.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

УДК 338.45:69

**ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ  
НА ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИИ  
СИСТЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА**

**INCREASE OF BUSINESS COMPETITIVENESS OF ENTERPRISE  
ON THE BASIS OF THE ORGANIZATION  
OF INNOVATIVE MANAGEMENT SYSTEM**

*О.В. ПАПЕЛЬНЮК*  
*O.V. PAPELNYUK*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: PapelnukOV@mgsu.ru

*В статье рассмотрена организация системы инновационного менеджмента на предприятиях текстильной промышленности с целью повышения их конкурентоспособности с учетом специфики инновационной деятельности данных предприятий. Предложена принципиальная схема организации системы инновационного менеджмента как одного из функциональных элементов общей системы управления предприятием.*

*In article the organization of system of innovative management at the enterprises of the textile industry for the purpose of increase of their competitiveness is observed, taking into account the specifics of innovative activities of these enterprises. The principle scheme of the organization of system of innovative management as one of functional elements of a general enterprise management system is offered.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, инновационная деятельность, инновации, система инновационного менеджмента.

**Keywords:** competitiveness, innovative activities, innovations, system of innovative management.

Текстильная промышленность является одной из старейших и наиболее крупных отраслей легкой промышленности и занимает одно из важнейших мест в производстве общественного продукта и в удовлетворении потребностей населения, вклад ее в ВВП неоспорим. Однако в последнее

время в текстильной промышленности наблюдается спад, одна из причин которого неконкурентоспособность многих ее предприятий. В эпоху экономической турбулентности выживают только те предприятия, которые ориентированы на реализацию инновационных идей и технологий,

позволяющих повысить производительность труда, снизить затраты на производство продукции, повысить качественные характеристики продукции [2], [9].

Многие передовые достижения в текстильной промышленности направлены сегодня на изготовление одежды специального назначения, разрабатываемой для сотрудников химических, нефтяных, металлургических, дорожно-строительных предприятий. Существуют также интересные отечественные инновации в области создания тканей, обладающих огнезащитными свойствами и способные защищать от теплового излучения. Чрезвычайно актуальны разработки для создания спецодежды сварщиков, металлургов, боевой одежды пожарных, водителей бронетанкового вооружения и техники или сотрудников МЧС. Спектр подобных разработок в отечественной текстильной промышленности чрезвычайно широк. Так, создаются ткани, представляющие собой биоактивную продукцию с пролонгированными биоактивными свойствами. Подобные разработки очень востребованы в лечебных учреждениях, так как позволяют бороться с внутрибольничными инфекциями. Они предотвращают рост микроорганизмов, защищают от переноса бактерий, снижают риск контактного инфицирования. При этом они характеризуются гигиеническими и комфортными свойствами, не требуют утилизации по сравнению с одноразовыми медицинскими изделиями из синтетических нетканых материалов, а также обладают повышенной износостойкостью [1], [2].

Постепенно многие элементы спецодежды переходят в быт, используются для производства более комфортной и качест-

венной повседневной одежды, что, в свою очередь, позволяет предприятию охватить новые сегменты рынка, осуществить диверсификацию, стать более конкурентоспособными.

Для успешной реализации новых инновационных продуктов на предприятиях текстильной промышленности с целью повышения их конкурентоспособности необходима прежде всего организация системы инновационного менеджмента, которая включала бы построение организационной структуры на уровне текстильного предприятия, выбор методов и механизмов управления процессами разработки и реализации инновационных проектов [5], [6], [3].

Систему инновационного менеджмента с учетом существующего подхода к управлению инновационными проектами и процессам, а также принципами и построения организационных систем управления можно охарактеризовать как совокупность методов принятия решений в отношении инновационной деятельности [6], [7] и др. Сюда необходимо отнести прогнозирование, планирование инноваций, совокупность процедур по оценке их эффективности, методы инвестирования, организационную структуру и сферы ответственности.

В этом случае система инновационного менеджмента будет выступать в качестве одной из функциональных подсистем общей системы управления предприятием, которая используется для подготовки и реализации инновационной стратегии и политики [6], [4] и др. Инновационная деятельность предприятий текстильной промышленности характеризуется рядом экономических, организационных и производственных особенностей, что отражено на рис. 1.

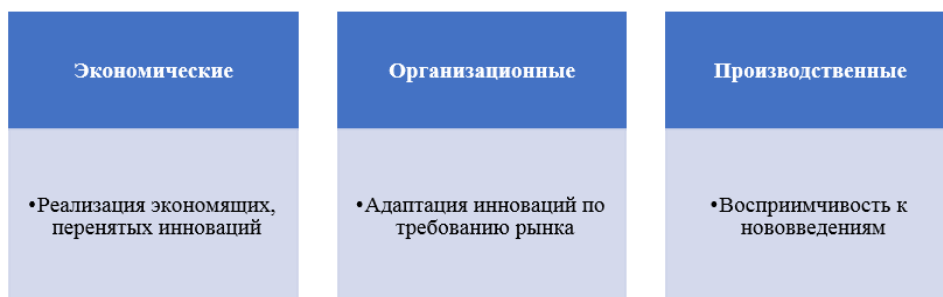


Рис. 1

Ввиду специфических особенностей [7], [8] и др., перечисленных выше, система инновационного менеджмента предприятий текстильной промышленности будет выступать как один из функциональных элементов общей системы управления предприятием. При этом она будет направлена на обеспечение постоянного роста эффективности и конкурентоспособности вследствие осуществления инновационных проектов и внедрения инновационных продуктов.

Другими словами, система инновационного менеджмента предприятий текстильной промышленности является системой подготовки и принятия управленческих решений, нацеленных на развитие инновационного потенциала текстильного предприятия и превращение его в решающий фактор экономического роста предприятия [10], [3] и др. В данном случае такая система будет иметь проектно-целевой характер. Исходя из этого, при ее построении рекомендуется использовать проектный и системный подходы к управлению, а также цикл "Plan - Do - Check - Act", который лежит в основе предлагаемой модели системы инновационного менеджмента.

Основываясь на целях и специфических задачах предприятия, принципиальную схему системы инновационного менеджмента предприятий текстильной промышленности можно представить с помощью рис. 2.

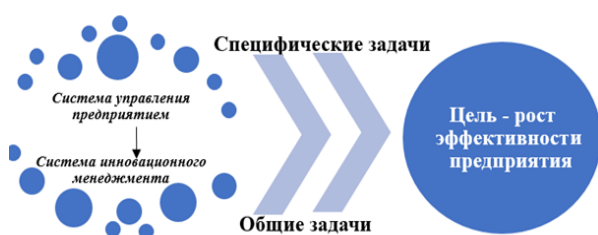


Рис. 2

Предлагаемая принципиальная схема системы инновационного менеджмента для предприятий текстильной промышленности опирается на специфику инновационной деятельности данных предприятий и сама характеризуется рядом особенностей.

Стратегической целью предлагаемой системы инновационного менеджмента является формирование инновационной деятельности предприятия, ее поддержка и развитие, что, в свою очередь, направлено на повышение конкурентоспособности предприятия.

Особенности системы инновационного менеджмента предприятия текстильной промышленности представлены на рис. 3.



Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, система инновационного менеджмента реализуется предприятием для того, чтобы обеспечить постоянный характер управления инновационной деятельностью, организовать и скоординировать работы в рамках управления инновационной деятельностью, осуществить контроль и анализ результатов и эффекта от осуществления инновационной деятельности, другими словами, общие управленческие задачи.

2. Наряду с решением общих решаются и специфические управленческие задачи, поскольку предприятию необходимо планировать инновации, ранжировать их по направлениям своей деятельности, осуществлять анализ рисков, а также определять методы и направления их минимизации, управлять инновационными проектами, исследовать рынки ресурсов и находить поставщиков и заказчиков.

1. Гумба Х.М., Канхва В.С., Мамаев М.И. Обоснование инновационного базиса взаимосвязи системной конкурентоспособности и экономической устойчивости строительных предприятий в условиях экономических трансформаций // Научное обозрение. – 2013, № 9. С. 678...682.

2. Инновационный текстиль: актуальные российские разработки в области легкой промышленности. Режим доступа: <http://promvest.info/ru/innovatsii/innovatsionnyiy-tekstil-aktualnyie-rossiyskie-razrabotki-v-oblasti-legkoy-promyishlennosti/>

3. Лукманова И.Г., Нежникова Е.В. Развитие и совершенствование интегрированной системы менеджмента // Вестник МГСУ. – 2014, № 6. С.158...164.

4. Мякишев С.А., Нежникова Е.В. Совершенствование оргструктуры управления строительным предприятием на основе оптимизации ее параметров // Казанская наука. – 2014, № 8. С. 55...58.

5. Пательнюк О.В. Разработка модели системы инновационного менеджмента строительного предприятия // Экономика и предпринимательство. – 2015, № 6-3 (59-3).

6. Пательнюк О.В. Разработка эффективного механизма управления инновационной деятельностью предприятий малого и среднего бизнеса (Строительство): Дис... канд. экон. наук. – М., 2014.

7. Пательнюк О.В., Ромашова С.В. Обоснование специфики инновационной деятельности малых строительных предприятий в системе государственного строительного заказа // Экономика и предпринимательство. – 2014, № 11-2 (52-2).

8. Уварова С.С., Канхва В.С., Беляева С.В. Организационно-экономические изменения инвестиционно-строительного комплекса на микроуровне: управление и анализ. – М.: МГСУ, 2014.

9. Нежникова Е.В., Чаруева М.В., Пательнюк О.В. Микроэкономика / Под ред. проф. Лукмановой И.Г. – М.: Изд-во АСВ, 2013.

10. Gorshkov R.K., Roshchina O.E. Latent Risks During the Process of Implementation of Investment Projects in Construction of Underground Facilities // Procedia Engineering. – Vol. 165, 2016. P. 1332...1336.

1. Gumba H.M., Kanhva V.S., Mamaev M.I. Obosnovanie innovatsionnogo bazisa vzaimosvjazi sistemnoj konkurentosposobnosti i jekonomicheskoy ustojchivosti stroitel'nyh predpriyatij v uslovijah jekonomicheskikh transformacij // Nauchnoe obozrenie. – 2013, № 9. S. 678...682.

2. Innovacionnyj tekstil': aktual'nye rossijskie razrabotki v oblasti legkoj promyishlennosti. Rezhim dostupa: <http://promvest.info/ru/innovatsii/innovat-sionnyiy-tekstil-aktualnyie-rossiyskie-razrabotki-v-oblasti-legkoy-promyishlennosti/>

3. Lukmanova I.G., Nezhnikova E.V. Razvitie i sovershenstvovanie integrirovannoj sistemy menedzhmenta // Vestnik MGSU. – 2014, № 6. S.158...164.

4. Mjakishev S.A., Nezhnikova E.V. Sovershenstvovanie orgstruktury upravlenija stroitel'nym predpriyatiem na osnove optimizacii ee parametrov // Kazanskaja nauka. – 2014, № 8. S. 55...58.

5. Papel'njuk O.V. Razrabotka modeli sistemy innovatsionnogo menedzhmenta stroitel'nogo predpriyatija // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2015, № 6-3 (59-3).

6. Papel'njuk O.V. Razrabotka jeffektivnogo mehanizma upravlenija innovacionnoj dejatel'nost'ju predpriyatij malogo i srednego biznesa (Stroitel'stvo): Dis... kand. jekon. nauk. – M., 2014.

7. Papel'njuk O.V., Romashova S.V. Obosnovanie specifiky innovacionnoj dejatel'nosti malyh stroitel'nyh predpriyatij v sisteme gosudarstvennogo stroitel'nogo zakaza // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2014, № 11-2 (52-2).

8. Uvarova S.S., Kanhva V.S., Beljaeva S.V. Organizacionno-jekonomicheskie izmenenija investicionno-stroitel'nogo kompleksa na mikrourovne: upravlenie i analiz. – M.: MGSU, 2014.

9. Nezhnikova E.V., Charueva M.V., Papel'njuk O.V. Mikrojekonomika / Pod red. prof. Lukmanovoj I.G. – M.: Izd-vo ASV, 2013.

10. Gorshkov R.K., Roshchina O.E. Latent Risks During the Process of Implementation of Investment Projects in Construction of Underground Facilities // Procedia Engineering. – Vol. 165, 2016. P.1332...1336.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.



**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ  
В РЫНОЧНОЙ СРЕДЕ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS  
OF THE ACTION OF ECONOMIC TURBULENCE  
IN THE MARKET ENVIRONMENT OF THE ENTERPRISE**

*В.В. ПОЛИТИ*  
*V.V. POLITI*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: politivv@mgsu.ru

*Феномен экономической турбулентности является новой реальностью, в условиях которой вынуждены развивать свою деятельность производственные компании, в том числе и текстильные предприятия. В статье исследуются аспекты и уровни проявления экономической турбулентности от глобальной рыночной среды до отдельной компании; обосновывается необходимость использования новых подходов к разработке стратегического механизма оповещения и адаптации в периоды прохождения зон экономической турбулентности.*

*The phenomenon of economic turbulence is the new reality in which forced to develop their company's activities, including textile enterprises. The article examines the aspects of economic turbulence from the global market environment to the level of individual manufacturing companies; the necessity of using new approaches to the development of a strategic alert mechanism and adaptation in periods of passing zones of economic turbulence.*

**Ключевые слова:** экономическая турбулентность, риск, неопределенность, адаптация, стратегический подход, точки роста.

**Keywords:** economic turbulence, risk, uncertainty, adaptation, strategic approach, growth point.

Классическое, равномерно-маятниковое движение экономики от подъема к спаду и обратно по существу уже является только лишь хрестоматийным примером. Если следовать законам циклического развития, то после глобального финансового кризиса должен наступить экономический подъем (график сглаженной синусоиды) [1], [6]. Однако многие страны фактически вновь вернулись в предшествующую фазу развития, то есть вступили в полосу рецессии. Вероятно, и сам термин "рецессия" сейчас требует нового осмысления. Традиционная логика и последовательность развития большинства экономических процессов

нарушены скачкообразными изменениями на глобальных рынках и доминирующих на них игроков, социально-экологическим кризисом, сильной дифференциацией в институциональном развитии субъектов хозяйствования и отраслей, неоднородностью экономического пространства [1]. Все это в целом порождает непредсказуемое, хаотичное, внезапно вихревое состояние глобальной экономической среды, подходящее под описание феномена турбулентности (от лат. "turbulentus" – беспорядочный).

В самом общем виде под турбулентностью понимается явление самоорганизации, в результате которого происходят регу-

лярные (периодические) или хаотические переходы от беспорядка и обратно [6]. Вряд ли можно согласиться с мнением, что "...все времена "турбуленты", так как содержат разнонаправленные векторы силовых воздействий". Например, биполярному миру действие экономической турбулентности было неведомо, так как политико-экономические процессы были в относительной степени контролируемы и прогнозируемы, характеризовались цикличностью, то есть повторяемостью и регулярностью этих циклов. Автор полагает, что порождающей силой экономической турбулентности является усиливающаяся глобализация экономического пространства. Вероятность резких и неожиданных колебаний становится новой экономической реальностью. Производственные предприятия являются наиболее уязвимыми в периоды прохождения так называемых зон турбулентности, так как обладают слабой технологической гибкостью, особенно предприятия с длительным производственным циклом.

На основании анализа течения глобальных экономических процессов можно выделить главные характеристики экономической турбулентности – это высокая скорость изменения ситуации и отсутствие периодов реабилитации, приводящие к повторному прохождению зон турбулентности. Автор предлагает выделить следующие признаки резкого перехода от ламинарного течения экономических процессов к неупорядоченному, случайному движению, то есть турбулентному:

- значительное увеличение количества разноскоростных финансовых, материальных и информационных потоков и усложнение их взаимодействия;

- увеличение интенсивности взаимодействия элементов (агентов) экономической системы под усилением контроля (давления) институциональной среды;

- резкое увеличение числа возбуждений политико-экономической системы, приводящее к нарушению равновесия и к увеличению степени неравновесности.

По мнению многих исследователей, турбулентное состояние экономической системы обусловлено наличием временных

лагов в темпах протекания взаимосвязанных процессов, таких как спрос и предложение, производство и потребление, сбережение и инвестирование [3]. Турбулентность, проявлениями которой являются неопределенность, риск и хаос, в настоящее время является типичным состоянием отраслей реального сектора экономики страны. Проблема выживаемости российских производственных компаний, в условиях турбулентности глобальной экономической среды, зависит от готовности менеджеров диагностировать цепочки всех изменений, происходящих в данной среде и выявлять их взаимосвязи [4].

Американские эксперты по глобальным стратегиям управления, практики Дж.А. Каслионе и Ф.Котлер, в период возникновения предпосылок кризиса предлагают использовать подход "Хаотикс-стратегия" ("Chaotics"), обеспечивающий диагностику предпосылок возникновения турбулентности, позволяющий предсказывать ситуации, в которых могут выявиться как уязвимые места компании, так и объективные возможности, точки роста. Кроме того, подход "Хаотикс-менеджмент" позволяет разработать мероприятия, позволяющие обеспечить прибыльности компаний в долгосрочной перспективе. Результат такого подхода – это обеспечение устойчивого развития бизнеса (Business Enterprise Sustainability) [5]. Акцентируется внимание на следующей проблематике, что разработка и адаптация новой стратегии происходит в спокойные, стабильные периоды, в результате чего компании оказываются не готовыми к внезапному проявлению турбулентности, когда последняя наступает. Поэтому компаниям следует отказаться от разработки классических вариантов стратегического развития, ориентированных только на два сценария ("рост и спад"), непрерывно адаптируя стратегии к многовариантным условиям бизнес-среды или отказываясь от них, если это диктуют обстоятельства.

Рассмотрим сравнительную характеристику стратегических подходов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Вид стратегического подхода/ периоды	I этап Вхождение в зону турбулентности	II этап Противостояние действию турбулентности	III этап Выход из зоны турбулентности
Классический подход	- чрезмерно оптимистиче- ский подход к ведению бизнеса; - минимизация потенци- ального турбулентного по- тока; снижение опасений работника; - разработка выжидатель- ного подхода до внесения структурных изменений	- агрессивные меры по сниже- нию затрат по всем направле- ниям, в том числе сокращения персонала; - отмена новых проектов; - отказ от проведения исследо- ваний по новым продуктам и их вывода на рынок; - отмена сделок приобретения	- компенсация ошибок про- шлых периодов, разукрупне- ние в целях повышения при- быльности; - попытки перестроить бизнес, в том числе поднять мораль- ный дух работников, клиентов и других заинтересованных сторон
Новый под- ход "Хаотикс- стратегия"	- использование новых стратегических подходов в ключевых службах и ос- новных видах деятельно- сти; - защита профильного биз- неса и ключевых рынков; - последующий уверенный рост за счет более слабых, менее подготовленных конкурентов	- наращивание собственной ре- сурсной базы; - привлечение стратегических партнеров для повышения ве- роятности успеха; - приобретение бизнеса конку- рентов, поиск новых талант- ливых сотрудников и ресурсов; - обеспечение и укрепление бизнеса, дающего основную долю роста	- поддержание заданных тем- пов стабильного и уверенного роста; - продуманное и взвешенное движение, нацеленное на рост на фоне слабой конкурентной среды

В период высокой турбулентности залогом выживания большинства компаний является классическая схема оптимизации расходов, направленная, в первую очередь, на удержание персонала при сокращении заработной платы, сокращении финансирования новых разработок, снижения расходов на маркетинговые исследования и рекламные акции. Однако это – высоко рискованные действия, которые могут привести к потере собственных рыночных (конкурентных) преимуществ, так как в периоды высокой турбулентности экономической среды идет обострение конкурентной

борьбы и нельзя значительно сокращать маркетинговые расходы.

Модель управления, учитывающая внезапно возникающий фактор неустойчивости, является новой системой, включающей группу стратегических принципов, помогающих бизнесу перейти к новой реальности и получения прибыли в долгосрочном периоде независимо от состояния экономической среды. Разработка стратегии в новых условиях, обеспечивающая устойчивое развитие бизнеса, должна включать восемь последовательных этапов (табл. 2 – основные этапы разработки системы управления на основе "Хаотикс-менеджмента").

Т а б л и ц а 2

№ этапа/задачи	содержание	примечание
Цель - Обеспечение устойчивого развития бизнеса		
1 этап	Разработка системы заблаговременного предупреждения.	отслеживание потоков разнонаправленных рыночных сигналов
2 этап	Построение ключевых сценариев и стратегий	-
3 этап	Выбор приоритетных ключевых сценариев и стратегий	корректировка показателей бизнес-плана
4 этап	Внедрение системы стратегического поведения	учет фактора неустойчивости в системе управления
5 этап	Внедрение стратегических моделей поведения	учет фактора неустойчивости в системе маркетинга
6 этап	Увеличение количества заинтересованных сторон	-
7 этап	Выравнивание/кардинальное изменение структуры организации	-
8 этап	Сокращение периодов стратегического планирования и исполнения сценариев	разработка многовариантных сценариев развития ситуации

П р и м е ч а н и е. Источник: адаптировано автором на основе [5], [6].

## ВЫВОДЫ

Таким образом, под турбулентностью экономической среды следует понимать особое состояние, которое характеризуется внезапностью изменений в устойчивых характеристиках этой среды, высокой скоростью протекания различных процессов, и неготовностью менеджеров предприятий к этим изменениям. Феномен экономической турбулентности является новой реальностью, в условиях которой вынуждены развивать свою деятельность производственные предприятия. Для того чтобы использовать турбулентность как "бизнес-рычаг", необходимо разработать и внедрить новую систему менеджмента, позволяющую оповещать компанию о вхождении в зону турбулентности, распознавая как слабые стороны, так и объективные точки роста.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлева Г.П., Манохина Н.В. Новые правила игры в условиях экономической турбулентности // Вестник Саратовского гос. социально-эконом. ун-та. – 2013, №5 (49). С.23...28.
2. Иванова Л.Н., Терская Г.А. Точки роста и драйверы роста: к вопросу о содержании понятий // ИИС. – 2015, №2.
3. Бурлачков В. Турбулентность экономических процессов: теоретические аспекты // Вопросы экономики. – 2009, №11. С.90...97.
4. Лукманова И.Г., Нежникова Е.В. Развитие и совершенствование интегрированной системы менеджмента // Вестник МГСУ. – 2014, № 6. С.158...164.
5. Kotler, Philip. *Chaotics. The Business of Managing and Marketing in the Age of Turbulence* / Philip Kotler and John Coslione. – 15 ted. Режим доступа: <http://performance.ey.com/2010/06/24/chaotics@-the-business-of-managing-and-marketing-in-the-age-of-turbulence/> (дата обращения 18.01.2017).
6. Нежникова Е.В., Чаруева М.В., Папельнюк О.В. Микроэкономика / Под ред. проф. Лукмановой И.Г. – М.: Изд-во АСВ, 2013.

7. Anderson Philip, Tushman Michael L. Organizational environments and industry exit: the effects of uncertainty, munificence and complexity // *Industrial and corporate change*- Publisher Oxford University Press. – V.1, №3, 2001. P. 675.

8. Saano B.K., Tone K. Non-parametric measurement of economies of scale and scope in non-competitive environment with price uncertainty// *OMEGA*. - Publisher Elsevier Science Publishing Company, Inc. – V. 41, №1, 2013. P.97...111.

## REFERENCES

1. Zhuravleva G.P., Manohina N.V. Novye pravila igry v usloviyah jekonomicheskoy turbulentsi // *Vestnik Saratovskogo gos. social'no-jekonom. un-ta*. – 2013, №5 (49). S.23...28.
2. Ivanova L.N., Terskaja G.A. Tochki rosta i drajvery rosta: k voprosu o soderzhanii ponjatij // *IIS*. – 2015, №2.
3. Burlachkov V. Turbulentnost' jekonomicheskikh processov: teoreticheskie aspekty // *Voprosy jekonomiki*. – 2009, №11. S.90...97.
4. Lukmanova I.G., Nezhnikova E.V. Razvitie i sovershenstvovanie integrirovannoj sistemy menedzhmenta // *Vestnik MGSU*. – 2014, № 6. S.158...164.
5. Kotler, Philip. *Chaotics. The Business of Managing and Marketing in the Age of Turbulence* / Philip Kotler and John Coslione. – 15 ted. Rezhim dostupa: <http://performance.ey.com/2010/06/24/chaotics@-the-business-of-managing-and-marketing-in-the-age-of-turbulence/> (data obrashhenija 18.01.2017).
6. Nezhnikova E.V., Charueva M.V., Papelnjuk O.V. *Mikroekonomika* / Pod red. prof. Lukmanovoj I.G. – M.: Izd-vo ASV, 2013.
7. Anderson Philip, Tushman Michael L. Organizational environments and industry exit: the effects of uncertainty, munificence and complexity // *Industrial and corporate change*- Publisher Oxford University Press. – V.1, №3, 2001. P. 675.
8. Saano B.K., Tone K. Non-parametric measurement of economies of scale and scope in non-competitive environment with price uncertainty// *OMEGA*. - Publisher Elsevier Science Publishing Company, Inc. – V. 41, №1, 2013. P.97...111.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

**ПЕРСПЕКТИВЫ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА  
В УСЛОВИЯХ УСКОРЕННОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ**

**THE PROSPECTS OF THE INDUSTRY  
IN TERMS OF ACCELERATED DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES**

*Д.Н. СИЛКА*  
*D.N. SILKA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: silkadn@mgsu.ru

*Легкая промышленность представляет собой важнейшую сферу национальной экономики, где доля текстильной промышленности имеет наибольшее значение. В условиях современного ускоренного технологического развития самых различных сфер хозяйствования технологическая отсталость текстильной промышленности в России сказывается на негативной динамике ее развития. В статье показаны перспективы усиления специализации производства и пути выхода на тренд устойчивого роста.*

*The light industry is the most important sphere of national economy, where the share of the textile industry has the greatest value. In today's rapid technological development of the most diverse areas of economic, technological backwardness of the textile industry in Russia affects the negative dynamics of its development. The article shows the potential for increased specialization of production and way out on the trend of sustained growth.*

**Ключевые слова:** квалификация, специализация производства, трудовые ресурсы, текстильная промышленность.

**Keywords:** qualification, specialization of production, labor, textile industry.

Функционирование текстильной промышленности в России в последние годы отражает спад. Стоимость производства отечественной текстильной продукции выше, чем импортной, и это негативным образом влияет на объемы производства. При этом ситуация с производством из натурального сырья выглядит хуже, чем производство из искусственных волокон. Если рассматривать изготовление тканей в России с применением ткацкого оборудования, то основная часть производимых тканей приходится на хлопчатобумажные. В структуре мировой текстильной промышленности на долю хлопчатобумажных тканей приходится 67% от общего производства, в России этот показатель равняется 82,7%. Всего за 2014 г. в РФ было произве-

дено 1.187 млрд. кв. м. хлопчатобумажных тканей. Это на 10% меньше в сравнении с 2013 г. В настоящее время ситуация примерно такая же. Эти цифры показывают технологическую отсталость отечественного производства и позволяют выделить задачи, требующие решения.

В процессе эволюции экономических систем важную роль выполняет специализация производства. Для успешного функционирования хозяйствующего субъекта ему следует постоянно адаптироваться к внутренним и внешним условиям среды деятельности. Чем большим разнообразием видов деятельности обладает предприятие, тем большие усилия требуются ему для того, чтобы система управления оставалась эффективной. Диверсифицированное про-

изводство важно для высокоразвитой экономики, но это далеко не всегда может являться хорошей целью для конкретного предприятия. В экономических системах, а также, что немаловажно в природе и иных сложных открытых системах, чем большей специализацией обладает некоторый субъект, тем эффективнее он справляется с решением различных задач на своем пути развития. Субъект хозяйствования, имеющий высокий уровень специализации, не может произвольно и без существенных усилий и риска менять свою профессиональную область, но там, где он выработал механизмы, сформировал средства для приспособления, он становится высоко конкурентоспособным и может привлекать необходимые ресурсы своей деятельности. Как результат такая поведенческая стратегия, предполагающая упор на развитие собственной специализации, является залогом к долгосрочному функционированию. Но при этом имеются и недостатки. Узкая специализация предполагает заведомо отказ от деятельности, которая находится в смежных сегментах, потенциально позволяет предприятию повышать коммерческие результаты и ускорять собственный рост. Также путь, на который ориентируется специализированное предприятие, может оказаться тупиковым. Многие виды технологий, продукции, услуг имеют свой жизненный цикл и, появившись, через некоторое время становятся более невостребованными (хотя и в различном временном горизонте). В качестве примера можно привести проводную аналоговую телефонную связь; аналоговую фотографию; возможно в недалеком будущем двигатель внутреннего сгорания; определенные виды торговли через традиционные магазины в пользу интернет-магазинов и отдельные услуги почты; геодезические, кадастровые и картографические работы методом непосредственной локации на земельном участке; визуальный контроль движения транспорта, перемещения предметов и грузов на определенных участках, торговля товарами через различные киоски с появлением терминалов самообслуживания, средства массовой информации в виде газет и журналов и др.

В связи со сложностью определения видов деятельности, которые были бы оптимальными для конкретного хозяйствующего субъекта в среднесрочной и долгосрочной перспективе, мы наблюдаем наличие циклических процессов, выраженных в смене его фаз жизненного цикла, на которых происходит изменение эффективности деятельности. И этим тенденциям подвержены практически все уровни экономики. Так, для компании Apple в 1996 г. ее продажи снизились на 30% по сравнению с предыдущим годом. По выводам экспертов это произошло из-за того, что Apple создала весьма много продуктов. И хотя у компании было более десяти разновидностей Macintosh, она не могла донести до потребителей, в чем заключается их отличие от конкурентов. На деле она не умела фокусироваться. Но в 1996 г. приход Джобса все изменил. К сентябрю 1997 г. он сократил ассортимент на 70%, отказавшись от производства принтеров и серверного оборудования. Для своей команды он сформировал новую миссию и указал, что они талантливые специалисты и неправильно тратят слишком много времени на различные малозначимые проекты. Очень быстро изменение стратегии привело к новым результатам. Сокращая линейку продуктов, Apple пошла на шаг увольнения более трех тысяч сотрудников, и это спасло ее баланс. К следующему январю ее руководитель Стив Джобс объявил о первом прибыльном квартале за последние несколько лет. Apple сделала то, чего не делала никогда: и это работало. Возвращение Джобса в компанию повлекло масштабные изменения в ее внутренней культуре. Разработчикам нужно было фокусироваться на небольшом количестве продуктов, но делать их максимально качественными. Стив Джобс и руководитель дизайнерского отдела Джонни Айв следили за тем, чтобы в компании не было ничего лишнего, и продукты, бизнес и маркетинг стали воплощением этой философии. Как результат, компания добилась невиданных успехов. iPod, iPhone и iPad стремительно покорили мир и изменили способ взаимодействия людей с технологиями. Apple стала самой дорогой и крупной

компанией в мире. Но к настоящему времени история снова повторяется. Apple выпускает 46 разных версий своих продуктов, начиная от смартфонов и планшетов, и заканчивая часами и компьютерами. Важно не количество продуктов, а количество обнаруженных проблем и неисправностей. Без них не обходится ни один новый релиз Apple. При этом множество жалоб со стороны клиентов показывает, что компания снова начинает терять фокусировку. Фактически сейчас Apple пытается охватить слишком много областей, начиная от производства телевизоров, часов и заканчивая устройствами дополненной или виртуальной реальности. Ее продукция становится малоотличимой от аналогичных устройств на рынке, и привлечь внимание потребителя становится сложнее.

Рассмотренный выше пример очередной раз подтверждает, что роль специализации производства трудно переоценить. Мир по-прежнему продолжает развиваться по принципу профессиональной специализации. Несмотря на то, что в современных условиях имеется беспрецедентно высокий уровень предложения самых различных товаров и удовлетворения благ, пределы роста профессиональной специализации не достигнуты. Но, при рассмотрении исторической ретроспективы, она начинает принимать особые формы. Разработчики различного оборудования, техники и технологий для производства все в большей степени перестают ставить целью повышение производительности труда работников. Напротив, большое внимание уделяется выведению трудовых ресурсов из различных производственных процессов за счет робототехники, различных автоматизированных систем, в конечном счете – с помощью применения искусственного интеллекта. В пользу такой идеи развития специализации говорит тот факт, что зарплаты различных специалистов уже давно перестали расти. Компании могут повышать выработку производства на одного рабочего, но это происходит не за счет лучшей оснащенности конкретного работника, а за счет все большего выполнения отдельных задач различными самостоятельными механичес-

кими и автоматическими системами. Такая статистика, в первую очередь, отмечается в высокоразвитых странах. В 1973 г. зарплата обычного рабочего в США достигла своего максимального значения. В ценах 2013 г. рядовой рабочий, занятый на производстве в негосударственном секторе экономики, получал в среднем \$767 в неделю. При этом к числу таких рабочих относилась половина экономически активного населения Америки. Уже в следующем году реальная средняя заработная плата пошла вниз и продолжает снижаться. Четыре десятилетия спустя точно такой же рядовой рабочий зарабатывает всего лишь \$664, то есть его зарплата за это время уменьшилась приблизительно на 13% [2]. Учитывая наличие процессов глобализации, свободный доступ к любой информации о технике и технологиях, имеющихся в мире, следует отметить, что и в России могут применяться самые передовые достижения и зарплаты специалистов не имеют причин к возрастанию. Более того, если учесть что в целом уровень конкурентоспособности товаров и услуг в развитых странах может быть выше, в том числе за счет эффективной организации труда, то повышение зарплат в развивающихся странах для поднятия уровня конкурентоспособности явно не может находиться в тренде.

Другой закономерностью современного развития экономик является постепенное сокращение уровня занятых. Экономические спады приводят к исчезновению все большего числа рабочих мест, но большая проблема состоит в том, что в периоды восстановления их создается все меньше и меньше [3]. При этом в отношении безработных – их прошлые компетенции быстро обесцениваются. Эксперты отмечают даже такую особенность – претенденты, находящиеся без работы некоторое время и не имеющие практического опыта, обладают большими шансами получить приглашение на собеседование, чем те, которые имеют необходимый опыт, но не имеют работы уже более шести месяцев [1]. Достаточно ценными остаются работники, которые имеют высокую квалификацию и наличие определенной специализации. Таковых не-

много, и большая часть среднего класса, в том числе например, различные офисные работники, все чаще становятся не востребова- нными на рынке.

Исследователи заметили, что еще в 2010 г. можно было выделить четыре кате- гории профессий в среднем сегменте, кото- рые особенно сильно подверглись деграда- ции. Среди них: торговля, офисная и адми- нистративная работа, производство, вклю- чая ремесленный труд и ремонтные работы, а также такие профессии, как оператор, производственный рабочий и подсобный рабочий без квалификации. За последние тридцать лет процент населения в США, за- нятого в этих сферах, уменьшился с 57,3 до 45,7, при этом именно в последние годы эта динамика усилилась [4]. Информационные технологии, в том числе серьезно увеличив- шиеся коммуникационные возможности, делают ненужным все большую долю чело- веческого труда.

## ВЫВОДЫ

Учет современных тенденций позволяет сделать вывод о том, что для устойчивого развития предприятия текстильной про- мышленности ему, во-первых, следует осу- ществлять поиски направлений, где специ- ализированные виды деятельности могут обеспечиваться без человеческого труда или в условиях его минимизации. Во-вто- рых, где производство продукции отвечает самым передовым достижениям. Использо- вание в совокупности прорывных идей в данных направлениях способно обеспечить качественное продвижение на отечествен- ном и мировом рынках. При этом целью ре- гиональной политики должно являться как формирование новых кадров с высокой ква- лификацией и специализацией в новейших сферах деятельности, так и переквалифика- ция работников, чьи компетенции будут становиться невостребованными.

1. Описание эксперимента Гхаяда см.: Mathew O'Brien, "The Terrifying Reality of Long-Term Unemployment", The Atlantic, April 13, 2013, <http://www.theatlantic.com/business/archive/2013/04/the-terrifying-reality-of-long-term-unemployment/274957/>.

2. Перечень средних зарплат рядовых сотрудни- ков, занятых в промышленном производстве, см.: Table B-47 в The Economic Report of the President, 2013 по адресу [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/erp2013/full\\_2013\\_economic\\_report\\_of\\_the\\_president.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/erp2013/full_2013_economic_report_of_the_president.pdf).

3. Форд М. Роботы наступают: Развитие техно- логий и будущее без работы / Пер. с англ. – М.: Аль- пина нон-фикшн, 2016.

4. David Autor. The Polarization of Job Opportu- nities in the U. S. Labor Market: Implications for Em- ployment and Earnings, a paper jointly released by The Center for American Progress and The Hamilton Project, April 2010, pp. 8-9, <http://economics.mit.edu/files/5554>.

5. Яськова Н.Ю. Эволюция процессов развития инвестиционно-строительной деятельности // Вест- ник Иркутского гос. технич. ун-та. – 2012, № 1 (60). С. 178...186.

## REFERENCES

1. Opisanie jeksperimenta Ghajada sm.: Mathew O'Brien, "The Terrifying Reality of Long-Term Unemployment", The Atlantic, April 13, 2013, [http://www.theatlantic.com/business/ar- chive/2013/04/the-terrifying-reality-of-long-term-un- employ-ment/274957/](http://www.theatlantic.com/business/archive/2013/04/the-terrifying-reality-of-long-term-unemployment/274957/).

2. Perechen' srednih zarplat rjadovyh sotrudnikov, zanjatyh v promyshlennom proizvodstve, sm.: Table V- 47 v The Economic Report of the President, 2013 po adresu [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/erp2013/full\\_2013\\_economic\\_report\\_of\\_the\\_ president.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/erp2013/full_2013_economic_report_of_the_president.pdf).

3. Ford M. Roboty nastupajut: Razvitie tehnologij i budushhee bez raboty / Per. s angl. – M.: Al'pina non- fikshn, 2016.

4. David Autor. The Polarization of Job Opportu- nities in the U. S. Labor Market: Implications for Em- ployment and Earnings, a paper jointly released by The Center for American Progress and The Hamilton Pro- ject, April 2010, pp. 8-9, <http://economics.mit.edu/files/5554>.

5. Jas'kova N.Ju. Jevoljucija processov razvitija in- vesticionno-stroitel'noj dejatel'nosti // Vestnik Ir- kutskogo gos. tehnic. un-ta. – 2012, № 1 (60). S.178...186.

Рекомендована кафедрой экономики и управле- ния в строительстве. Поступила 28.12.16.



## К ВОПРОСУ О ДВИЖУЩИХ СИЛАХ ПРОЦЕССОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

### TO THE QUESTION ABOUT THE DRIVING FORCES OF ECONOMIC TRANSFORMATION

*Н.Ю. ЯСЬКОВА*  
*N.YU. YASKOVA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))  
E-mail: mcua3@yandex.ru

*В статье исследуются проблемы управления движущими силами современных процессов экономической трансформации национальной экономики. Устранение противоречивости развития, придание процессам измеримого характера, согласование экономических интересов всех участников с приоритетами и целями развития территорий, отраслей и национальной экономики в целом. Развитие текстильной промышленности также требует разработки принципиально новых подходов к организации управления оборотом совокупных ресурсов развития в их субъектной привязке и проектных форматах реализации.*

*The paper focuses on management problems of impetus to national economy transformation modern processes. Elimination of development contradictory nature, giving to processes a measurable character, coordination of all participants' economic interests with priorities and purposes of territory, industry and national economy development need elaboration of essentially new approaches to organization of collective development resources turnover management in their subjective link and project forms realization.*

**Ключевые слова:** трансформация, способ производства, потребности, экономические интересы, методологические принципы, ресурсы развития, капитализация, эквифинальность, синхронизация деятельности, структуризация процессов.

**Keywords:** transformation, production method, needs, economic interests, methodological principles, recourses of development, capitalization, equifinality, synchronization of activity, structurization of processes.

Современные приоритеты и формы развития характеризуются не только динамическим характером, отражающим ускорение процессов жизнедеятельности, изменчивость целевых векторов развития на всех иерархических уровнях, но и масштабом востребованных трансформаций. Последние, выступая в форме целесообразных системных преобразований, по существу охватывают все отрасли, территории и сферы национальной экономики, предпола-

гая существенные изменения сложившегося к настоящему времени способа производства. Следовательно, указанные изменения должны соответственно коснуться как производительных сил, так и производственных отношений, складывающихся в процессе удовлетворения производственных, общественных и личных потребностей. Их взаимодействие детерминирует суть понятия "экономический интерес", как локализованную во времени и требующую

удовлетворения конечную потребность экономического субъекта. При этом неважно, какое место в иерархической системе, сфере деятельности или на какой территории функционирует субъект. Его конечные потребности придают деятельности целесообразный характер.

Удовлетворение экономических интересов характеризуется не только множеством стоимостных и временных показателей, но и методами удовлетворения. Их синтез реализуется в рамках разрабатываемых Стратегий развития [1], [2]. Задача обобщения механизмов трансформации нацелена на преодоление противоречий и согласование экономических интересов участников развития. Именно в этом контексте классики (К. Маркс, В.И. Ленин и др.) трактовали экономические интересы, как движущие силы развития. Опыт трансформаций экономических систем последнего времени убедительно показал, что пренебрежение к характеру и динамике противоречий экономических интересов в конечном счете приводит экономику к трансформационному тренду развития деградационного типа [3]. Причем элементы движущих сил и механизмы развития деградируют тем быстрее, чем острее противоречия экономических интересов, приводящие в конечном счете к их конфликту. Отличие конфликта от противоречия заключается в невозможности в оперативном режиме времени прийти к взаимному согласию субъектов. В результате система теряет целостность, нарушается вертикаль управления, растет социальная напряженность, требуя уже не экономических мер, а жестких политических решений.

Современная трактовка целей организации управленческих воздействий [4...6] касается возникновения эффекта синхронизации целей и способов деятельности различных хозяйственных субъектов, как объективной основы возникновения синергетического эффекта. Он формируется как следствие обеспечения системной трансформации экономических отношений на основе приведения экономических интересов участников развития в соответствие с це-

лями и приоритетами развития национальной экономики. Указанная постановка задачи предполагает в первую очередь необходимость структуризации процесса трансформации, который целесообразно представить в следующем виде: управляющая подсистема – портфель программ, проектов, товаров, работ и услуг – капитал (ресурсы развития) – организационная структура – технологии управления. Заданная логика основывается на том, что управляющая подсистема отвечает за программно-проектное обеспечение процессов трансформации. Это должно позволить выпускать продукцию, выполнять работы и оказывать услуги, обеспеченные спросом, который является базовой формой проявления потребностей. Совокупность имеющихся материальных и нематериальных ресурсов развития составляет суть понятия капитал. Необходимость его включения в логическую последовательность трансформации связана с решением задач расширенного воспроизводства, то есть производства ресурсов, способных приносить прибавочную стоимость. Заметим, что оборот ресурсов развития осуществляется в рамках имеющихся и создающихся в национальной экономике организационных структур, которые используют, а в ряде случаев и разрабатывают технологии управления, в конечном счете обеспечивающие устойчивость развития. Соподчиненность и согласованность целей и задач управления на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях в этом случае становится условием эффективного управления. Его содержание определяется воздействием на различные проекции трансформаций, представленными как в проектном, так и в субъектном аспектах, а также локализованных в пространстве и во времени.

Важность использования программно-проектных форматов обусловлена необходимостью взаимной увязки информационных, инновационных, материально-технических, административных, трудовых (интеллектуальных) ресурсов, денежных потоков и времени [7]. Кроме того, проектный формат позволяет осуществить субъектную

привязку ресурсов. К числу субъектов следует отнести хозяйственные субъекты, органы государственной власти на федеральном и региональных уровнях и непосредственно потребители продукции и услуг, возникающих в результате реализации проектов. В связи с этим возникает вопрос, как сочетать их потребности и цели деятельности? На что должно быть направлено управляющее воздействие? Ответы на эти вопросы должны, совершенно очевидно, касаться всех типов управляющих воздействий. Практика показала, что, по сути, они подразделяются на обеспечивающие и поддерживающие меры. Первые охватывают разрешительные и запретительные рычаги управления. Поддерживающие деятельность меры опираются на меры, нейтрализующие негативные влияния внешнего и внутреннего характера. К их числу также следует отнести стимулирующие целенаправленную и взаимосогласованную деятельность меры. Все вместе меры управляющего воздействия призваны обеспечить необходимую скорость трансформаций. Следовательно, они должны воздействовать на деловую и потребительскую активность. Как было доказано [8], [9], деловая активность есть следствие реализации процесса согласования экономических интересов участников. В соответствии с экономической логикой согласованность экономических интересов создает объективные условия возрастания деловой активности. При условии синхронизации деятельности субъектов хозяйствования эквивалентность экономической системы расширяется, обеспечивая условия устойчивого развития [4]. Таким образом, трансформационные процессы должны расширять эквивалентность экономической системы в целом (национальной экономики), так и ее субъектов. В указанном контексте необходимо оценивать масштаб стоящих перед субъектами развития задач.

На практике возможны различные ситуации [10], связанные с дисбалансами экономических интересов. Доминирование общественных экономических интересов рождает противоречия, а неудовлетворенность хозяйственных субъектов и граждан

в конечном счете гасит деловую и потребительскую активность. Направленность функционирования экономической системы на хозяйственные интересы безусловно способствует росту деловой активности, но снижает потенциал развития системы в целом, оттягивая на себя общественные ресурсы развития и рано или поздно гасит личную инициативу. Аналогично нарушение баланса экономических интересов в пользу гипертрофии личного потребления не позволяет своевременно капитализировать ресурсы развития в итоге, подрывая тем самым базу личного потребления, что, безусловно, тормозит трансформационные экономические процессы.

Следствием приведенной логики исследования движущих сил экономических трансформаций является понимание необходимости приведения экономических интересов субъектов развития к состоянию динамического равновесия.

На различных иерархических уровнях равновесие проявляется следующим образом:

1) на системно-целевом уровне – в механизмах постановки адекватных, сбалансированных с экономическими интересами, целей деятельности и развития. Они выражаются в расширении эквивалентности системы и ее элементов в различных условиях и степенях удовлетворения экономических интересов;

2) на трансформационном уровне – в технологиях согласования экономических интересов в динамических условиях изменяющихся масштабов и темпов расширенного воспроизводства;

3) на методическом уровне – в универсальных методических подходах и технологиях капитализации ресурсов развития и роста рыночной стоимости бизнеса;

4) на прикладном уровне – в способах оценки и корректировки оборота ресурсов и деятельности субъектов развития.

## В Ы В О Д Ы

Таким образом, научно-практический инструментарий, опосредующий управление движущими силами экономических

трансформаций, позволяет в качестве обобщающего вывода сформулировать ряд методологических принципов. Это:

I. Готовность участников развития к сотрудничеству в условиях принятия целей развития экономической системы в целом.

II. Качественная и количественная детерминированность целей и процессов развития. Стоимостное и пространственно-временное количественно измеримое и структурированное отражение целей и процессов трансформаций.

III. Обязательный учет условий целевой и ресурсной мобильности, а также высокого уровня энтропии внешней и внутренней среды.

IV. Смысловая идентичность, сбалансированность и пропорциональность всех подсистем и компонент процесса развития.

V. Предпочтительность и приоритетность проектов, работ и услуг с максимальной эквивалентной эффективностью и долей капиталобразующих факторов.

VI. Внутренняя и внешняя взаимосогласованность и паритет экономических интересов. Недопущение их конфликта.

VII. Ресурсная обеспеченность и достаточность для поддержки и расширения эквивалентности экономической системы.

Использование предложенных принципов для решения задач развития обеспечивает эффективность трансформационных процессов на всех иерархических уровнях экономической системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утв. Указом Президента РФ № 642 от 01.12.2016 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/48053.html> (дата обращения 28.12.2016 г.).

2. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://stroi.mos.ru/uploads/user\\_files/files/str\\_2030.pdf](http://stroi.mos.ru/uploads/user_files/files/str_2030.pdf) (дата обращения 30.09.2016 г.).

3. Яськова Н.Ю. Развитие инвестиционно-строительных процессов в условиях глобализации. – М.: МАИЭС, ИПО "У Никитских ворот", 2009.

4. Яськова Н.Ю., Лукманова И.Г. Развитие научных основ эволюционной экономики в современных условиях инвестиционно-строительной деятельности // Экономика строительства. – 2014, №5. С.13...19.

5. Силка Д.Н. Комбинирование методов управления экономическим ростом // Интернет-журнал Науковедение. – 2013, № 2 (15). С. 19.

6. Сарченко В.И. Методология обеспечения целевой мобильности развития и эффективности реструктуризации городской недвижимости в условиях неопределенности: Дис....докт. экон. наук. – М.: МГСУ, 2016.

7. Kamemetskii M.I., Yaskova N.Y. Administrative resources as a Factor in Improving the Efficiency of the State Administration System // Studies on Russian Economic Development т– Vol. 26, № 2. P.124...131.

8. Силка Д.Н., Яськова Н.Ю. Новый вектор поиска адекватных форматов управления деловой активностью инвестиционно-строительной сферы // Вестник Иркутского гос. технич. ун-та. – 2012, №11 (70). С. 280...283.

9. Силка Д.Н., Яськова Н.Ю. Управление деловой активностью в условиях многоукладности. – М., МГСУ, 2013.

10. Alexeeva T.R., Yaskova N.Y. Development of modernization tools for construction complex through the mechanisms of enforcement // MATEC Web Conferences XV International Conference "Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology-2016". – Vol. 73, 2016.

#### REFERENCES

1. Strategija nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii, utv. Ukazom Prezidenta RF № 642 ot 01.12.2016 g. [Jelektronnyj re-surs]. Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/48053.html> (data obrashhenija 28.12.2016 g.).

2. Strategija innovacionnogo razvitiya stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii do 2030 goda [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://stroi.mos.ru/uploads/user\\_files/files/str\\_2030.pdf](http://stroi.mos.ru/uploads/user_files/files/str_2030.pdf) (data obrashhenija 30.09.2016 g.).

3. Jas'kova N.Ju. Razvitie investicionno-stroitel'nyh processov v uslovijah globalizacii. – М.: MAIJeS, IPO "U Nikitskih vorot", 2009.

4. Jas'kova N.Ju., Lukmanova I.G. Razvitie nauchnyh osnov jevoljucionnoj jekonomiki v sovremennyh uslovijah investicionno-stroitel'noj dejatel'nosti // Jekonomika stroitel'stva. – 2014, № 5. S. 13...19.

5. Silka D.N. Kombinirovanie metodov uprav-lenija jekonomicheskim rostom // Internet-zhurnal Naukovedenie. – 2013, № 2 (15). S. 19.

6. Sarchenko V.I. Metodologija obespechenija ce-levoj mobil'nosti razvitiya i jeffektivnoj restrukturizacii gorodskoj nedvizhimosti v uslovijah neopredelennosti: Dis....dokt. jekon. nauk. – М.: MGSU, 2016.

7. Kamemetskii M.I., Yaskova N.Y. Administrative resources as a Factor in Improving the Efficiency of the State Administration System // Studies on Russian Economic Development т– Vol. 26, № 2. P.124...131.

8. Silka D.N., Jas'kova N.Ju. Novyj vektor poiska adekvatnyh formatov upravlenija delovoj aktivnost'ju investicionno-stroitel'noj sfery // Vestnik Irkutskogo gos. tehnic. un-ta. – 2012, № 11 (70). S.280...283.

9. Silka D.N., Jas'kova N.Ju. Upravljenje delovoj aktivnost'ju v uslovijah mnogoukladnosti. – M., MGSU, 2013.

10. Alexeeva T.R., Yaskova N.Y. Development of modernization tools for construction complex through the mechanisms of enforcement // MATEC Web Conferences XV International Conference "Topical Prob-

lems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology-2016". – Vol. 73, 2016.

Рекомендована кафедрой экономики и управления в строительстве. Поступила 28.12.16.

---

УДК 677.017

**ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ВЕРХНЕГО НАМЕТА ПАЛАТОК  
В ПРОЦЕССЕ УСКОРЕННОГО СТАРЕНИЯ**

**THE STUDY OF THE PROPERTIES OF FABRICS FOR THE UPPER TENTORIUM  
TENTS IN THE PROCESS OF ACCELERATED AGING**

*А.Ф. ДАВЫДОВ, Н.А. БЕЛКИН*  
*A.F. DAVYDOV, N.A. BELKIN*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))  
E-mail: adavydov46@yandex.ru

*В работе исследовано изменение прочности палаточных тканей под действием высокой температуры и высокой влажности воздуха с целью определения срока хранения палаток.*

*The work examines the changing strength tent fabrics under high temperature and high humidity to determine the shelf life of tents.*

**Ключевые слова:** палаточные ткани, влажность, температура, разрывная нагрузка.

**Keywords:** tent fabric, humidity, temperature, tensile load.

Свойства палаточных тканей изучены еще недостаточно хорошо, так как их ассортимент в последнее время стал намного шире. Значительную его долю составляют синтетические ткани с ПВХ и ПУ покрытиями.

Как известно, продолжительность использования палаток зачастую составляет несколько недель в течение года. В процессе хранения палаточная ткань может подвергаться воздействию повышенных температур, а также повышенной или пониженной влажности воздуха. При этом продолжительность хранения может быть

очень значительной, поэтому задача исследования изменения свойств в его процессе становится очень актуальной.

Для проведения лабораторных испытаний по ускоренному старению тканей для верхнего намета палаток были выбраны ткани, различающиеся по структуре, линейной плотности применяемых нитей, переплетению, сырьевому составу и массовой доле полиуретанового покрытия. Характеристики таких тканей приведены в табл. 1, где приняты обозначения: ПА – полиамидная нить; ПЭ – полиэфирная нить; ПУ – полиуретановое покрытие.

Т а б л и ц а 1

Номер варианта ткани	Наименование ткани	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Состав сырья и массовая доля покрытия, %	Плотность ткани, число нитей на 10 см		Толщина, мм	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
				по основе	по утку		
1	Polyoxford PU 2000	185	ПА – 99,0 ПУ – 1,0	460	365	0,17	1,09
2	Polytafetta Ripstop PU 3000	96	ПЭ – 85,8 ПА – 10,2 ПУ – 4,0	420	315	0,12	0,80
3	Oxford PU 2000	116	ПА – 96,7 ПУ – 3,3	228	214	0,14	0,83
4	Polytaffeta Milky PU 3000	71	ПА – 99,7 ПУ – 0,3	440	395	0,10	0,71

Как следует из табл. 1, все ткани имеют полиуретановое покрытие, что обеспечивает их водонепроницаемость и высокую водоупорность.

Для проведения ускоренного старения была использована методология ГОСТа 9.707, которая заключается в следующем.

Ускоренное старение проводят при температурах  $T_1 < T_2 < \dots < T_n$ , где минимальная температура  $T_1$  соответствует максимальной температуре хранения исследуемого материала, а максимальная температура  $T_n$  должна быть не менее чем на 10°C ниже температуры, при которой начинаются существенные физико-химические изменения в материале, не имеющие места в процессе хранения. Интервал между значениями температуры должен быть не менее 10°C. Образцы исследуемого материала выдерживают при указанных температурах в течение интервалов времени, определяемых условиями хранения и наличием существенных изменений в материале. Затем проводят испытания исследуемого показателя качества. По полученным данным строят кинетические кривые старения и определяют срок хранения материала.

Исходя из сказанного, учитывая условия хранения палаточных тканей, а также их сырьевой состав (полиамидная нить, как известно, имеет низкую стойкость к воздействию повышенных температур), в соответствии с ГОСТом 9.707 [1] были выбраны следующие значения температуры проведения испытания: 35; 45; 55; 65 и 75°C. Для относительной влажности воздуха были приняты следующие значения, %: 50 (влажность воздуха в помещении), 65 (влажность воздуха, соответствующая стандартным условиям испытания), 98 (высокая влажность воздуха).

Продолжительность испытания образцов составляла в сутках: 0, 40, 60, 80, 100, 120, 150.

В качестве критерия оценки изменения показателей в процессе ускоренного старения была принята разрывная нагрузка [2] полоски ткани по утку. Направление утка было выбрано в связи с тем, что, по результатам предварительного эксперимента, разрывная нагрузка по утку у всех тканей меньше, чем по основе.

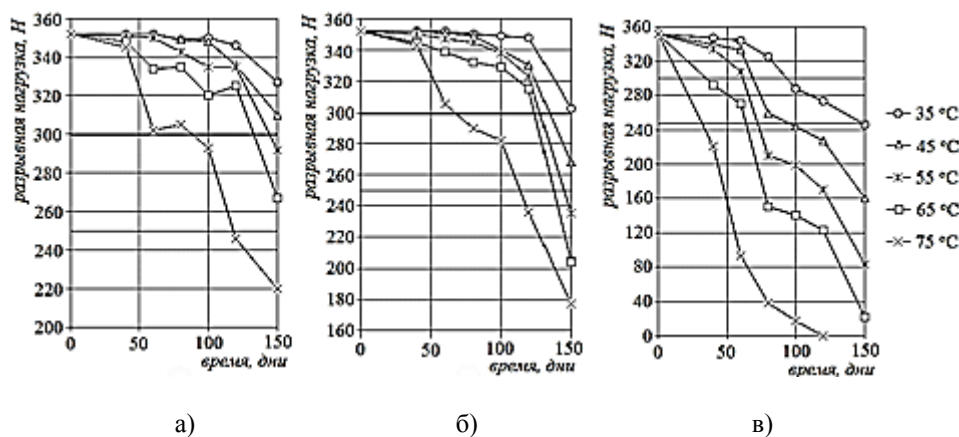


Рис. 1

В качестве примера изменения разрывной нагрузки результаты испытаний ткани Polyoxford PU 2000 в процессе ускоренного старения представлены на рис. 1: а – при относительной влажности воздуха 50%; б – 65%; в – 98%. Горизонтальные линии на рис. 1 соответствуют разрывной нагрузке, составляющей 85 и 70% от исходного значения.

Анализ представленных данных позволяет отметить следующее.

Разрывная нагрузка тканей в процессе старения снижается при всех температурах.

Разброс значений относительно сглаживающей линии невелик, он не превышает абсолютной ошибки испытания и находится в пределах 5%.

С повышением температуры разрывная нагрузка снижается быстрее. Влияние относительной влажности с повышением температуры также увеличивается. После 120...150 суток старения при относительной влажности 98% и температуре 55°C разрывная нагрузка снизилась у образцов на 35...85%, а при температуре 75°C – на 55...98%.

Снижение разрывной нагрузки у ткани из полиэфирных нитей в сочетании с полиамидными Polytafetta Ripstop PU 3000 и у ткани Oxford PU 2000 из полиамидных нитей происходит медленнее, чем у полиамидных тканей Polyoxford PU 2000 и Polytaffeta Milky PU 3000. Можно также отметить, что наиболее интенсивно цвет тканей изменялся при относительной влажности воздуха 98%. С повышением температуры испытаний интенсивность изменения цвета также увеличивалась.

По результатам определения разрывной нагрузки в процессе ускоренного старения была рассчитана продолжительность испытания до достижения разрывной нагрузки, составляющей 85% от исходной, для разных значений температуры ускоренного старения. Расчеты были проведены с помощью встроенной функции ПРЕДСКАЗ программного продукта MS Excel. Результаты представлены в табл. 2, где W – относительная влажность воздуха, %; продолжительность испытаний, дни.

Т а б л и ц а 2

Наименование ткани, относительная влажность воздуха	Температура испытаний, °С				
	35	45	55	65	75
Polyoxford PU 2000, W= 50	281	192	154	120	74
Polyoxford PU 2000, W= 65	164	123	105	92	66
Polyoxford PU 2000, W= 98	92	61	48	33	13
Polytafetta Ripstop PU 3000, W= 50	296	184	127	106	77
Polytafetta Ripstop PU 3000, W= 65	280	139	104	79	58
Polytafetta Ripstop PU 3000, W= 98	192	107	85	63	46
Oxford PU 2000, W= 50	1210	1049	699	281	125
Oxford PU 2000, W= 65	468	307	222	155	103
Oxford PU 2000, W= 98	97	66	52	38	19
Polytaffeta Milky PU 3000, W= 50	627	359	207	167	102
Polytaffeta Milky PU 3000, W= 65	411	149	120	98	66
Polytaffeta Milky PU 3000, W= 98	134	86	62	40	24

В работе рассчитаны допустимые сроки хранения  $\tau$  исследуемых материалов в соответствии с ГОСТом 9.707 [2]. Расчеты проводили по формуле:

$$\tau = \frac{1}{n} \sum t_j \exp \frac{E}{R} \left( \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_j} \right),$$

где  $n$  – число значений температуры, при которых проводилось ускоренное старение;  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $R=8,314$  Дж/К;  $T_3$  – эквивалентная температура, определяемая по таблице ГОСТа 9.707;  $T_j$  – температура, при которой проводилось ускоренное старение;  $t_j$  – продолжительность ускоренного старения при температуре  $T_j$  до достижения заданной вели-



чины разрывной нагрузки;  $E$  – коэффициент, рассчитываемый по формуле:

$$E = R \frac{n \sum \ln t_j \frac{1}{T_j} - \sum \frac{1}{T_j} \sum \ln t_j}{n \sum \left( \frac{1}{T_j} \right)^2 - \left( \sum \frac{1}{T_j} \right)^2}$$

Для исследованных тканей сроки хранения рассчитывали, исходя из величины снижения разрывной нагрузки на 15 и 30% от первоначальной. Расчетные (прогнозируемые) сроки хранения приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Наименование ткани	Сроки хранения до снижения разрывной нагрузки, лет	
	на 15%	на 30%
Polyoxford PU 2000	9	16
Polytafetta Ripstop PU 3000	12	24
Oxford PU 2000	15	26
Polytaffeta Milky PU 3000	12	20

Сравнивая данные табл. 3 и табл. 1, можно отметить, что ткань Polyoxford PU 2000 с высокой средней плотностью имеет минимальный срок хранения, а ткань Oxford PU 2000 с невысокой средней плотностью и большой поверхностной плотностью – максимальный. Это можно объяснить деформацией нитей ткани Polyoxford PU 2000 и сопутствующим получением ими повреждений при отделке: большая средняя плотность свидетельствует о сильных механических воздействиях на нити в процессах производства.

## ВЫВОДЫ

1. Изучение изменения свойств тканей из синтетических нитей в лабораторных условиях ускоренного старения показало, что разрывная нагрузка тканей более значительно снижается при высоких температурах. При этом повышение относительной влажности воздуха существенно ускоряет старение. При этих же условиях отмечено

наиболее интенсивное изменение цвета ткани.

2. Наименьший расчетный срок хранения имеет ткань Polyoxford PU 2000. Максимальный срок хранения – у ткани Oxford PU 2000.

## ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 9.707–81. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение.
- Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение – М.: КолосС, 2011.

## REFERENCES

- GOST 9.707–81. Edinaja sistema zashhity ot korrozii i starenija (ESZKS). Materialy polimernye. Metody uskorennyh ispytanj na klimaticheskoe starenie.
- Kirjuhin S.M., Shustov Ju.S. Tekstil'noe materialovedenie – M.: KolosS, 2011.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 10.04.17.

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ЖИДКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ТКАНИ ДЛЯ ПОШИВА РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ**

**IMPACT ASSESSMENT CONSTRUCTION  
OF LIQUID FINISHING MATERIALS ON FABRICS FOR WORK CLOTHES**

*А.А. АСЛАНЯН, А.В. КУРДЕНКОВА, Ю.С. ШУСТОВ, Т.Н. ФЕДУЛОВА*  
*A.A. ASLANYAN, A.V. KURDENKOVA, YU.S. SHUSTOV, T.N. FEDULOVA*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
НИИ Проблем хранения Росрезерва)  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),  
Research Institute of Problems of storage Rosrezerv)  
E-mail: sys@staff.msta.ac.ru

*Разработан метод комплексной оценки воздействия различных строительных жидких отделочных материалов на ткани, предназначенной для пошива рабочей одежды.*

*The method of the complex assessment of impact of various construction liquid finishing materials on fabrics intended for tailoring of working clothes is developed.*

**Ключевые слова:** ткани специального назначения, физико-механические свойства, комплексная оценка качества.

**Keywords:** fabrics of a special purpose, physicommechanical properties, complex assessment of quality.

Для исследования воздействия различных жидких строительных отделочных материалов на ткани специального назначе-

ния выбраны 2 образца саржевого переплетения с характеристиками согласно табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателей	Наименование ткани	
	Томбой	Премьер Standard 250
Состав ткани	67% ПЭ, 33% ХЛ	35% ПЭ, 65% ХЛ
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	245	250
Линейная плотность нитей основы, текс	32,0	42,0
Линейная плотность нитей утка, текс	60,2	63,0
Число нитей основы на 100 мм ткани	336	318
Число нитей утка на 100 мм ткани	248	200

Для оценки качества исследуемых тканей они подвергались опытной носке в течение 1, 6 и 12 месяцев.

В процессе эксплуатации на ткани осуществлялось воздействие следующих строительных материалов: X<sub>1</sub> – проницаемость водно-дисперсионной краски, мл; X<sub>2</sub> – про-

ницаемость масляной краски, мл; X<sub>3</sub> – сопротивление к действию водно-дисперсионной краски, с; X<sub>4</sub> – сопротивление к действию масляной краски, с; X<sub>5</sub> – поглощение водно-дисперсионной краски, %; X<sub>6</sub> – поглощение масляной краски, %; X<sub>7</sub> – проницаемость плиточного клея, мл; X<sub>8</sub> – сопро-

тивление к действию плиточного клея, с;  $X_9$  – поглощение плиточного клея, %;  $X_{10}$  – проницаемость акриловой грунтовки, мл;  $X_{11}$  – сопротивление к действию акриловой

грунтовки, с;  $X_{12}$  – поглощение грунтовки, %;  $X_{13}$  – поглощение бетоноконтакта, % [1], [2]. Результаты по длительности испытаний 6 месяцев приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование ткани	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
Без воздействия													
Томбой	0,13	0,49	60	32,43	9,3	5	0,02	226,8	23,7	1,61	21,6	27,3	3,5
Премьер Standard 250	0,51	1,93	22	11,89	21,6	11,65	0,1	83,2	55,2	6,3	7,9	39,6	8,2
6 месяцев опытной носки													
Томбой	0,49	1,94	32,3	15,02	19,5	9,05	0,09	127,6	49,8	6,06	11,6	37,5	7,4
Премьер Standard 250	0,86	3,4	11,3	5,26	29,1	13,54	0,16	44	74,5	10,63	4,1	47,1	11,1
Значения $q_i$ :													
Томбой	3,77	3,96	0,54	0,46	2,10	1,81	4,50	0,56	2,10	3,76	0,54	1,37	2,11
Премьер Standard 250	1,69	1,76	0,51	0,44	1,35	1,16	1,60	0,53	1,35	1,69	0,52	1,19	1,35

Относительные показатели качества  $q_i$  рассчитывались по формуле:

$$q_i = \frac{x_i}{x_{i6}}, \quad (1)$$

где  $x_i$  и  $x_{i6}$  – значения  $i$ -го показателя качества соответственно фактического и базового [3].

По полученным относительным показателям качества были построены диаграммы относительных показателей качества для тканей Томбой (рис. 1) и Премьер Standard 250 (рис. 2). Точки на графиках соединены прямыми линиями.

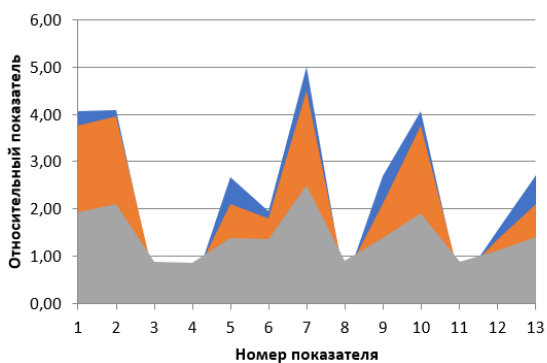


Рис. 1

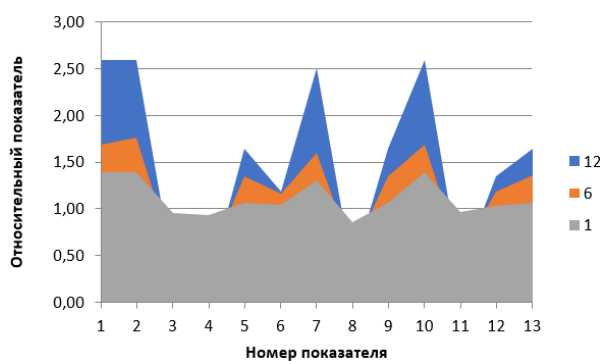


Рис. 2

Комплексная оценка представляет собой расчет суммы площадей всех фигур, ограниченных участками кривой. Чем больше суммарная площадь, тем образец лучше по совокупности свойств.

В итоге для сравнения комплексных оценок была построена гистограмма (рис. 3).

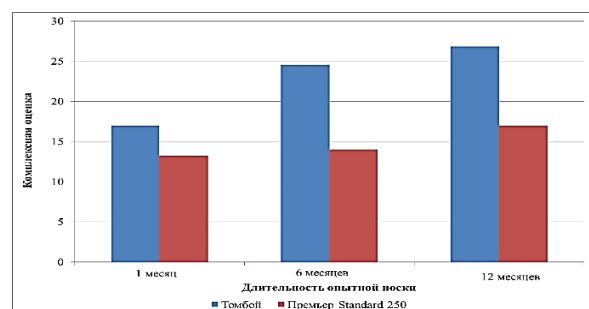


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

Наилучшими комплексными свойствами обладает ткань Томбой, причем эта закономерность сохраняется и после 12 месяцев опытной носки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Федулова Т.Н., Асланян А.А. Определение стойкости к воздействию бетоноконтакта тканей специального назначения, предназначенных для пошива костюмов рабочих строительных специальностей // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 1 (32). С. 41...44.

2. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Асланян А.А., Федулова Т.Н. Исследование устойчивости к действию молярной краски тканей специального назначения // Дизайн и технологии. – 2013, № 34 (76). С. 56...61.

3. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. – М.: КолосС, 2011.

## REFERENCES

1. Kurdenkova A.V., Shustov Ju.S., Fedulova T.N., Aslanjan A.A. Opredelenie stojkosti k vozdeystviyu betokontakta tkaney special'nogo naznachenija, prednaznachennyh dlja poshiva kostjumov rabochih stroitel'nyh special'nostej // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, № 1 (32). S. 41...44.

2. Kurdenkova A.V., Shustov Ju.S., Aslanjan A.A., Fedulova T.N. Issledovanie ustojchivosti k dejstvu moljarnoj kraski tkaney special'nogo naznachenija // Dizajn i tehnologii. – 2013, № 34 (76). S. 56...61.

3. Kirjuhin S.M., Shustov Ju.S. Tekstil'noe materialovedenie. – М.: KolosS, 2011.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 31.03.17.

УДК 677.06:009.02:687.256

## КАЧЕСТВО ТЕКСТИЛЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЖЕНСКОГО БЕЛЬЯ

## QUALITY TEXTILE AS AN IMPORTANT FACTOR OF COMPETITIVENESS LINGERIE

А.И. ЛЮБИМЕНКО, М.В. ЧИГИРИНОВА, Э.Ю. ЧУЛАНОВ  
A.I. LYUBIMENKO, M.V. CHIGIRINOVA, E.YU. CHULANOV

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)  
(Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)  
E-mail: chigirinoва61@mail.ru, chernysh@list.ru, jarfeen@yandex.ru

*В статье проводится анализ конкурентоспособности продукции на отечественном рынке нижнего белья. Выявлено, что одним из наиболее значимых факторов конкурентоспособности является качество текстиля, обеспечивающее эластичность изделия, его посадку на фигуре и современный, привлекательный вид.*

*The article analyzes the competitiveness of products in the domestic market of underwear. It was revealed that one of the most important factors of competitiveness is the quality of textiles, providing the elasticity of the product, it landed in the figure, and a modern, attractive appearance.*

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, текстиль, материал, качество, рынок, анализ, иерархия, фактор, согласованность, суждение.

**Keywords: competitiveness, textile, material, quality, market analysis, hierarchy, a factor the consistency, judgment.**

Задача настоящего исследования заключалась не только в оценке степени конкурентоспособности продукции ЗАО "Форум"\* (г. Санкт-Петербург), но и в определении влияния качества текстиля на результирующий показатель конкурентоспособности швейной продукции в ее бельевом сегменте.

Продукция предприятия ориентирована на различные категории покупателей, но в большей степени дизайн моделей ЗАО "Форум" рассчитан для женщин после 30 лет, хотя более емким является сегмент от 21 до 30 лет. Представительницы этого возраста

всегда стремятся выглядеть привлекательно, часто обновляя гардероб.

Именно поэтому при планировании производства того или иного изделия важно оценить использование новых идей и инновационных внедрений. Чтобы оценить степень новизны изделий, необходимо составить таблицу признаков новизны и при ее заполнении дать сквозную характеристику изделия ЗАО "Форум" по признакам и уровню новизны. Возьмем самое актуальное и хорошо покупаемое изделие – бюстгальтер и оценим его по балльной системе (от 1...5 баллов) (табл. 1 – признаки новизны изделий).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Отличительный признак	Описание признака	Оценка новизны
1	Дизайн модели изделия	Обычный	3
2	Основные материалы	Высококачественные	5
3	Цветовое решение	Различные расцветки	4
4	Художественное решение	Малая вариативность	3
5	Технологическое решение	Современное	5
6	Возможность совершенствования	Есть	4

Привлекательность для покупателя может состоять в высококачественном покрое изделий и правильной посадке на фигуре, что обеспечивается благодаря эластичности применяемых материалов. При изготовлении продукции применяется эластичная нить лайкра. В коллекции для деловых женщин "Disegni" используются элитные материалы из Италии и Франции, ткань тонкая и нежная, не ощущается на теле, производя впечатление "второй кожи". Специально разработанные модельерами конструкции обеспечивают хорошую поддержку и призваны создавать красивые формы.

Сегодня фабрика "Форум" работает как с зарубежными поставщиками основных материалов "ILUNA" (Италия), "Liebaert"

(Бельгия), "Lauma" (Латвия), "Tylex"(Чехия), "Pega" (Чехия) и другие, так и с российскими: "Новый мир", "Трехгорная мануфактура", "Коми", "Контакт", "Миассфурнитура", "Митекс", и ведет постоянный поиск новых поставщиков качественного сырья, отвечающего последним веяниям моды.

В настоящее время появляется огромное количество новых текстильных материалов, и каждое предприятие стремится использовать новые материалы, осознавая их вклад в повышение качества и конкурентоспособности продукции.

Для определения уровня конкурентоспособности продукции ЗАО "Форум" был применен метод экспертных оценок. Результаты проведенного анализа занесены в табл. 2.

\* "Форум" – условное название компании-объекта исследования, используется в связи с требованием исследуемого предприятия.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Критерии конкурентоспособности	Средняя оценка $\bar{x}_{ij}$	Дисперсия	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент	Средняя оценка $\bar{x}_{ij}$
1	Качество материалов	119	5,95	1,05	0,52	0,09
2	Цена	115	5,75	1,19	0,59	0,10
3	Размерный ряд	97	4,85	1,53	0,76	0,16
4	Дизайн модели	97	4,85	2,73	1,36	0,28
5	Известность торговой марки	47	2,35	1,13	0,56	0,24
6	Новизна (соответствие моде)	44	2,2	1,06	0,53	0,24
7	Экологичность	41	2,05	1,25	0,62	0,30

Согласно полученным результатам выявлены наиболее значимые для потребителей параметры. К ним относятся качество материала и цена, они являются ключевыми при выборе нижнего белья. Далее для потенциальных покупательниц важен дизайн и размерный ряд. Опрос выявил, что новизна, экологичность и известность торговой марки не играют большой роли при выборе.

На основе применения экспертных методов можно провести сравнение продукции ЗАО "Форум" с ближайшими конку-

рентами, что позволит выявить его конкурентные преимущества и недостатки.

Опрос потребителей выявил осведомленность и положительный опыт ношения следующих товарных марок белья: "Tezenis", "Incanto", "Intimissimi" и "Милавица", которые и будут рассматриваться как основные конкуренты на рынке нижнего белья.

Результаты сравнения бельевой продукции компаний-конкурентов приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

№ п/п	Критерии конкурентоспособности	"Форум" (Россия)	"Tezenis" (Италия)	"Incanto" (Италия)	"Intimissimi" (Италия)	"Милавица" (Белоруссия)
1	Дизайн модели	4	4	4	5	3
2	Качество материалов	4	4	3	5	5
3	Соответствие моде	3	4	5	5	3
4	Соответствие цены качеству	4	5	5	4	4
5	Привлекательность	5	5	5	4	3
6	Удобство	4	5	5	5	4
7	Известность торговой марки	4	4	3	5	4
8	Размерный ряд	4	4	3	4	4
	Итого	32	35	33	37	30

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод о том, что наиболее близкими конкурентами ЗАО "Форум" являются три итальянских фабрики нижнего белья: "Tezenis", "Incanto" и "Intimissimi". Основное преимущество фабрики "Форум" заключается в привлекательности модели, которая во многом зависит от материалов и применяемых технологий изготовления.

Самой уязвимой категорией является соответствие моде. По данному критерию "Форум" может сравниться только с маркой "Милавица", которая является давним конкурентом компании. Существует разрыв между запросами более молодой категории

потребителей в белье, сочетающем качество исполнения и оригинальный модный дизайн, и предлагаемой компанией "Форум" продукцией. Эти запросы успешно удовлетворяют "Tezenis", "Incanto", "Intimissimi". Расширение ассортимента позволило бы увеличить степень загрузки технологического оборудования, что является важным фактором конкурентоспособности предприятия [1, с. 8].

Результаты экспертного опроса визуализированы диаграммой, приведенной на рис. 1 (многоугольник конкурентоспособности).

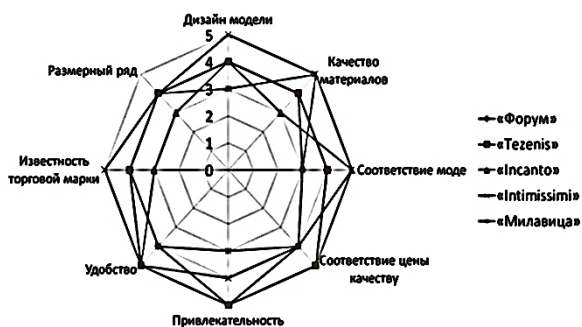


Рис. 1

По результатам опроса итальянское белье "Tezenis", "Intimissimi" и "Incanto" получило в большинстве случаев достаточно высокие баллы, из этого следует, что дизайн их белья привлекателен и оно более конкурентоспособно на рынке, чем рассматриваемые белорусское предприятие "Милавица" и российское ЗАО "Форум". Большая часть многоугольников, которые находятся внутри построенной диаграммы, отражают их некоторое отставание по ряду параметров.

В целом российский бельевой ритейл представляет собой рынок достаточно динамичный и неустоявшийся, с перспективными нишами и сегментами, которые развиваются быстрее остальных. Кроме сегмента мужского белья быстрыми темпами растут продажи корсетного белья и моделирующего белья. Несмотря на все большее распространение моды на занятия фитнесом и вообще стремление к здоровому образу жизни, современная женщина нуждается и в корректирующем белье, которое благодаря новым материалам практически незаметно под одеждой и не вызывает дискомфорта. О неравномерности развития сегментов говорит также рост продаж пляжной одежды в течение последних нескольких лет, который тоже стал заметным трендом.

Как показал проведенный опрос, большинство женщин предпочитают импортную продукцию, тем самым оставляя ЗАО "Форум" позади. Наблюдается сильная конкуренция по количеству представленных брендов в бельевых магазинах и крупных российских ТЦ: в среднем 7...10 брендов, а

в ТЦ такого же формата в Европе соответственно всего 2...4.

Хотя в товарном выражении (в штуках) российский рынок растет ежегодно не более 5%, но в денежном выражении наблюдался рост в 10...15%, хотя в последнее время заметно снижение этих показателей.

Для оценки конкурентоспособности продукции предприятия "Форум" был проведен конкурентный анализ методом анализа иерархий (МАИ) [2, с. 136]. Он предполагает иерархическое воспроизводство проблемы и суждения на трех уровнях. Для максимальной релевантности сравнения и с перспективой выбора стратегии ориентации на более сильных конкурентов исследование ограничим кругом таких марок как "Tezenis" и "Incanto", продукция которых конкурирует на одном и том же рыночном сегменте и близка по цене. МАИ является системной процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), по парным сравнениям. В результате может быть выражена относительная степень (интенсивность) взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно. Метод анализа иерархий включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений. Полезно отметить, что полученные таким образом значения являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам.

Решение проблемы есть процесс поэтапного установления приоритетов.

Весь процесс подвергается проверке и переосмыслению до тех пор, пока не будет уверенности, что процесс охватил все важные характеристики, необходимые для представления и решения проблемы. Процесс может быть проведен над последовательностью иерархий: в этом случае результаты, полученные в одной из них, используются в качестве входных данных при изучении следующей.

Главной целью суждений данного уровня является определение формализованного и точного показателя значимости критериев, что будет оценено при помощи рассчитанного нормализованного вектора приоритетов.

Сначала воспользуемся результатами ранжирования критериев (табл. 4), выполненных экспертами с предприятия и представителей потребителей и торговли бельевыми изделиями.

Т а б л и ц а 4

№ п/п	Критерии	"Форум"	"Tezenis"	"Incanto"
1	Дизайн модели	4	4	4
2	Качество материалов	4	4	3
3	Соответствие моде	3	4	5
4	Соответствие цены качеству	4	5	5
5	Привлекательность	5	5	5
6	Удобство	4	5	5
7	Известность торговой марки	4	4	3
8	Размерный ряд	4	4	3

Далее проведем парное сравнение каждого критерия с остальными в соответствии с последовательностью метода анализа иерархий.

Матрица парных сравнений второго уровня представлена в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Критерии	Модель (внешний вид)	Цветовой колорит	Качество материалов	Качество исполнения	Цена	Имидж производителя	Комфортность	Разнообразие ассортимента
Дизайн модели	1	2	3	4	5	6	7	8
Качество материалов	1/2	1	2	3	4	5	6	7
Соответствие моде	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6
Соответствие цены качеству	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5
Привлекательность	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
Удобство	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
Известность торговой марки	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
Размерный ряд	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

В случае расположения элементов по порядку убывания рангов таблица будет иметь обратно симметричный вид относительно диагонали, где одна половина будет заполнена целыми значениями чисел, а вторая – их значениями в степени -1.

Далее в матрице парных сравнений второго уровня посредством нормализации полученных векторов приоритетов рассчи-

таем искомый показатель, отражающий значимость факторов – нормализованный вектор приоритетов (табл. 6 – анализ матрицы парных сравнений второго уровня).

Результаты табл. 6 позволили не только формализованно оценить значимость критериев, но и снова определил высокую значимость качества материалов при выборе изделий данного вида.



Т а б л и ц а 6

№ п/п	Критерии	Вектор приоритетов	Нормализованный вектор приоритетов
1	Дизайн модели	3,764	0,328
2	Качество материалов	2,662	0,232
3	Соответствие моде	1,819	0,159
4	Соответствие цены качеству	1,223	0,107
5	Привлекательность	0,818	0,071
6	Удобство	0,550	0,048
7	Известность торговой марки	0,376	0,033
8	Размерный ряд	0,264	0,023
9	Сумма	11,476	1,000

Уровень влияния качества материалов очень высок, он также опосредованно влияет на дизайн модели, оказавшийся на вершине иерархии критериев.

Проверка правильности суждений осуществляется на основе расчета показателя

$$\lambda_{\max} = 2,718 \cdot 0,328 + 4,593 \cdot 0,232 + 7,444 \cdot 0,159 + 11,283 \cdot 0,107 + 16,083 \cdot 0,071 + 21,833 \cdot 0,048 + 28,500 \cdot 0,033 + 36,000 \cdot 0,023 = 8,294.$$

Рассчитаем индекс согласованности:

$$ИС = (\lambda - n) \div (n - 1) = 0,294 \div 7 = 0,042.$$

Отсюда отношение согласованности:

$$ОС = ИС \div СС = 0,042 \div 1,41 = 0,030 \text{ (или 3\%)},$$

ОС ≤ 10% (в некоторых случаях допустимо 20%).

Поскольку отношение согласованности не превышает 20%, это дает нам возможность судить о правильности первого этапа и перейти ко второму этапу. В этой части мы будем оценивать продукцию предприятий по каждому из критериев, то есть необходимо проанализировать 8 матриц и оценить каждую из них по степени согласованности суждений.

"случайная согласованность суждений", для определения возможной ошибки в суждениях в матрице парных сравнений второго уровня (табл. 5).

Случайная согласованности (СС) при  $n=8 = 1,41$ :

Для оценки каждого изделия по одному из критериев мы основывались на результатах потребительской оценки белья по пятибалльной системе, сведенных в таблице. Дальнейший этап – суждения на третьем уровне – позволит оценить каждое изделие по каждому критерию (табл. 7 – качество материалов; табл. 8 – соответствие моде; табл. 9 – соответствие цены качеству (Удобство); табл. 10 – известность торговой марки (Размерный ряд); табл. 11 – расчет глобальных приоритетов).

Основываясь на шкале относительной важности, будем расценивать разницу между 5 и 3 баллами как значительную (превосходную) и оценивать коэффициентом 5, а разницу между 5 и 4 баллами – как умеренное превосходство и оценивать коэффициентом 3. СС=0,58.

Т а б л и ц а 7

Фирма	"Форум"	"Tezenis"	"Incanto"	Вектор приоритетов	Нормализованный вектор приоритетов
"Форум"	1	1	3	1,442	0,429
"Tezenis"	1	1	3	1,442	0,429
"Incanto"	1/3	1/3	1	0,481	0,143
Сумма	2,333	2,333	7,000	3,365	-

Каждую матрицу необходимо проверить на правильность суждений посредством расчета отношения согласованности (ОС):

ности (ОС):

$$\lambda_{\max} = 3,005; ИС = 0,002; ОС = 0,004.$$

Т а б л и ц а 8

Фирма	"Форум"	"Tezenis"	"Incanto"	Вектор приоритетов	Нормализованный вектор приоритетов
"Форум"	1	1/3	1/5	0,405	0,105
"Tezenis"	3	1	1/3	1,000	0,258
"Incanto"	5	3	1	2,466	0,637
Сумма	9,000	4,333	1,533	3,872	

$\lambda_{\max} = 3,039$ ; ИС = 0,019; ОС = 0,033.

связи с этим основываемся на одной матрице.

Критерии "Соответствие цены качеству" и "Удобство" имеют равные оценки. В

Т а б л и ц а 9

Фирма	"Форум"	"Tezenis"	"Incanto"	Вектор приоритетов	Нормализованный вектор приоритетов
"Форум"	1	1/3	1/3	0,481	0,143
"Tezenis"	3	1	1	1,442	0,429
"Incanto"	3	1	1	1,442	0,429
Сумма	7,000	2,333	2,333	3,365	

$\lambda_{\max} = 3,005$ ; ИС = 0,002; ОС = 0,004.

одинаковые оценки, поэтому снова строим одинаковые матрицы.

Критерии – "Известность торговой марки" и "Размерный ряд" также имеют

Т а б л и ц а 10

Фирма	"Форум"	"Tezenis"	"Incanto"	Вектор приоритетов	Нормализованный вектор приоритетов
"Форум"	1,000	1,000	3,000	1,442	0,429
"Tezenis"	1,000	1,000	3,000	1,442	0,429
"Incanto"	0,333	0,333	1,000	0,481	0,143
Сумма	2,333	2,333	7,000	3,365	-

$\lambda_{\max} = 3,005$ ; ИС = 0,002; ОС = 0,004.

Критерии "Дизайн модели" и "Привлекательность" равнозначны для всех трех изделий. Поскольку сумма всех значений НРВ = 1, НРВ по 6 и 10 критериям = 0,33. Эти равные значения не влияют на результат.

Таким образом, можно перейти к результирующей таблице глобальных приоритетов (методом синтеза), где мы в верхней части сводим значения нормализован-

ных результатов вектора приоритетов из матриц парных сравнений третьего уровня, а в нижней строке приведем нормализованные результаты векторов парных сравнений второго уровня по критериям (табл. 11).

Сопоставляя сравнительные оценки каждого производителя по всем критериям с оценками уровня приоритетности критериев, получаем значения глобальных приоритетов для анализируемых изделий.

Т а б л и ц а 11

Фирмы	Дизайн модели	Качество материалов	Соответствие моде	Соответствие цены качеству	Привлекательность	Удобство	Известность торговой марки	Размерный ряд	Глобальные приоритеты
"Форум"	0,429	0,429	0,143	0,143	0,333	0,105	0,333	0,429	0,328
"Tezenis"	0,429	0,429	0,429	0,429	0,333	0,258	0,333	0,429	0,411
"Incanto"	0,143	0,143	0,429	0,429	0,333	0,637	0,333	0,143	0,353
Нормализованный вектор приоритетов	0,328	0,232	0,159	0,107	0,071	0,048	0,033	0,023	

Глобальные приоритеты рассчитываются путем сложения произведения векторов приоритетов по изделию (построчно) и значения нормализованного результата вектора по критерию, показывающему его приоритетность. Значение абсолютного показателя результата сравнения отражает превосходство продукции "Tezenis", ей несколько уступает продукция "Incanto", третьим по уровню конкурентоспособности является продукция анализируемого предприятия "Форум". Сравнение с близкими и более сильными конкурентами позволяет определить проблемы производимой продукции и пути ее совершенствования.

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, анализ, проведенный на основе опроса потребителей и применения экспертных методов, позволил определить, что анализируемое предприятие можно отнести к сильным игрокам рынка нижнего белья в соответствии с выявленными преимуществами выпускаемой ими продукции.

2. Наряду с расчетом показателей конкурентоспособности продукции предприятия ЗАО "Форум" было выявлено высокое

значение применения инновационных, качественных видов текстиля для обеспечения хорошей посадки на фигуре анализируемой продукции, ее привлекательного и современного вида.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Леонов С.А.* Математическая оценка факторов, оказывающих влияние на производственно-сбытовую деятельность швейных предприятий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5.

2. *Saati T., Kerns K.* Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991.

## REFERENCES

1. Leonov S.A. Matematicheskaja ocenka faktorov, okazyvajushhih vlijanie na proizvodstvenno-sbytovuju dejatel'nost' shvejnyh predpriyatij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №5.

2. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizacija sistem / Per. s angl. – M.: Radio i svjaz', 1991.

Рекомендована кафедрой менеджмента. Поступила 14.11.16.

УДК 693.9:699.841

## ОБ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В НИЗКОЭНЕРГОЕМКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## ABOUT INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF LARGE TONNAGE BY-PRODUCTS IN LOW ENERGY CONSUMPTION AND COST-EFFECTIVE BUILDING MATERIALS

*В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ*  
V.N. YARMAKOVSKY

(Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук)  
(Research Institute of Construction Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)  
E-mail: yarmakovsky@yandex.ru

*Творческим коллективом специалистов НИИСФ, РААСН и научно-производственных организаций крупных индустриальных центров страны раз-*

*работаны инновационные технологии переработки крупнотоннажных техногенных отходов различных отраслей промышленности в низкоэнергоемкие, экономически эффективные и экологически чистые строительные материалы – базовые компоненты легких (преимущественно), мелкозернистых и тяжелых бетонов. Приведены примеры таких технологий. Разработаны и представлены в статье соответствующие нормативно-технические документы, необходимые для реализации в индустриальных центрах инновационных технологий с целью одновременного решения вопросов модернизации стройиндустрии в направлениях ресурсоэнергосбережения и защиты окружающей среды.*

*The creative team of NISF, RAACS and scientific-production organizations specialists of large industrial centers of the country developed innovative technologies for processing of large-tonnage by-products of various industries in low power consumption and cost-effective building materials –basic components of lightweight (mostly), fine-grain and heavy (normal) concretes. Examples of such technologies are presented. Developed and presented in the article relevant normative-technical documents necessary for the implementation of such technologies to industrial centers with the purpose of the simultaneous solution of modernization of the construction industry in the direction of resource-energy-saving and the environmental protection issues.*

**Ключевые слова:** инновационные технологии, техногенные отходы, ресурсоэнергосбережение, легкие, мелкозернистые и тяжелые бетоны, строительные материалы.

**Keywords:** innovative technologies, by-products, resource-energy-saving, lightweight, fine-grain and heavy concretes, construction materials.

Выполнены научное обобщение и анализ отечественных и зарубежных данных в области создания и эксплуатации современных технологических линий по комплексной и безотходной переработке крупнотоннажных техногенных отходов (КТО) в низкоэнергоемкие, экологически чистые, экономически эффективные и при этом высококачественные строительные материалы. По результатам этих исследований впервые разработана научная концепция и новые структурно-технологические принципы утилизации КТО для применения их при производстве альтернативных традиционным строительным материалам [1], [2].

Впервые выполнены исследования и создан кадастр КТО различных отраслей промышленности: черной и цветной металлургии, топливной энергетики горнодобывающей и химической промышленности, промышленности минеральных удобрений, деревообрабатывающей промышленности и

др. Определены основные физико-химические, физико-механические и технико-экономические характеристики КТО, необходимые для оценки возможности и целесообразности переработки их в экологически чистые и экономически эффективные строительные материалы [2].

Впервые разработана вместе с кадастром техническая классификация КТО (табл. 1) с перечнем основных продуктов их переработки и характеристик этих продуктов для применения в стройиндустрии и, в частности, что наиболее эффективно, – в альтернативных традиционным новым модификациях легких бетонов с достаточно высокими показателями эксплуатационного качества [3...8].

Следует заметить, что содержание "Кадастра" и "Технической классификации КТО" корреспондируется с содержанием соответствующих разделов третьей редакции Руководства по конструкционным лег-

ким бетонам Международной федерации по бетону и железобетону (fib) [3], а также с содержанием Руководства Канадской ассоциации минеральных ресурсов и ассоциацией "Цементы Канады".

Впервые создан каталог (табл. 1 – кадастр и техническая классификация техногенных образований текущего выхода с перечнем основных продуктов их переработки для применения в стройиндустрии при производстве легких бетонов, изделий и конструкций из них. Каталог пилотных

проектов) пилотных проектов низкоэнергетических, в большинстве безотходных и экологически чистых технологий комплексной и глубокой переработки КТО в экологически чистые, экономичные и при том достаточно высококачественные строительные материалы (малоклинкерные и бесклинкерные вяжущие [3...6], крупные и мелкие заполнители, химико-минеральные добавки – модификаторы структуры бетона различных видов и назначения [3], [7], [8]).

Т а б л и ц а 1

Отрасль промышленности	Вид техногенных образований	Продукты переработки в стройматериалы				Предприятия, внедрившие пилотные технологические линии (каталог)	
		Вяжущие и их компоненты			Заполнители		
					Крупный пористый		Мелкий пористый и плотный
I. Черная металлургия	Доменные шлаки текущего выхода	С использованием гранулированного шлака			Пористый шлаковый гравий с остеклованной оболочкой (крупный шлакостеклогранулят (ШСГ)) фр. 5-10 и 10-20 мм марок по прочности П100-П200 – для КТЛБ*, П300-П500 – для КЛБ*	Пористый шлаковый песок – мелкий (фр. 0-5) ШСГ – отсев фр. 5-10 и 10-20 мм ШСГ М <sub>кр</sub> =2,5-3,0 как мелкий заполнитель для КТЛБ	Новолипецкий металлургический комбинат. Цех шлакопереработки
	Ферросплавные шлаки текущего выхода: - силикомарганца - ферромарганца	–	–	–	Пористый щебень фр. 5-10 и 10-20 мм марок по прочности П75-П150 для КТЛБ	Граншлак и отсев пористого щебня, фр. 0-5 мм для мелкозернистых КТЛБ	1. Косогорский металлургический комбинат (Тульская обл.) Гидроэкранный установка 2. Завод ЖБИ-10 Главмосстроя
II. Цветная металлургия	Гранулированные магнетитово-железистые шлаки медно-никелевого производства	Шлакопортландцемент марки 300-400 на основе измельченного граншлака и портландцем. клинкера	–	–	–	Плотный заполнитель фр. 0-5 мм, М <sub>кр</sub> =2,8-3,3 для мелкозернистого бетона, в т.ч. умеренно поризованного КЛБ, и для тяжелого бетона	Комбинат "Печенганикель" (г. Апатиты, Мурманская обл.) Опытно-промышленная технологическая линия

Ш. Топливная энергетика	Зола уноса и шлаки текущего выхода угольных ТЭС и ГРЭС	Шлако-портланд-цемент с использованием молотого шлака ТЭС жидкого удаления	Композиционное ма-локлинкерное вяжущее (КМВ) с использованием тонкомолотого шлака ТЭС (1-й вариант) и золы уноса (преимущественно основной – 2-й вариант)	Активные минеральные добавки в портланд-цемент: а) при использовании основных зол уноса; б) при использовании тонкомолотого шлака жидкого удаления	Высокопрочный безобжиговый зольный гравий фр. 5-10 и 10-20 мм марок по прочности ПЗ00-П400 для КЛБ	Молотый шлак фр. 0-5 мм в качестве мелкого заполнителя или его части в сочетании с кварцевым песком для КЛБ	Технологическая линия по производству КМВ с использованием шлака жидкого удаления Ангарской ТЭС-6 (опытно-промышленная)
-------------------------	--	--	---	--	--	---	---

Примечание. КЛБ – конструкционный легкий бетон; КТЛБ – конструкционно-теплоизоляционный легкий бетон.

Примеры таких действующих проектов и соответствующих технологий приведены на рис. 1...3.



Рис. 1

На рис. 1 представлена технологическая линия по производству пористого шлакового гравия с остеклованной оболочкой (производительность – 200 тыс. м<sup>3</sup>/год) на Новолипецком металлургическом комбинате (действует с 2000 г.)\*. Слева – технологический комплекс, состоящий из принимающего из доменной печи шлаковый рас-

плав виброжелоба, лотка с водяными форсунками для поризации шлакового расплава, лопастного барабана для выброса в воздух поризованных частиц шлакового расплава и дальнейшего образования остеклованной шлаковой оболочки вокруг этих частиц под воздействием сил поверхностного натяжения. На переднем плане – пневмокласификатор поризованных шлаковых частиц (шлакостеклогранулят – ШСГ), с помощью которого частицы ШСГ разделяются на класс А – легкие – для конструкционно-теплоизоляционного бетона и на класс Б – относительно тяжелые – для конструкционного (в том числе высокопрочного) бетона.

На рис. 2 представлена схема очистки сернистых газов, выделяемых при водовоздушной переработке огненно-жидких шлаковых расплавов в пористый шлаковый гравий с остеклованной оболочкой (рис. 1), и получения в результате сырьевой смеси для композиционного сульфатно-шлакового вяжущего (1 – локализирующий зонд; 2 – реактор; 3 – фильтр; 4 – пневмоподача известково-шлаковых продуктов газоочистки на установку по производству сульфатно-шлакового вяжущего; 5 – бункер; 6 – вибропоризатор; 7 – загрузочный люк; 8 – тарелки с зернистым шлаковым фильтром).

\* Патент РФ № 2087438 Классы патента: С04В5/02, В01J2/00 Авторы: Франценюк И.В., Панченко В.Ф., Ярмаковский В.Н., Школьник Я.Ш.

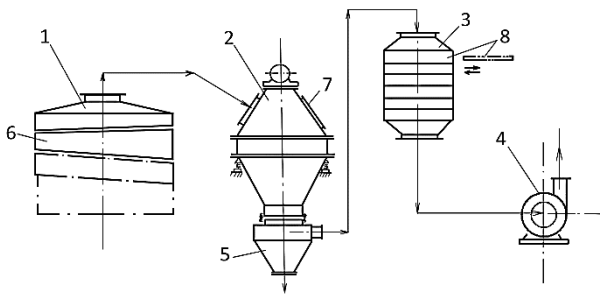


Рис. 2

Сернистый газ, образующийся при поризации шлакового расплава в узле установки с водяными форсунками, направляется вместе с частью поризованного шлакового гравия – шлакостеклогранулята по трубопроводу в локализирующий зонд (1), снабженный вибропоризатором (6). Далее смесь попадает в реактор (2) с несколькими ситами, на которых осаждается пористый шлаковый гравий. Сверху на сита подается известковый раствор, который обволакивает зерна гравия, затвердевает и опускается в приемный бункер (5). Далее шлаковый гравий с оболочкой из затвердевшего шлакового расплава попадает в фильтр с

виброситами, откуда с помощью пневмонасоса (4) осуществляется подача сульфатно-шлакового вяжущего в элеватор и оттуда на строительную площадку в объеме, требуемом для смеси со шлаковым гравием и формирования стеновых блоков из бетона на шлаковом гравии при использовании произведенного в результате газоочистки сернистых газов сульфатно-шлакового вяжущего.

Таким образом, рассматриваемую технологию переработки доменных и ферросплавных шлаков текущего выхода в компоненты легких бетонов (пористый шлаковый гравий и композиционное шлаковое вяжущее) можно назвать безотходной. На базе использования технологии был получен не только самый эффективный для легких бетонов пористый шлаковый наполнитель, но и теплотехнически эффективное и экономичное сульфатно-шлаковое вяжущее. Был построен и введен в эксплуатацию рядом с установкой завод по производству стеновых блоков на той же производственной площадке, что и установка по изготовлению шлакового гравия.



Рис. 3

На рис. 3 представлена мобильная модульная установка для переработки тонких минеральных отходов в пористые заполнители легких бетонов. Первое внедрение

– для производства безобжигового зольного гравия на Автозаводской ТЭЦ – одном из ключевых энергетических предприятий Нижнего Новгорода, (2013). Мо-

бильный мини-завод смонтирован в четырех контейнерах, которые могут оперативно перемещаться автотранспортом к месту нахождения отходов, в частности, к силосам для хранения золы уноса, заполняемым ею с помощью циклонов тепловых электростанций.

Рядом с контейнерами монтируются сырьевые силосы (для отходов, в частности, золы-уноса в сухом состоянии, минеральных добавок и цементных вяжущих). Контейнеры подключаются к источникам воды и электрического тока. В контейнерах размещены устройства, в которых производится смешивание сухих сырьевых компонентов (цементного вяжущего, золы-уноса, минеральных добавок в определенной пропорции). Смешивание компонентов в определенной стадии происходит с подачей воды, и в другом контейнере происходит грануляция смеси (с помощью тарельчатых грануляторов) для образования безобжигового зольного гравия – эффективного заполнителя для конструкционных (в том числе высокопрочных легких бетонов).

Разработаны рекомендации по использованию каталогизированных пилотных проектов технологий переработки КТО в привязке к строительным комплексам крупных индустриальных регионов страны.

Комплекс вышеназванных нормативно-технических документов создан по результатам исследований и опыта эксплуатации технологических линий переработки КТО, разработанных НИИСФ при авторском участии специалистов РААСН в соответствии с направлением № 9 Программы фундаментальных научных исследований (ФНИ) государственных академий наук на 2013-2020 гг., и, в частности, программы ФНИ Отделения строительных наук РААСН "Выявление тенденций развития и прогнозные исследования". НИР выполнялись в соответствии с разделом № 9.1 этого направления Программы – "Прогнозные исследования по решению проблемы полной переработки техногенных отходов промышленных предприятий в строительные материалы".

Результаты данной НИР позволяют эффективно использовать КТО из выше-

названных их "Кадастра" и "Технической классификации" КТО и продуктов их переработки по разработанным пилотным технологиям на предприятиях стройиндустрии, действующих в крупных индустриальных центрах страны. Тем самым обеспечивается снижение себестоимости и энергоемкости производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций. В итоге значительно снижается стоимость и энергоемкость строительства в целом.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан комплекс инновационных технологий переработки крупнотоннажных техногенных отходов (КТО) различных отраслей промышленности в низкоэнергоемкие, экономически эффективные и экологически чистые строительные материалы – базовые компоненты легких, мелкозернистых и тяжелых бетонов.

2. Разработаны следующие нормативно-технические документы, необходимые для реализации в крупных индустриальных центрах таких инновационных технологий с целью одновременного решения вопросов модернизации стройиндустрии в направлении ресурсоэнергосбережения и вопросов защиты окружающей среды:

– кадастр и техническая классификация КТО с перечнем и характеристиками основных продуктов переработки техногенных отходов – низкоэнергоемких и экономически эффективных строительных материалов для основных компонентов легких, мелкозернистых и тяжелых бетонов;

– каталог действующих и находящихся в стадии внедрения пилотных проектов инновационных технологий переработки КТО в составляющие компоненты легких, мелкозернистых и тяжелых бетонов.

3. Специфика комплекса созданных нормативных документов позволяет эффективно использовать их в крупных индустриальных центрах страны на предприятиях стройиндустрии при внедрении разработанных проектов пилотных технологий, обеспечивая не только снижение себестоимости и энергоемкости производства бе-



ЛИТЕРАТУРА

1. Ярмаковский В.Н. Физико-химические и структурно-технологические основы получения высокопрочных и высокодолговечных конструкционных легких бетонов // Строительные материалы. – 2016, № 6. С. 6...11.
2. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н., Школьник Я.Ш. Состояние и перспективы использования продуктов переработки техногенных образований в строительной индустрии // Экология и промышленность России. – 2012, № 10. С. 50...54.
3. FIP Manual of Lightweight Aggregate Concrete. Third Edition. – Glasgow and London. Surrey University Press, 2003.
4. Ярмаковский В.Н. Композиционные вяжущие для легких бетонов с высокими показателями теплотехнического качества // Тр. Междунар. научн.-практ. конф.: Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее. – Т. IV, РХТУ им. Д.И. Менделеева, М., 2003. С. 300...307.
5. Yarmakovsky V.N., Pustovgar A.P. The scientific basis for the creation of a composite binders class, characterized of the low heat conductivity and low sorption activity of cement stone // Proceeding of XXIV R-S-P seminar. Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP). Procedia Engineering. – III, 2015. P. 864...870.
6. Каушанский В.Е. Применение техногенных материалов при производстве цемента // Тр. Междунар. научн.-практ. конф.: Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее. – Т. IV, РХТУ им. Д.И. Менделеева, М., 2003. С. 36...50.
7. Kosmatka S.H., Kerkhoff B. Design and control of concrete mixtures // Guide to application, methods, and materials. Mineral resources, Cement Association of Canada. – 2011, Ottawa.
8. Петров В.П., Макридин Н.И., Ярмаковский В.Н. Пористые заполнители и легкие бетоны. Материаловедение. Технология производства. – Самара, 2009.

1. Jarmakovskij V.N. Fiziko-himicheskie i strukturno-tehnologicheskie osnovy poluchenija vysokoprechnyh i vysokodolgovечnyh konstrukcionnyh legkih betonov // Stroitel'nye materialy. – 2016, № 6. S.6...11.
2. Karpenko N.I., Jarmakovskij V.N., Shkol'nik Ja.Sh. Sostojanie i perspektivy ispol'zovanija produktov pererabotki tehnogennyh obrazovanij v stroitel'noj industrii // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2012, №10.S. 50...54.
3. FIP Manual of Lightweight Aggregate Concrete. Third Edition. – Glasgow and London. Surrey University Press, 2003.
4. Jarmakovskij V.N. Kompozicionnye vjashushhie dlja legkih betonov s vysokimi pokazateljami teplotehničeskogo kachestva // Тр. Mezhdunar. научн.-практ. конф.: Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее. – Т. IV, RHTU im. D.I. Mendeleeva, M., 2003. S.300...307.
5. Yarmakovsky V.N., Pustovgar A.P. The scientific basis for the creation of a composite binders class, characterized of the low heat conductivity and low sorption activity of cement stone // Proceeding of XXIV R-S-P seminar. Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP). Procedia Engineering. – III, 2015. P.864...870.
6. Kaushanskij V.E. Primenenie tehnogennyh materialov pri proizvodstve cementov // Тр. Mezhdunar. научн.-практ. конф.: Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее. – Т. IV, RHTU im. D.I. Mendeleeva, M., 2003. S. 36...50.
7. Kosmatka S.H., Kerkhoff B. Design and control of concrete mixtures // Guide to application, methods, and materials. Mineral resources, Cement Association of Canada. – 2011, Ottawa.
8. Petrov V.P., Makridin N.I., Jarmakovskij V.N. Poristye zapolniteli i legkie betony. Materialovedenie. Tehnologija proizvodstva. – Samara, 2009.

Рекомендована лабораторией энергоресурсосберегающих легких бетонов и конструкций НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

## ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

### TERMINOLOGY AND GENERAL THEORY OF PREDICTION OF THE CRITICAL DURABILITY OF THE STRUCTURES

Д.Ю. ЖЕЛДАКОВ, В.Г. ГАГАРИН  
D.YU. ZHELDAKOV, V.G. GAGARIN

(Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук)  
(Research Institute of Construction Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)  
E-mail: djeld@mail.ru; gagarinvg@yandex.ru

*На основании уточнения понятия "долговечности" и области его применения, а также введения нового понятия "предельная долговечность материала или изделия", приводится общее уравнение расчета предельной долговечности. Вводятся понятия "скорость разрушения материала" и "коэффициент разрушительной устойчивости" и обосновывается необходимость их применения. На основе общего уравнения расчета предельной долговечности предлагается уравнение расчета предельной долговечности ограждающей конструкции здания по параметру прочности.*

*Based on clarification of a notion of "durability" and its application, as well as the introduction of a new notion of "critical durability of the material or article", gives a General equation for calculating the critical durability. Introduces the notion "the speed of destruction of the material" and "the coefficient of stability of destruction" and explaining the necessity of their application. Based on General equations for calculating the critical durability proposed the equation of calculation of durability of building envelope explicitly on the parameter of solidity.*

**Ключевые слова:** долговечность, предельная долговечность, скорость разрушения материала, коэффициент разрушительной устойчивости.

**Keywords:** durability, critical durability, the speed of destruction of the material, the coefficient of stability of destruction.

Возрастающие требования к качеству строительных материалов и технологии строительства ставят долговечность материалов и конструкций на первое место среди основных факторов, влияющих на надежность конструкции в целом. В связи с этим необходимо точно определить понятие долговечности и корректность его применения. Понятие предельной долговечности ограждающей конструкции здания является новым понятием, которому также необходимо дать точное определение.

Большая советская энциклопедия [1] дает следующее определение долговечнос-

ти: "долговечность – это свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние изделия определяется в зависимости от его схемно-конструктивных особенностей, режима эксплуатации и сферы использования". Для частного случая долговечности – долговечности ограждающих конструкций – приведем определение, данное в Российской архитектурно-строительной энциклопедии [2]: "долговечность ограждающих конструкций определяется как свойство объ-

екта в течение заданного времени выполнять свои функции, также при условии технического (профилактического) и ремонтного обслуживания".

В Российских стандартах энциклопедическое понятие долговечности как "свойства" определяется по-другому. В ГОСТе Р 27.002–2009 и ГОСТе Р 53480–2009. "Надежность в технике. Термины и определения" долговечность определяется как "...способность изделия выполнять требуемую функцию до достижения предельного состояния при данных условиях использования и технического обслуживания". При этом под термином "данные условия" понимаются климатические, технические или экономические обстоятельства. В ГОСТе 27751–2014. "Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения" долговечность также определяется как "...способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы".

Таким образом, существуют разночтения в определении долговечности как "свойства" или "способности". Обратимся к лексическим значениям данных терминов: свойство – качество, признак, составляющий отличительную особенность кого-, чего-нибудь; способность – умение, а также возможность производить какие-нибудь действия.

Анализируя вышесказанное, представляется правильным термин "свойство" применять исключительно к материалу, а термин "способность" – к изделию. В [2] вводится существенное дополнение, что долговечность может сохраняться и поддерживаться с помощью ремонтов и обслуживания. Это замечание важно с той точки зрения, что им определяется возможность каким-либо образом (ремонтом, обслуживанием или еще каким-либо способом) влиять на способность изделия, увеличивая или уменьшая его долговечность. Очевидно, что на свойство материала в процессе эксплуатации мы повлиять не можем. Свойство материала является его неотъемлемой

характеристикой. Долговечность кирпича такое же его свойство, как плотность, теплопроводность и т.д.

Таким образом, предполагается правильным для материала использовать следующую формулировку понятия долговечности: долговечность – это свойство материала, характеризующее его устойчивость к изменению физических, химических и других параметров при данных условиях использования.

Для объекта, например, ограждающей конструкции, изделия, здания, в целом долговечность – это способность объекта в течение времени сохранять заданные функции до предельного состояния, также при условии технического (профилактического) и ремонтного обслуживания.

Понятие предельной долговечности, имеет размерность времени. Поэтому заключаем следующее.

Предельная долговечность материала – это время, в течение которого материал изменяет свои физические, химические и другие параметры при данных условиях использования до определенных предельных значений.

Предельная долговечность объекта (изделия) – это время, в течение которого объект сохраняет заданные функции до предельного состояния, также при условии технического (профилактического) и ремонтного обслуживания.

Исходя из сформулированного определения предельной долговечности, определим основную формулу теории расчета предельной долговечности. Характеристики материала или изделия во времени в соответствии с определением предельной долговечности не могут снизиться ниже какой-либо величины, после которой объект не сможет выполнять заданные функции.

То есть:

$$\begin{cases} N_1(t) \geq N_1^H, \\ N_2(t) \geq N_2^H, \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ N_n(t) \geq N_n^H \leftrightarrow \wedge N_i(t) \geq \{N_i^H\}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $N_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) – текущие значения параметров, обеспечивающих нормальное

функционирование объекта;  $N_i^H$  – соответствующие нормативные значения параметров, заданные при проектировании объекта;  $t$  – время.

Знак конъюнкции свидетельствует, что предельная долговечность конструкции определяется снижением одного параметра ниже нормативного значения.

Представим материал или изделие как объект, на  $i$ -й параметр которого одновременно или раздельно воздействуют несколько независимых сил  $J_{i,j}$  ( $j=1,2\dots k$ ), определяемых потенциалом характеризующих их величин. Под действием этих сил контролируемые параметры будут изменяться. Введем понятие скорости деструкции параметра  $i$  материала,  $W_i$  (рис. 1 – графическое представление воздействия независимых  $J_{i,j}$  сил, вызывающих деструкцию  $N_i$  параметра материала).

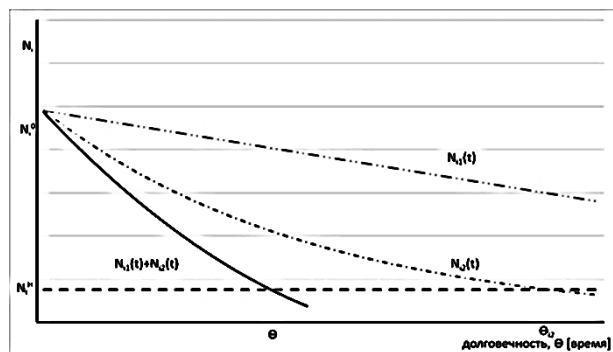


Рис. 1

Под скоростью деструкции материала будем понимать изменение значения параметра  $N_i$  в единицу времени. Тогда:

$$W_i = \sum_{j=1}^k W_{i,j} = \frac{dN_i}{dt}. \quad (2)$$

Скорость деструкции  $i$ -го параметра материала или изделия является феноменологической функцией, определяемой суммой изменения параметра  $N_i$  под действием независимых сил  $J_i$  в единицу времени. Тогда предельная долговечность по параметру  $i$ ,  $\Theta_i$ , можно описать следующим выражением:

$$\Theta_i = \frac{N_i - N_i^H}{W_i} = \frac{N_i - N_i^H}{\sum_{j=1}^k W_{i,j}}. \quad (3)$$

Примем, что

$$N_i/N_i^H = k_d, \quad (4)$$

где  $k_d$  – коэффициент деструкционной устойчивости.

Тогда (3) примет вид:

$$\Theta_i = \frac{N_i^H(k_d - 1)}{W_i} = \frac{N_i^H(k_d - 1)}{\sum_{j=1}^k W_{i,j}}. \quad (5)$$

Из (5) следует, что предельная долговечность материала или конструкции определяется при условии  $k_d \geq 1$ . Надо отметить, что при  $k_d = 1$  конструкция имеет нормативный запас прочности, но ее предельная долговечность, то есть время, в течение которого она будет сохранять нормативный запас прочности, равно нулю.

Нельзя рассматривать коэффициент запаса, применяемого при проектировании, в качестве коэффициента деструкции, так как коэффициент запаса нормируется исходя из возможного случайного воздействия сверхнормативных сил на ограждающую конструкцию.

Наиболее важный для ограждающей конструкции параметр – прочность несущей стены здания – является частным случаем при рассмотрении общей теории предельной долговечности конструкции по уравнению (3). Тогда предельную долговечность конструкции по параметру прочности можно записать в виде:

$$\Theta = \frac{R - S}{\sum_{j=1}^k W_j} = \frac{R - S}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}, \quad (6)$$

где  $R$  – начальная прочность материала несущей стены, МПа;  $S$  – нормативная нагрузка, действующая на конструкцию несущей стены, МПа;  $W_1, W_2, W_3, W_4$  – скорости деструкции материала при воздействии различных независимых процессов, МПа/год.

Рассматривая нагрузку, действующую на конструкцию, как величину постоянную, определенную детерминистически в соответствии с действующими нормативными документами, справедлива запись в числителе (6).

В знаменателе уравнения (6) записана сумма четырех феноменологических функций скоростей деструкции материала несущей стены здания. Основными параметрами, влияющими на предельную долговечность материалов в ограждающей конструкции, в частности, кирпича и раствора, являются влажность и температура. Теория распределения влаги в ограждающей конструкции дана в [3], методика расчета влажности ограждающей конструкции описана в [4]. Влага присутствует в материале в виде электролита, что определяет различные формы ее связи с материалом несущей стены. Академик П.А. Ребиндер классифицировал формы связи влаги с материалом по интенсивности энергии взаимодействия [5]. В соответствии с этой классификацией связь влаги и материала можно разделить на три основные группы: химическая связь, физико-химическая связь и физико-механическая связь. Данные формы связи определяют три основных процесса деструкции материала: механическое снижение прочности при протекании циклических процессов замораживания – оттаивания (скорость деструкции материала  $W_1$ ) [6], адсорбционное снижение прочности при протекании циклических процессов увлажнения – сушки (скорость деструкции материала  $W_2$ ) [7] и химическая коррозия (скорость деструкции материала  $W_3$ ) [8]. Отдельно должен рассматриваться процесс деструкции материала, определяемый биологической коррозией (скорость деструкции материала  $W_4$ ) [9].

## ВЫВОДЫ

1. На основании сформулированного определения предельной долговечности материала или объекта предложено универсальное уравнение расчета. Используя данное математическое уравнение на основании исследований скорости деструкции материала под воздействием определенных сил, описанных феноменологическими уравнениями, определяется предельная долговечность материала или изделия. Введение коэффициента деструкции материала

позволит перейти от нормирования долговечности строительных конструкций к точному расчету предельной долговечности.

2. Определены три основных процесса деструкции материала в ограждающей конструкции: химическая коррозия, адсорбционное снижение прочности при протекании циклических процессов увлажнения-сушки и механическое снижение прочности при протекании циклических процессов замораживания-оттаивания. Показано, что данные процессы определяются формой связи влаги с материалом конструкции, которую, по классификации академика П.А. Ребиндера, можно разделить на три основные группы: физико-механическая связь, физико-химическая связь и химическая связь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Большая Советская Энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1969-1978.
2. Российская архитектурно-строительная энциклопедия. – Том 2. – А.М. Подвальный. Статья "Долговечность ограждающих конструкций". С. 97...100.
3. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2000.
4. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Зубарев К.П. Анализ расположения зоны наибольшего увлажнения в ограждающих конструкциях с различной толщиной теплоизоляционного слоя // Жилищное строительство. – 2016, № 6. С. 8...12.
5. Ребиндер П.А. О формах связи влаги с материалами в процессах сушки и увлажнения // В кн.: Всесоюзное научно-техническое совещание по интенсификации процессов и улучшению качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и сельского хозяйства. – Т. 1. – М., 1956.
6. Желдаков Д.Ю., Фролов А.А., Иванов С.Ю. Исследования прочности кладки стен в здании Кадашевских бань // Строительные материалы. – 2016, № 6. С. 55...57.
7. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика. – М., 1958.
8. Инчик В.В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен. – СПб: СПбГАСУ, 1998.
9. Гусев Б.В., Файвусович А.С., Довгань И.В. Математическая модель процессов биокоррозии бетонов в газовых агрессивных средах // Мат. Междунар. конф.: Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве, 10-12 октября 2007 г. – СПб.: РИФ "Роза мира", 2007. С. 63...71.

## REFERENCES

1. Bol'shaja Sovetskaja Jenciklopedija. – M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1969 - 1978.
2. Rossijskaja arhitekturno-stroitel'naja jenciklopedija. – Tom 2. – A.M. Podval'nyj. Stat'ja "Dolgovechnost' ogradajushhih konstrukcij". S. 97...100.
3. Gagarin V.G. Teorija sostojanija i perenosa vlagi v stroitel'nyh materialah i teplozashhitnye svojstva ogradajushhih konstrukcij zdaniy: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – M., 2000.
4. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Zubarev K.P. Analiz raspolozhenija zony naibol'shego uvlazhnenija v ogradajushhih konstrukcijah s razlichnoj tolshhinoj teploizoljacionnogo sloja // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2016, № 6. S. 8...12.
5. Rebinder P.A. O formah svyazi vlagi s materialami v processah sushki i uvlazhnenija // V kn.: Vsesojuznoe nauchno-tehnicheskoe soveshhanie po intensifikacii processov i uluchsheniju kachestva materialov pri sushke v osnovnyh otrasljah promyshlennosti i sel'skogo hozjajstva. – T. 1. – M., 1956.
6. Zheldakov D.Ju., Frolov A.A., Ivanov S.Ju. Issledovanija prochnosti kladki sten v zdanii Kadashevskih ban // Stroitel'nye materialy. – 2016, № 6. S. 55...57.
7. Rebinder P.A. Fiziko-himicheskaja mehanika. – M., 1958.
8. Inchik V.V. Vysoly i solevaja korrozija kirpichnyh sten. – SPb: SPbGASU, 1998.
9. Gusev B.V., Fajvusovich A.S., Dovgan' I.V. Matematicheskaja model' processov biokorrozii betonov v gazovyh agressivnyh sredah // Mat. Mezhdunar. konf.: Problemy dolgovechnosti zdaniy i sooruzhenij v sovremennom stroitel'stve, 10-12 oktjabrja 2007 g. – SPb.: RIF "Roza mira", 2007. S. 63...71.

Рекомендована Ученым советом МГСУ. Поступила 03.04.17.

УДК 628.921:628.925.2

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКРЫТИЙ ОКОННЫХ СТЕКОЛ ПО СВЕТОПРОПУСКАНИЮ

## CLASSIFICATION OF COATINGS OF WINDOW GLASS ON LIGHT TRANSMISSION

*Е.В. КОРКИНА, И.А. ШМАРОВ, В.Г. ГАГАРИН*  
*E.V. KORKINA, I.A. SHMAROV, V.G. GAGARIN*

(Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук)  
(Research Institute of Construction Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)  
E-mail: elena.v.korkina@gmail.com; shmarovigor@yandex.ru; gagarinvg@yandex.ru

*Рассмотрена методика определения спектрального пропускания электромагнитного излучения образцами стекол со специальными покрытиями, в том числе низкоэмиссионными. Показано, что исследованные покрытия пропускают ультрафиолетовое излучение и не препятствуют инсоляции. Проведена классификация покрытий по характеру светопропускания с учетом спектральной чувствительности глаза. Введено понятие показателя равномерности спектра, по которому проведена оценка исследованных покрытий и определены покрытия, пропускающие видимый свет наиболее равномерно для восприятия. Данный показатель может быть использован как характеристика покрытия при выборе остекления.*

*The method of determining the spectral transmittance of electromagnetic radiation with samples of glass panes with special coatings, including low-emissivity. It is shown that the studied coatings pass ultraviolet radiation and do not prevent of insolation. Performed classification of coatings according to the nature of light transmission taking into account the spectral sensitivity of the eye. Introduced the notion*

*of indicator of the uniformity of the spectrum, on which performed the evaluation of the investigated coatings and determined coating that transmits visible light most equally for the perception. This indicator can be used as coating characteristic for the selection of glazing.*

**Ключевые слова:** низкоэмиссионные покрытия, показатель равномерности спектра, инсоляция, коэффициент светопропускания.

**Keywords:** low-emissivity coverage, an indicator of the uniformity of the spectrum, insolation, light transmission rate.

С целью энергосбережения в современных окнах используются стеклопакеты со стеклами, имеющими покрытия с низкоэмиссионными, солнцезащитными или мультифункциональными свойствами. Такие стекла применяются в стеклопакете в качестве наружного или внутреннего стекла, при этом покрытие обращено внутрь стеклопакета. В настоящее время имеется большой ассортимент выпускаемых стекол такого назначения. Применяемые покрытия обеспечивают энергосбережение, но снижают светопропускание остекления, что должно учитываться на этапе выбора заполнения светопроемов при проектировании помещений зданий [1], [2]. Исследованию светопропускания оконных стекол с энергосберегающими покрытиями посвящены работы [3...5]. Также представляет собой интерес спектральное пропускание света энергосберегающими покрытиями, так как естественное освещение полного спектра оказывает благоприятное воздействие на здоровье человека [6...8]. Однако отсутствуют подходы к систематизации исследований светопропускания покрытий, направленные на формирование базовых характеристик для практического выбора остекления. В связи с этим целью настоящей работы является формирование одной из таких характеристик, для чего были поставлены и решены задачи по определению спектрального пропускания света энергосберегающими покрытиями, оценке равномерности пропускания света и предложена их классификация.

Определение коэффициента светопропускания покрытия проводится в несколько шагов. Вначале измеряется спектральный коэффициент светопропускания образцов

стекол без покрытий и с покрытиями. В настоящей работе определение светопропускания стекол проводилось в НИИСФ РААСН с использованием спектрофотометра СФ-256 УВИ со специализированным программным обеспечением. В камеру спектрофотометра помещались образцы исследуемых стекол. Измерение спектрального коэффициента светопропускания проводили в диапазоне длин волн от 190 до 1100 нм с шагом 10 нм. Вывод результатов измерений осуществляли в специализированном программном обеспечении в виде графика и таблицы со значениями спектрального коэффициента светопропускания при соответствующих значениях длин волн.

Энергосберегающие покрытия представляют собой электропроводные слои, светопропускание которых описывается методами нелинейной оптики [3], [9]. Поэтому для практических целей можно ввести величину условного коэффициента светопропускания покрытия  $\tau_{\text{усл}}$ , рассмотренного в [5]. Данный коэффициент рассчитывается как частное от деления спектрального коэффициента светопропускания стекла с покрытием на соответствующий спектральный коэффициент стекла без покрытия:

$$\tau'_{\text{усл}}(\lambda) = \tau_{\text{СП}}(\lambda) / \tau_{\text{БП}}(\lambda). \quad (1)$$

С целью получения условных коэффициентов светопропускания покрытий были проведены измерения спектральных коэффициентов пропускания электромагнитного излучения в диапазоне длин волн 190...1100 нм образцов стекол с низкоэмис-

сионными покрытиями, мультифункциональными (то есть с низкоэмиссионными и солнцезащитными свойствами одновременно) твердыми и мягкими покрытиями и солнцезащитными покрытиями и стекол без покрытий. Для проведения измерений и расчетов были рассмотрены образцы стекол с покрытиями различного назначения,

представленные в табл. 1 (образцы стекол с энергосберегающими покрытиями). Образцы стекол без покрытий имели толщину, соответствующую толщине образцов стекол с покрытиями. Полученные данные были обработаны в соответствии с формулой (1).

Т а б л и ц а 1

Производство	Низкоэмиссионные		Мультифункциональные		Солнцезащитные
	твердые	мягкие	твердые	мягкие	
Pilkington	К - покрытие	Optitherm S3	Eclipse Advantage (EA), EA ever gray, EA ever green, EA arctic blue	Suncool 70/40	-
AGC	-	-	-	StopRAYNeo	-
Guardian	-	Climaguard N, Clima Guard Titan	-	ClimaGuardSolar	SunGuadrSolar Silver 20, Sun Guard Solar Silver 35/26

Данные по спектральному пропусканию электромагнитного излучения различными типами покрытий  $\tau'_{\text{Пусл}}(\lambda)$  обрабатывали по методике [10] для получения интегрального условного коэффициента светопропускания покрытия по формуле:

$$\tau'_v = \frac{\sum_{\lambda=380\text{нм}}^{780\text{нм}} \tau'_{\text{Пусл}}(\lambda) D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380\text{нм}}^{780\text{нм}} D_\lambda V(\lambda) \Delta\lambda}, \quad (2)$$

где  $D_\lambda$  – относительное спектральное распределение мощности стандартного источника света  $D_{65}$ ;  $\tau'_{\text{Пусл}}(\lambda)$  – условный спектральный коэффициент пропускания покрытия;  $V(\lambda)$  – спектральная эффективность освещения для дневного зрения, характеризующая стандартного наблюдателя для фотометрии; величина  $D_\lambda V(\lambda)$  принимается в соответствии с [10];  $\Delta\lambda$  – интервал длин волн.

Как следует из формулы (1), условный коэффициент светопропускания  $\tau'_v$  рассчитывается с учетом относительной спектральной чувствительности глаза. Таким образом, расчетное значение  $\tau'_v$  адаптиро-

вано к восприятию света, прошедшего через остекление, стандартным наблюдателем.

При проектировании помещений важно обеспечить необходимую инсоляцию. Исследованию пропускания остеклением ультрафиолетового (УФ) излучения и его влиянию на соблюдение инсоляционного режима посвящена работа [11]. С целью определения доли электромагнитного излучения, пропускаемой покрытиями в УФ-А диапазоне от 315 до 380 нм, был рассчитан коэффициент пропускания УФ-А излучения покрытиями  $\tau'_{\text{УФ-А}}$  по аналогии с расчетом коэффициента  $\tau'_v$ . Согласно [10] коэффициент ультрафиолетового пропускания покрытия можно рассчитать по формуле:

$$\tau'_{\text{УФ-А}} = \frac{\sum_{\lambda=315\text{нм}}^{380\text{нм}} \tau'_{\text{Пусл}}(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=315\text{нм}}^{380\text{нм}} S_\lambda \Delta\lambda}, \quad (3)$$

где  $S_\lambda$  – относительное спектральное распределение УФ-А излучения, принимается в соответствии с [10].

По формуле (2) был проведен расчет условных интегральных коэффициентов



пропускания покрытий для каждого типа покрытия в видимом диапазоне  $\tau'_v$ . Результаты вычислений  $\tau'_v$  для рассматриваемых покрытий представлены в табл. 2. Как видно из полученных значений, покрытия понижают светопропускание остекления, значит их влиянием нельзя пренебрегать.

Т а б л и ц а 2

Покрытие	$\tau'_v$	$\tau'_{UV-A}$
Optitherm S3	0,96	0,41
Climaguard N	0,97	0,65
Clima Guard Titan	0,85	0,74
Eclipse Advantage	0,75	0,39
EA Ever green	0,56	0,10
EA Ever gray	0,36	0,10
EA Arctic blue	0,43	0,10
К -покрытие	0,92	0,64
Suncool 70/40	0,93	0,30
StopRAYNeo	0,74	0,26
ClimaGuardSolar	0,79	0,37
Sun GuardSolar Silver 35/26	0,44	0,47
SunQuadrSolar Silver 20	0,22	0,31

По формуле (3) был проведен расчет условного интегрального коэффициента пропускания покрытия в УФ-А диапазоне, результаты также представлены в табл. 2 (условные интегральные коэффициенты пропускания покрытий в видимом диапазоне  $\tau'_v$  и в УФ-А диапазоне  $\tau'_{UV-A}$ ). Из представленных данных можно сделать вывод о том, что покрытия пропускают УФ-А излучение и тем самым способствуют инсоляции помещений.

Рассмотрим классификацию по форме распределения коэффициента светопропускания.

Следует предположить, что энергосберегающие покрытия, как и любой материал, имеют способность к различному пропусканию длин волн спектра видимого излучения. Поэтому для определения коэффициентов светопропускания по цветам спектра видимого излучения мы также воспользовались формулой (2), учитывающей спектральную чувствительность глаза стороннего наблюдателя. Полученные коэффициенты имеют следующие обозначения в соответствии с цветами спектра: фиолетовый  $\tau'_{v-v}$ , синий  $\tau'_{v-b1}$ , голубой  $\tau'_{v-b2}$ , зеленый  $\tau'_{v-g}$ , желтый  $\tau'_{v-y}$ , оранжевый  $\tau'_{v-o}$ , красный  $\tau'_{v-r}$ . По полученным данным о спектральном пропускании света были составлены диаграммы и проведена классификация покрытий по форме распределения коэффициентов светопропускания по цветам спектра, что представлено на рис. 1...4 (рис. 1 – колоколообразная форма распределения коэффициентов светопропускания покрытий; рис. 2 – возрастающая форма; рис. 3 – ниспадающая форма; рис. 4 – смешанная форма).

На спектрах имеется максимум коэффициента пропускания света. В зависимости от того, при какой длине волны (для какого цвета) имеет место этот максимум, предлагается следующая классификация спектров по их виду: колоколообразная, возрастающая, ниспадающая, смешанная, что представлено в табл. 3 (классификация покрытий по форме распределения спектрального коэффициента светопропускания).

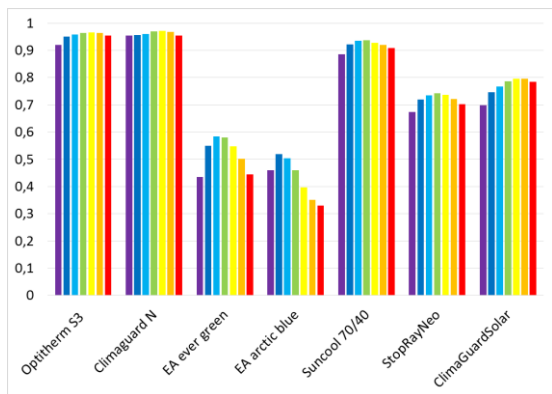


Рис. 1

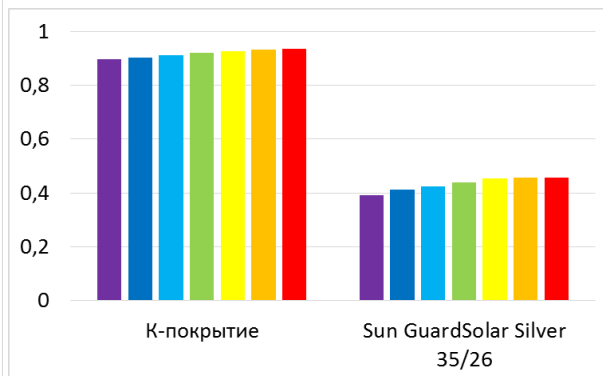


Рис. 2

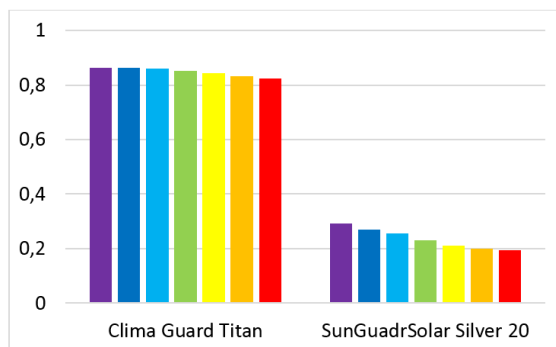


Рис. 3

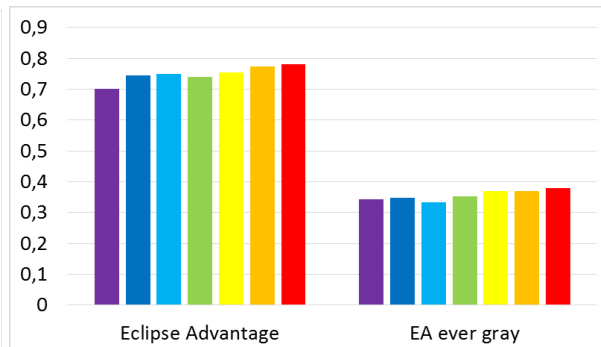


Рис. 4

Т а б л и ц а 3

Форма распределения	Колоколообразная	Смешанная	Возрастающая	Ниспадающая
Покрyтия	Optitherm S3, Climaguard N, Eclipse ever green, Eclipse arctic blue, Suncool 70/40, StopRAyNeo, ClimaGuardSolar	Eclipse edvantage, Eclipse ever gray	К – покрытие, Sun Guard Solar Silver 35/26	Clima Guard Titan, SunGuadrSolar Silver 20

Проанализируем равномерность распределения спектрального коэффициента светопропускания покрытий.

Как видно из диаграмм распределения с учетом спектральной чувствительности глаза (рис. 1...4), цвета спектра передаются покрытиями по-разному. С целью оценки равномерности их передачи было введено понятие показателя равномерности спектра, пропускаемого покрытием и восприни-

маемого сторонним наблюдателем,  $k_c$ , рассчитываемого как разность максимального и минимального коэффициентов передачи света различной длины волны покрытием:  $k_c = \tau'_{v-max} - \tau'_{v-min}$ . Спектральное распределение коэффициента светопропускания покрытия считается тем более равномерным для человеческого глаза, чем ближе значение показателя равномерности спектра к нулю  $k_c \rightarrow 0$ .

Т а б л и ц а 4

Покрyтие	Максимальный коэффициент пропускания $\tau'_{v-max}$ , цвет	Минимальный коэффициент пропускания $\tau'_{v-min}$ , цвет	Показатель равномерности спектра $k_c$
Optitherm S3	0,97 – желтый	0,92 – фиолетовый	0,05
Climaguard N	0,97 – желтый	0,95 – фиолетовый	0,02
Clima Guard Titan	0,86 – фиолетовый	0,82 – красный	0,04
Eclipse edvantage	0,78 – красный	0,70 – фиолетовый	0,08
Eclipse ever green	0,58 – зеленый	0,43 – фиолетовый	0,15
Eclipse ever gray	0,38 – красный	0,33 – голубой	0,05
Eclipse arctic blue	0,52 – синий	0,33 – красный	0,19
К - покрытие	0,93 – синий	0,90 – фиолетовый	0,04
Suncool 70/40	0,94 – зеленый	0,89 – фиолетовый	0,05
StopRayNeo	0,74 – зеленый	0,67 – фиолетовый	0,07
ClimaGuardSolar	0,80 – желтый	0,70 – фиолетовый	0,10
SunGuardSolar Silver 35/26	0,46 – оранжевый	0,39 – фиолетовый	0,07
SunGuadrSolar Silver 20	0,29 – фиолетовый	0,19 – красный	0,10

В табл. 4 приведены значения  $k_c$ ,  $\tau'_{v-\max}$ ,  $\tau'_{v-\max}$  и соответствующие им длины волн цветов спектра, при которых достигаются максимальное и минимальное пропускание для рассматриваемых покрытий.

Оценив значение показателя  $k_c$ , можно сказать, что из рассмотренных покрытий наиболее равномерно для человеческого восприятия передают видимый свет низкоэмиссионные покрытия Climaguard N, Clima Guard Titan, К-покрытие, что также видно из диаграмм (рис. 1...4), соответственно. Из данных табл. 4 видно, что покрытия имеют максимум и минимум на различных участках спектра видимого света, что также может быть связано с их декоративным назначением (покрытия EA ever green, EA arctic blue).

## ВЫВОДЫ

1. Проведена классификация покрытий по типу распределения их условного спектрального коэффициента светопропускания  $\tau'_v$ , введено понятие коэффициента равномерности спектра  $k_c$ . Для рассмотренных покрытий рассчитаны значения показателя  $k_c$  и определены покрытия, обеспечивающие наиболее равномерное для человеческого восприятия спектральное распределение коэффициента светопропускания.

2. Предложенный показатель равномерности спектра  $k_c$  может быть использован как характеристика покрытия при подборе типа остекления, например, с декоративной целью при планировании интерьера помещения, для придания архитектурной выразительности фасаду здания [11], а также при медицинских исследованиях влияния спектрального состава света на психофизиологическое состояние людей.

3. На основе проведенных измерений и расчетов можно сделать вывод о том, что исследованные образцы стекол со специальными покрытиями пропускают ультрафиолетовое излучение, а значит не препятствуют инсоляции помещений.

1. Соловьев А.К. Оценка освещения помещений с применением теории светового поля. // Светотехника. – 2013, № 4. С. 66...68.

2. Коркина Е.В. Комплексное сравнение оконных блоков по светотехническим и теплотехническим параметрам // Жилищное строительство. – 2015, № 6. С. 60...62.

3. Томилиная Е.А. Метод контроля и способы повышения светопропускания стекол оконных блоков: Дис. ...канд. техн. наук. – Новосибирск, 2004.

4. Mazilu M., Miller A., Donchev V.T. Modular method for calculation of transmission and reflection in multilayered structures // Applied Optics. – № 40, 2001. P. 6670...6676.

5. Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Шмаров И.А., Пастушков П.П. Исследование влияния мультифункционального покрытия стекла на спектральное пропускание света // Строительство и реконструкция. – 2015, № 2 (58). С. 90...95.

6. Скобарева З.А., Текшеева Л.М. Биологические аспекты гигиенической оценки естественного и искусственного освещения // Светотехника. – 2003, № 4. С. 7.

7. Brainard G.C., Hanifin J.P., Greenson J.M., Byrne B., Glickman G., Gerner E., Rollag M.D. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor // The Journal of Neuroscience. – №21(16), 2001. P.6405...6412.

8. Thapan K., Arendt J., Skene D.J. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans // Journal Physiology. – №535, 2001. P. 261...267.

9. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973.

10. ГОСТ Р 54164–2010 (ИСО 9050:2003). Стекло и изделия из него. Методы определения оптических характеристик. – М.: Стандартинформ, 2010.

11. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Пропускание ультрафиолетовой радиации оконными стеклами при различных углах падения луча // Жилищное строительство. – 2012, № 6. С. 64...65.

12. Ауров В.В., Баушева М.Д., Щенетков Н.И. О световом образе высотного здания // Светотехника. – 2014, № 5. С. 60...64.

## REFERENCES

1. Solov'ev A.K. Ocenka osveshhenija pome-shhenij s primeneniem teorii svetovogo polja. // Svetotekhnika. – 2013, № 4. S. 66...68.

2. Korkina E.V. Kompleksnoe sravnenie okonnyh blokov po svetotekhnicheskim i teplo-tehnicheskim parametram // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2015, № 6. S. 60...62.

3. Tomilina E.A. Metod kontrolja i sposoby povyshenija svetopropuskanija stekol okonnyh blokov: Dis. ...kand. tehn. nauk. – Novosibirsk, 2004.

4. Mazilu M., Miller A., Donchev V.T. Modular method for calculation of transmission and reflection in multilayered structures // Applied Optics. – № 40, 2001. R. 6670...6676.

5. Gagarin V.G., Korkina E.V., Shmarov I.A., Pastushkov P.P. Issledovanie vlijanija mul'tifunkcional'nogo pokrytija stekla na spektral'noe propuskanie sveta // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2015, № 2 (58). S. 90...95.

6. Skobareva Z.A., Teksheva L.M. Biologicheskie aspekty gigienicheskoj ocenki estestvennogo i iskusstvennogo osveshhenija // Svetotehnika. – 2003, № 4. S. 7.

7. Brainard G.C., Hanifin J.P., Greeson J.M., Byrne B., Glickman G., Gerner E., Rollag M.D. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor // The Journal of Neuroscience. – №21(16), 2001. P.6405...6412.

8. Thapan K., Arendt J., Skene D.J. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a

novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans // Journal Physiology. – №535, 2001. P. 261...267.

9. Born M., Volf'f Je. Osnovy optiki. – M.: Nauka, 1973.

10. GOST R 54164–2010 (ISO 9050:2003). Steklo i izdelija iz nego. Metody opredelenija opticheskikh harakteristik. – M.: Standartinform, 2010.

11. Kuprijanov V.N., Halikova F.R. Propuskanie ul'trafioletovoj radiacii okonnymi steklamy pri razlichnyh uglah padenija lucha // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 6. S. 64...65.

12. Aurov V.V., Bausheva M.D., Shhepetkov N.I. O svetovom obraze vysotnogo zdaniya // Svetotehnika. – 2014, № 5. S. 60...64.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

УДК 699

**АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НАРУЖНЫХ СТЕН  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ  
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**THE ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF EXTERNAL WALLS  
FOR INCREASE THE HEAT-SHIELDING  
OF CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION  
OF INFRASTRUCTURE OF MANUFACTURING ENTERPRISES**

*Е.А. КОРОЛЬ*

*E.A. KOROL*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: professorkorol@mail.ru

*В статье рассмотрены основные преимущества и недостатки различных конструктивно-технологических решений наружных стен заводского изготовления с высокими теплозащитными характеристиками, используемые в практике современного строительства и реконструкции зданий. Обобщение и анализ этих конструктивно-технологических решений позволяет определить рациональные области их применения.*

*In the article the main advantages and disadvantages of various design and technological solutions of external factory-made walls with high thermal protection characteristics used in the practice of modern construction and reconstruction of buildings are considered. The generalization and analysis of these constructive technological solutions makes it possible to determine rational areas for their application.*

**Ключевые слова:** наружные стены, теплозащита зданий, ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче, производственные здания.

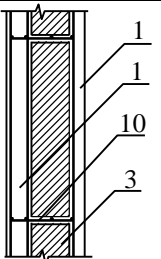
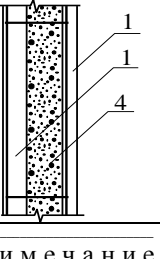
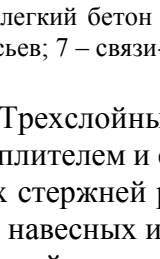
**Keywords:** external walls, thermal protection of buildings, enclosing structures, resistance to heat transfer, production buildings.

В отечественной практике строительства и реконструкции промышленных зон для повышения теплозащитных характеристик зданий и сооружений широко используются многослойные железобетонные ограждающие конструкции промышленного изготовления. К ним относятся различные виды трехслойных стеновых панелей, разработанных для промышленных и общественных зданий, с наружными слоями из легкого или тяжелого бетона и утеплителем из минераловатных, стекловолоконистых, полимерных и т. п. материалов, а также легкие бетоны низкой средней плотности и теплопроводности. Наружные и

внутренние слои таких панелей соединяются между собой с помощью связей, обеспечивающих независимую или совместную их работу. Применяются различные типы связей: связи сдвига в виде стальных стержней и железобетонных брусьев; комбинированные, предусматривающие подвеску наружного ограждающего слоя к внутреннему несущему и установку распорок; связи и в виде стальных вертикальных ферм с треугольной решеткой, пояса которых располагаются в наружных слоях, адгезия слоев. Обобщение основных конструктивных решений наружных трехслойных стеновых панелей представлено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Эскиз связей	Характеристика связей слоев	Вид утеплителя и расчетные коэффициенты теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Толщина панели, мм	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт с наружными слоями из тяжелого (легкого) бетона в условиях эксплуатации	
				А	Б
	гибкие стальные	полистирольный пенопласт: $\lambda_A=0,04$ ; $\lambda_B=0,05$	300	2,7	2,3
			350	3,6	3,0
			400	4,4	3,7
			450	5,3	4,4
		минераловатные прошивные маты: $\lambda_A=0,05$ ; $\lambda_B=0,06$	300	1,8	1,7
			350	2,4	2,2
400	2,9		2,7		
	железобетонные брусья	полистирольный пенопласт: $\lambda_A=0,05$ ; $\lambda_B=0,05$	300	2,3	1,9
			350	3,1	2,5
			400	3,8	3,1
		минераловатные прошивные маты: $\lambda_A=0,05$ ; $\lambda_B=0,06$	300	1,6	1,4
			350	2,0	1,9
			400	2,5	2,3
	стальные подвески и распорки	полистирольный пенопласт: $\lambda_A=0,04$ ; $\lambda_B=0,05$	300	1,47 (1,73)	1,37 (1,64)
			350	2,17 (2,46)	2,01 (2,30)
			400	2,83 (3,14)	2,64 (2,97)
			450	3,49 (3,86)	3,08 (3,44)
		плиты минераловатные жесткие: $\lambda_A=0,05$ ; $\lambda_B=0,06$	300	1,02 (1,18)	-
			350	1,45 (1,78)	-
			400	1,90 (2,19)	-
			450	2,24 (2,58)	-

	армированные ребра	полистирольный пенопласт: $\lambda_A=0,04$ ; $\lambda_B=0,05$	300	2,0 (2,5)	1,6 (2,1)
			350	2,6 (3,2)	2,1 (2,7)
			400	3,2 (4,0)	2,6 (3,3)
			450	3,8 (4,7)	3,1 (3,9)
		минераловатные прошивные маты: $\lambda_A=0,05$ ; $\lambda_B=0,06$	300	1,3	1,2
			350	1,7	1,5
			400	2,1	1,9
			450	2,5	2,3
	сцепление слоев	Низкотеплопроводный полистиролбетон на различных вяжущих: $\lambda_A=0,098$ (0,078); $\lambda_B=0,111$ (0,082)	300	2,03 (2,50)	1,84 (2,3)
			350	2,54 (3,15)	2,25 (2,9)
			400	3,05 (3,79)	2,7 (3,56)
			450	3,56 (4,40)	3,15 (4,1)

Примечание. 1 – наружный несущий слой; 2 – наружный ограждающий слой; 3 – эффективный утеплитель; 4 – легкий бетон низкой средней плотности; 5 – стальные связи-шпильки; 6 – связи в виде железобетонных брусьев; 7 – связи-подвески; 8 – связи-распорки; 9 – связи в виде стальных ферм; 10 – железобетонные ребра.

Трехслойные панели с эффективным утеплителем и связями сдвига в виде стальных стержней разработаны и применяются для навесных и самонесущих стен горизонтальной разрезки производственных и общественных зданий. В наружных слоях их используют преимущественно тяжелый бетон. В этих панелях все вертикальные нагрузки воспринимаются внутренним несущим слоем, а наружный ограждающий соединяется с внутренним с помощью гибких связей в виде стальных шпилек, защищенных от коррозии.

К преимуществам таких панелей можно отнести простоту конструкции связей и их установки. В процессе изготовления панелей после бетонирования внутреннего несущего слоя толщиной 10 см и раскладки утеплителя связи забиваются в свежееуложенный бетон. Верхняя изогнутая часть шпильки-связи анкеруется в наружном ограждающем слое толщиной 5 см. Проведенные исследования подтвердили надежность такого соединения слоев между собой.

Недостатком принятой конструкции являются большие потери тепла, которые происходят через стальные связи. Расчеты показали, что для трехслойных панелей размером 1,2×6 м с утеплителем из пенополистирола ( $\lambda_B=0,05$  Вт/(м·°C)) при двухрядном размещении шпилек по высоте из арматуры периодического профиля диаметром 10 мм с шагом по длине 0,8 м коэффи-

циент термической однородности составляет 0,6. Кроме того, при толщине утеплителя 15 см прогиб наружного ограждающего слоя от собственного веса относительно несущего внутреннего не превышает 1,5 мм. Поэтому при меньшей толщине утеплителя повышение термической однородности панелей возможно за счет уменьшения диаметра связей-шпилек до 8...6 мм.

Увеличение толщины утеплителя приводит к увеличению диаметра связей или их количества и соответственно росту теплопотерь. Поэтому рациональные области применения рассмотренных конструкций будут ограничены преимущественно зданиями производственного назначения с сухим и нормальным режимами. Для стен общественных зданий, в том числе офисного назначения, рассмотренные конструкции со стальными связями не рациональны из-за увеличения их толщины и, как следствие, диаметра или количества связей.

Трехслойные панели с эффективным утеплителем и связями в виде железобетонных брусьев имеют преимущества, обусловленные тем, что железобетонные связи защищены от коррозии, что позволяет использовать для них обычную арматуру.

Экспериментально-теоретические исследования этих конструкций выявили, что при действии нагрузки от веса наружного ограждающего слоя на связи при испыта-

ниях фрагментов панелей трещины в железобетонных связях не образуются. Однако деформации, вызываемые различной температурой наружного ограждающего и внутреннего несущего слоев и приводящие к их взаимному смещению, могут быть существенно больше, чем деформации от нагрузки, что является причиной не только образования трещин в связях, но и значительного их раскрытия. Поскольку разница температуры слоев зависит от времени года, трещины будут сквозными. С появлением трещин возможно нарушение анкеровки арматуры связей из-за недостаточной ее заделки в тонком наружном ограждающем слое. Это обуславливает необходимость усиления армирования наружного ограждающего слоя в местах связей. При значительном раскрытии трещин в условиях повышенной влажности в период эксплуатации панелей возможна коррозия арматуры связей и разрушение бетона, и, в конечном счете, панелей в целом.

Трехслойные панели с эффективным утеплителем и стальными комбинированными связями нашли широкое применение в крупнопанельном домостроении.

В таких панелях передачу усилий от наружного ограждающего слоя на внутренний несущий обеспечивают металлические связи, а конструкция связей и их расположение не создают препятствий для свободных температурных деформаций наружного ограждающего слоя. Связи выполняются в виде подвесок и распорок. Подвески предназначены для передачи вертикальной нагрузки от наружного ограждающего слоя на внутренний несущий без участия других связей. Для этого они имеют растянутый и сжатый подкосы. Распорки предназначены для передачи горизонтальных нагрузок от ветра и других воздействий от наружного ограждающего слоя на внутренний несущий. Связи рекомендуется выполнять из коррозионно-стойких сортов стали или применять антикоррозионные покрытия.

В разработанных технических решениях толщина утеплителя принята от 70 до 280 мм. Наружные бетонные слои – 70...80 мм, внутренние – от 100 до 150 мм. Для

наружного и внутреннего слоев может использоваться тяжелый бетон класса В20 средней плотностью  $\rho=2400 \text{ кг/м}^3$  и керамзитобетон класса В12,5 и  $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$ .

Принятая толщина бетонных слоев удовлетворяет требованиям огнестойкости и надежной защиты арматуры от коррозии. Однако для обеспечения эксплуатационной надежности по периметру наружных панелей укладывается негорючий утеплитель, что значительно увеличивает трудоемкость их изготовления.

Трехслойные панели с минераловатным утеплителем и связями в виде стальных ферм с параллельными поясами и треугольной решеткой из нержавеющей стали разработаны фирмой Партек (Финляндия). Фермы устанавливаются на всю высоту панели в местах стыков утеплителя, а пояса ферм располагаются в бетоне наружных слоев панели. Такая конструкция обеспечивает надежную анкеровку связей-подвесок и передачу вертикальной нагрузки и других воздействий от наружного ограждающего слоя при минимальной его толщине и небольшом диаметре элементов решетки. При принятой конструкции связей наружные слои панели в вертикальном направлении работают совместно, поэтому деформации от нагрузки, ползучести бетона и температуры влияют друг на друга, что необходимо учитывать при проектировании.

Трехслойные панели с вкладышами из эффективного утеплителя и ребрами из легкого бетона основным недостатком имеют низкую эффективность использования утеплителя. Проведенные расчеты показали, что при использовании в наружных слоях и ребрах керамзитобетона средней плотности  $900 \text{ кг/м}^3$  на шлакопортландцементе ( $\lambda_{\text{Б}}=0,32 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ) и вкладышей из утеплителя ( $\lambda_{\text{Б}}=0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ), коэффициент теплотехнической однородности панелей с проемами при толщине ребер 5 см составляет 0,5, без проемов – 0,59. Для обычно используемого керамзитобетона  $1100 \text{ кг/м}^3$  коэффициент теплотехнической однородности снизится соответственно до 0,39 и 0,48. Такие панели сложны и трудоемки в изготовлении, что связано с расклад-

кой и фиксированием в проектное положение утеплителя и бетонированием тонких армированных ребер.

Опыт эксплуатации показывает, что в наружном ограждающем слое панелей между ребрами возможно образование сквозных трещин, вызванных усадкой и высушиванием бетона и температурными деформациями. Через трещины возможно увлажнение утеплителя и бетона, что ухудшает их эксплуатационные качества и снижает долговечность стеновых панелей.

Достоинствами панелей с вкладышами из эффективного утеплителя и ребрами из легкого бетона являются работа полным сечением, надежная защита утеплителя от возгорания, отсутствие гибких металлических связей. Однако по термической однородности трехслойные панели с вкладышами утеплителя и ребрами из легкого бетона неконкурентоспособны.

Трехслойные панели с монолитной связью слоев и утеплителем из низкотеплопроводных бетонов в настоящее время являются экспериментальными в гражданском и промышленном строительстве.

Имеется опыт проектирования трехслойных стеновых панелей горизонтальной разрезки длиной 6 и 12 м для строительства и реконструкции отапливаемых производственных зданий. В наружных слоях таких панелей был использован керамзитобетон классов В15...В22,5 плотностью 1600...1800 кг/м<sup>3</sup> или тяжелый и мелкозернистый бетон классов В22,5...В30, а для среднего теплоизоляционного – крупнопористый керамзитобетон или шлакопемзобетон классов В2,5...В3,5 плотностью 700...1200 кг/м<sup>3</sup>, а также керамзитопено-, керамзитоперлит-, перлит-, аглопорито- и шунгизито- и полистиролбетона. Толщина панелей определялась теплотехническим расчетом и для большинства производственных и общественных зданий составляла 200...400 мм, наружные слои 30...50 мм, в которых размещалась рабочая арматура – обычная или предварительно напряженная.

По технологии изготовления трехслойные панели из легкого бетона с монолитной связью слоев аналогичны однослойным.

Используемые в качестве утеплителя легкие бетоны низкой средней плотности несгораемы или трудносгораемы, а их эксплуатационные свойства не ухудшаются во времени. Отсутствие дополнительных дискретных связей исключает образование теплопроводных включений, подобных другим видам трехслойных конструкций. Существенным преимуществом их по сравнению с трехслойными с гибкими связями является снижение расхода рабочей арматуры за счет передачи нагрузки не только на внутренний несущий слой, а на сечение в целом.

## В Ы В О Д Ы

1. Практика показала, что конструктивные решения наружных стен с утеплителями из полимерных материалов недолговечны из-за деструкции утеплителя при эксплуатации, что обуславливает за время эксплуатации зданий неоднократно осуществлять ремонт стен.

2. Для зданий офисного назначения применяются трехслойные панели из легкого бетона с вкладышами утеплителя. В их наружных слоях предпочтительно использование бетонов на пористых заполнителях, что положительно влияет на повышение сопротивления теплопередаче при имеющей место высокой термической неоднородности этих конструкций.

3. Общая тенденция повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций при строительстве и реконструкции зданий различного назначения нашла отражение в исследованиях эффективных бетонов для теплоизоляционного слоя. Это новое поколение бетонов пониженной средней плотности и прочности способно обеспечивать связь наружных слоев из конструкционных бетонов без дополнительных элементов, являющихся в большинстве случаев теплопроводными включениями и снижающих эффективность использования утеплителей из материалов, имеющих различную природу с конструкционными слоями из бетонов. Дальнейшее их совершенствование позволит таким конструкциям занять конкурен-



тоспособное место среди используемых традиционных конструкций индустриальных наружных стен.

4. При выборе бетона для теплоизоляционного слоя трехслойных конструкций важное значение имеет местная сырьевая база для производства заполнителей. Поэтому применение утеплителей из низко-теплопроводных бетонов целесообразно осуществлять по региональному признаку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности (основы теории, методы расчета и технологическое проектирование). – М., 2008.

2. Ибрагимов А.М., Федосов С.В., Гнедина Л.Ю. Проблемы трехслойных ограждающих конструкций // Жилищное строительство. – 2012, №7. С.9...12.

3. Король Е.А. Анализ состояния и тенденций градостроительной деятельности в реализации проектов реконструкции и реновации промышленных зон Москвы // Недвижимость: экономика, управление. – 2014, №1-2. С.48...51.

4. Король Е.А., Харьков Ю.А. Технологическая и организационная эффективность возведения многослойных наружных стен в монолитном строительстве // Строительство и реконструкция. – 2013, №6. С.3...8.

5. Kharkin Y., Korol E., Davidyuk A. Technology for erecting sandwich external walls with heat insulation layer made of low conductivity concrete // Procedia engineering. – V. 117, 2015. P. 172...178.

6. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Теплообмен на поверхности выступающих элементов наружных ограждений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С.157...160.

7. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2014, № 7. С.19...23.

#### REFERENCES

1. Bazhenov Ju.M., Korol' E.A., Erofeev V.T., Mitina E.A. Ograzhdajushhie konstrukcii s ispol'zovaniem betonov nizkoj teploprovodnosti (osnovy teorii, metody rascheta i tehnologicheskoe proektirovanie). – M., 2008.

2. Ibragimov A.M., Fedosov S.V., Gnedina L.Ju. Problemy trehslojnyh ograzhdajushhih konstrukcij // hilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, №7. S.9...12.

3. Korol' E.A. Analiz sostojanija i tendencij gradostroitel'noj dejatel'nosti v realizacii proektov rekonstrukcii i renovacii promyshlennyh zon Moskvy // Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie. – 2014, №1-2. S.48...51.

4. Korol' E.A., Har'kin Ju.A. Tehnologicheskaja i organizacionnaja jeffektivnost' vozvedenija mnogoslajnyh naruzhnyh sten v monolitnom stroitel'stve // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2013, №6. S.3...8.

5. Kharkin Y., Korol E., Davidyuk A. Technology for erecting sandwich external walls with heat insulation layer made of low conductivity concrete // Procedia engineering. – V. 117, 2015. P. 172...178.

6. Umnyakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Teploobmen na poverhnosti vystupajushhih jelementov naruzhnyh ograzhdenij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S.157...160.

7. Umnyakova N.P., Butovskij I.N., Chebotarev A.G. Razvitie metodov normirovanija teplozashchity jenergojeffektivnyh zdaniy // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2014, № 7. S.19...23.

Рекомендована кафедрой жилищно-коммунального хозяйства. Поступила 03.04.17.

## ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ БАЛКИ-СТЕНКИ

## INFLUENCE OF CONCRETE STRENGTH ON THE FRACTURE MECHANISM OF DEEP BEAM

С.Н. КАРПЕНКО, А.Н. ПЕТРОВ  
S.N. KARPENKO, A.N. PETROV

(Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук,  
Петрозаводский государственный университет)  
(Research Institute of Construction Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,  
Petrozavodsk State University)  
E-mail: niisf\_lab9@mail.ru

*Рассматривается влияние прочности бетона на механизм разрушения балки-стенки. Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции выполнен методом конечных элементов на базе деформационной модели железобетона с трещинами Н.И. Карпенко, где дополнительно учтены особенности деформативных свойств высокопрочных бетонов. Делается вывод, что применение высокопрочного бетона обеспечивает полное использование прочностных свойств арматуры в конструкции.*

*The influence of the concrete strength on the fracture mechanism of deep beam is taken into consideration. Analysis of stress-strain state of the structure is made by finite element method based upon deformation model of reinforced concrete with cracks by N.I. Karpenko, where the features of the deformative properties of high-strength concrete are taken into consideration. It is concluded that the use of high-strength concrete makes full use of the strength properties of reinforcement in a structure.*

**Ключевые слова:** железобетонные балки-стенки, деформационная модель железобетона с трещинами, механизм разрушения, высокопрочный бетон.

**Keywords:** reinforced concrete deep beams, deformation model of reinforced concrete with cracks, fracture mechanism, high-strength concrete.

Опыт проектирования изгибаемых элементов – железобетонных балок и плит – показывает, что основным фактором, определяющим несущую способность таких конструкций, является процент армирования. При заданном проценте армирования повышение прочности бетона не сопровождается адекватным ростом несущей способности конструкции, поскольку снижение высоты сжатой зоны (при условии, что она меньше граничной) не

сопровождается пропорциональным ростом плеча внутренней пары.

Иначе ведут себя балки-стенки, поскольку в этих конструкциях прочность бетона непосредственно влияет на механизм разрушения. Чтобы исследовать эту зависимость, был выполнен сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния двух балок-стенок с одинаковым армированием из бетона существенно разной прочности. Расчет выполнен методом конеч-

ных элементов по программе [1], реализующей деформационную модель железобетона с трещинами Н.И. Карпенко [2] при плоском напряженном состоянии, где дополнительно учтены особенности деформативных свойств высокопрочных бетонов [3].

Балки-стенки БС-1,2 пролетом 4 м, высотой 1000 мм и толщиной 200 мм армировались ортогональной сеткой из стержней  $\varnothing 16A500$  с шагом поперечных стержней 200 мм. В качестве продольной рабочей арматуры в растянутой зоне были установлены четыре стержня  $\varnothing 28A500$ . Опирались балки-стенки осуществлялось по углам через стальные прокладки  $300 \times 300$

мм толщиной 30 мм. Схема армирования балок-стенок показана на рис. 1. Физико-механические свойства бетона представлены в табл. 1.

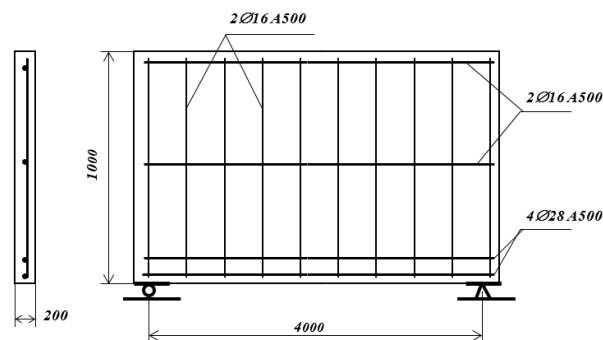


Рис. 1

Т а б л и ц а 1

Марка элемента	Кубиковая прочность $R(15 \times 15 \text{ см})$ , МПа	Призменная прочность $R_b$ , МПа	Прочность при осевом растяжении $R_{bt}$ , МПа	Модуль мгновенно-упругих деформаций $E_b$ , МПа	Абсцисса вершины диаграммы сжатия $\hat{\varepsilon}_b$
БС-1	20	15	1,35	27500	0,0020
БС-2	100	71	3,8	43000	0,0029

Описание диаграмм деформирования бетона и арматуры  $\varepsilon_m - \sigma_m$  выполнено в виде обобщенной аналитической зависимости:

$$\varepsilon_m = \sigma_m / (E_m v_m), \quad (1)$$

где  $\varepsilon_m$ ,  $\sigma_m$ ,  $E_m$  – соответственно относительные деформации, напряжения, начальные модули упругости;  $m$  – индекс материала (для бетона  $m = b, bt$ ; для арматуры  $m = s$ );  $v_m$  – коэффициент секущего модуля, определяемый по формуле, предложенной Н.И. Карпенко:

$$v_m = \hat{v}_m \pm (v_0 - \hat{v}_m) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - \omega_2 \eta^2}. \quad (2)$$

Здесь  $\hat{v}_m$  – значение коэффициента  $v_m$  в вершине диаграммы (при  $\sigma_m = \hat{\sigma}_m$ );  $v_0$  – начальный коэффициент секущего модуля;  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  – коэффициенты, характеризующие полноту диаграммы материала, причем  $\omega_2 = 1 - \omega_1$ ;  $\eta$  – уровень напряжений;

$$\eta = (\sigma_m) / (\hat{\sigma}_m). \quad (3)$$

При одноосном и однородном сжатии бетона диаграмма деформирования бетона при растяжении (а) и сжатии (б) (рис. 2) описывается зависимостями (1)...(3), в которых принимается:

- для обеих ветвей диаграммы

$$\hat{\sigma}_m = -R_{b,ser}, \quad \sigma_{b,el} = 0, \quad \hat{v}_b = \frac{\hat{\sigma}_b}{(\hat{\varepsilon}_b E_b)}, \quad \eta = \sigma_b / \hat{\sigma}_b, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{b,el} = 0, \quad \eta_d = \varepsilon_b / \hat{\varepsilon}_b, \quad \hat{\varepsilon}_b = \hat{\sigma}_b / (E_b \hat{v}_b) \quad (5)$$

(причем  $\eta_d = \eta \hat{v}_b / v_b$ );

- для восходящей ветви ( $\eta \leq 1$ ;  $\eta_d \leq 1$ )

$$v_0 = 1, \quad \omega_1 = 2 - 2,5 \hat{v}_b, \quad (6)$$

- для нисходящей ветви ( $\eta \leq 1$ ;  $\eta_d \geq 1$ )

$$v_0 = 2,05 \hat{v}_b, \quad \omega_1 = 1,95 \hat{v}_b - 0,138. \quad (7)$$

Для бетонов кубиковой прочности до 60 МПа принимается  $\hat{\varepsilon}_b = 0,002$ . Для высокопрочных бетонов классов В70...В120 это значение определяется по формуле Р.Л. Серых и Т.А. Мухамедиева:

$$\hat{\varepsilon}_b = \frac{R}{E_b} \lambda \frac{1 + 0,75\lambda R / 60 + 0,2\lambda / R}{0,12 + R / 60 + 0,2/R}, \quad (8)$$

где  $R$  – стандартная кубиковая прочность бетона, МПа;  $\lambda$  – безразмерный коэффициент. Для тяжелого бетона  $\lambda = 1$ .

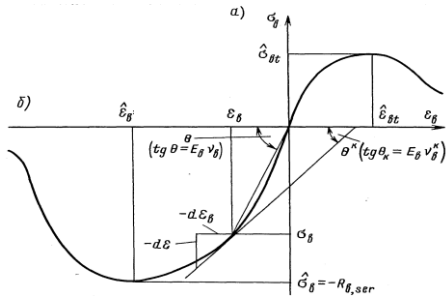


Рис. 2

Основными физическими характеристиками ортотропной модели являются секущие модули деформаций бетона  $E'_{bn}$  и  $E'_{bt}$  и коэффициент поперечных деформаций  $\nu$ . Секущие модули деформаций бетона вычисляются в зависимости от вида напряженного состояния (сжатие-сжатие, сжатие-растяжение или растяжение-растяжение) и величины главных напряжений, чем обеспечивается зависимость  $[C]_b = [C(\sigma_b)]$ . Для бетона до образования трещин справедливы зависимости:

$$\left. \begin{aligned} C_{11} &= \frac{\sin^2 \alpha}{E'_{bn}} + \frac{\cos^2 \alpha}{E'_{bt}}, \\ C_{12} &= -\frac{\nu(1+m)}{mE'_{bn} + E'_{bt}}, \\ C_{13} &= C_{23} = \left( \frac{1}{E'_{bn}} - \frac{1}{E'_{bt}} \right) \frac{\sin 2\alpha}{2}, \\ C_{22} &= \frac{\cos^2 \alpha}{E'_{bn}} + \frac{\sin^2 \alpha}{E'_{bt}}, \\ C_{33} &= \frac{1}{E'_{bn}} + \frac{1}{E'_{bt}} + \frac{2\nu(1+m)}{mE'_{bn} + E'_{bt}}, \\ m &= |\sigma_{b,max} / \sigma_{b,min}|, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где  $\alpha$  – угол направления главных осей  $n$  и  $t$  по отношению к осям  $x$  и  $y$ . После образования трещин элементы матрицы жесткости железобетона вычисляются по формулам [(1.57), 2]. В случае только ортогональ-

ного армирования эти формулы существенно упрощаются и принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{C}_{rc.11} &= \frac{\lambda_x}{E'_{sx}\mu_x + E'_{sp}\mu_p} + \frac{\cos^2 \alpha}{E_b}, \\ \tilde{C}_{rc.12} &= 0, \\ \tilde{C}_{rc.13} &= \frac{\lambda_x \operatorname{ctg} \alpha}{E'_{sx}\mu_x + E'_{sp}\mu_p} - \frac{\sin 2\alpha}{2E_b}, \\ \tilde{C}_{rc.22} &= \frac{\lambda_y}{E'_{sy}\mu_y} + \frac{\sin^2 \alpha}{E_b}, \\ \tilde{C}_{rc.23} &= \frac{\lambda_y \operatorname{tg} \alpha}{E'_{sy}\mu_y} - \frac{\sin 2\alpha}{2E_b}, \\ \tilde{C}_{rc.33} &= \frac{\lambda_x \operatorname{ctg}^2 \alpha}{E'_{sx}\mu_x + E'_{sp}\mu_p} + \frac{\lambda_y \operatorname{tg}^2 \alpha}{E'_{sy}\mu_y} + \frac{1}{E_b} \left( \frac{2}{\bar{\nu}_n} - 1 \right). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

В формулах (10) средними модулями деформаций арматуры  $E'_{si}$ ,  $i=x,y$  учитывается влияние растянутого бетона на участке между трещинами на деформации арматуры. При частично нарушенном сцеплении  $E'_{si} > E_{si}$ , при полностью нарушенном  $E'_{si} = E_{si}$ . Если  $\sigma_{si} > \sigma_{si,el}$ , то при вычислении средних модулей деформаций арматуры учитываются пластические деформации стержней на участке между трещинами.

Расчетная схема балок-стенок и схема нагружения показаны на рис. 3.

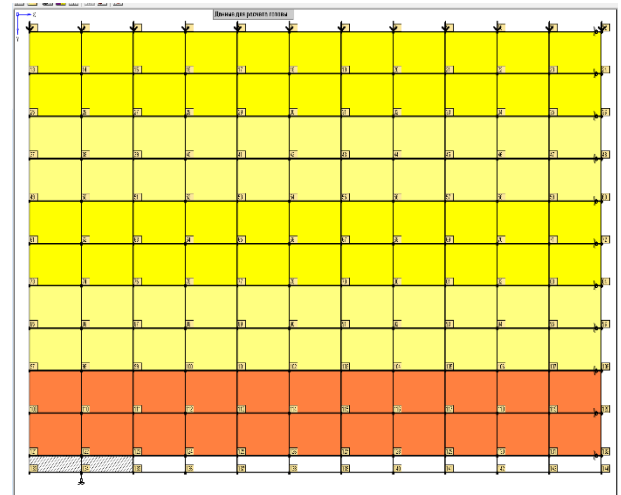


Рис. 3

При назначении расчетной схемы учитывалась симметрия конструкции и нагрузки. Симметричная часть балки-стенки была разбита на 110 прямоугольных

конечных элементов со 135 узлами. Типы конечных элементов на рис. 3 выделены тоном и отличаются коэффициентами

армирования в направлении оси  $x$ . Коэффициенты армирования конечных элементов представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номера конечных элементов	Коэффициент армирования в направлении оси $x$	Коэффициент армирования в направлении оси $y$
1...22	0,01	0,01
23...44	0,0001	0,01
45...66	0,01	0,01
67...88	0,0001	0,01
89...110	0,0616	0,01

Загрузка балок-стенок осуществлялась ступенями равномерно-распределенной нагрузки интенсивностью 20 кН/м для балки-стенки БС-1 и 40 кН/м для балки-стенки БС-2. Подъем нагрузки до разрушения включал 14 ступеней для балки-стенки БС-1 и 24 для балки-стенки БС-2. На рис. 4 показаны кривые зависимости прогиба балок-стенок от внешней нагрузки.

Нагрузка трещинообразования составила для балки-стенки БС-1 40 кН/м, первые трещины появились в нижнем ряду конечных элементов (КЭ) с номерами 108,109,110. Для балки-стенки БС-2 нагрузка трещинообразования составила 100 кН/м, первые трещины появились в нижнем ряду КЭ с номерами 107,108,109,110.

Схема трещинообразования в балке-стенке БС-2 при нагрузке 100 кН/м пока-

зана на рис. 5. На рис. 6 для сопоставления приводится схема трещинообразования при нагрузке 100 кН/м в балке-стенке БС-1.

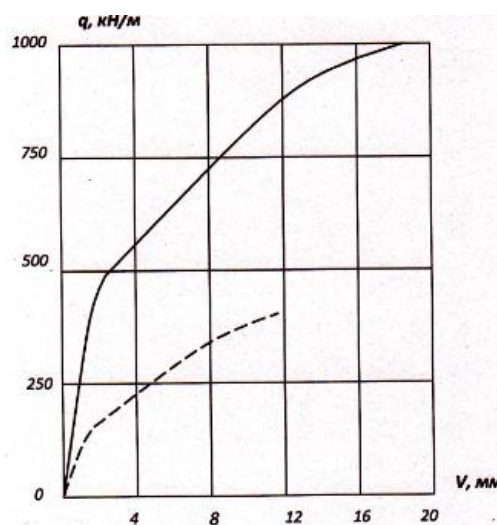


Рис. 4

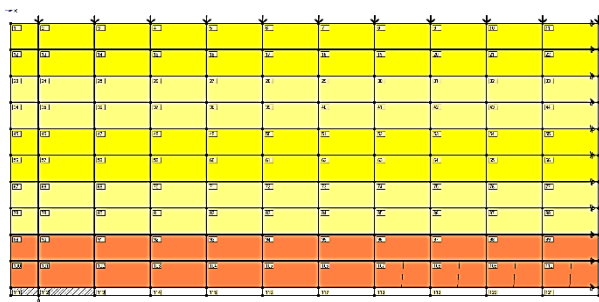


Рис. 5

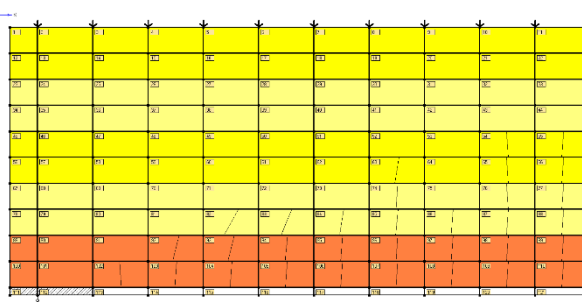


Рис. 6

Балка-стенка БС-1 разрушилась при нагрузке 280 кН/м, схема трещинообразования в стадии разрушения показана на рис. 7. Причиной разрушения явилось исчерпание несущей способности и расслоение сжатого бетона в середине пролета в КЭ с номерами 8, 9, 10, 11 (верхний ряд) и 20, 21, 22 (средний ряд). Исчерпание

прочности бетона сопровождалось текучестью продольной сжатой арматуры. При этом максимальные напряжения в продольной растянутой арматуре в сечении с трещиной (КЭ 110) достигли 320 МПа, что для арматуры класса А500 составляет только 62,5% предела текучести.

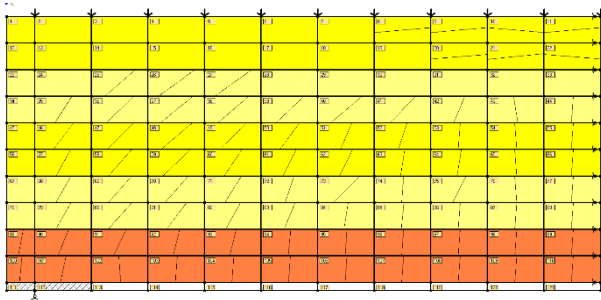


Рис. 7

Механизм разрушения балки-стенки при нагрузке 280 кН/м БС-2 (рис. 8) носил принципиально иной характер. Разрушение конструкции сопровождалось текучестью продольной растянутой арматуры, при этом напряжения в бетоне сжатой зоны не дос-

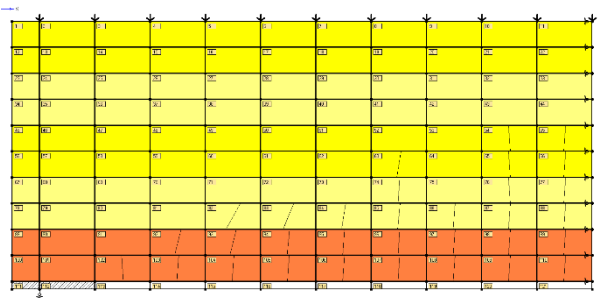


Рис. 8

тигли призмической прочности. Текучесть продольной растянутой арматуры началась при нагрузке 580 кН/м в нижнем ряду КЭ с номерами 108, 109, 110. Схема трещинообразования в этот момент показана на рис. 9.

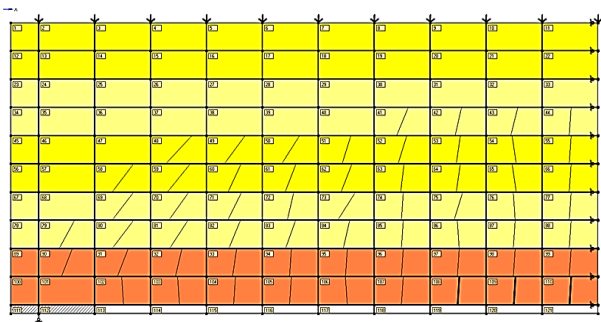


Рис. 9

Дальнейшее увеличение нагрузки сопровождалось увеличением числа конечных элементов, где напряжения в арматуре достигли предела текучести. При нагрузке 680 кН/м текучесть арматуры отмечается во втором ряду КЭ с номерами 95...99. Исчерпание несущей способности конструкции произошло при нагрузке 960 кН/м и сопровождалось существенным, на 16,5%, увеличением прогиба на последней ступени нагружения и резким ухудшением сходимости итерационного процесса. При этом текучесть арматуры имела место практически по всему нижнему поясу балки-стенки (в КЭ с номерами 103...110 в нижнем ряду и в КЭ с номерами 93...99 во втором ряду).

Схема трещинообразования в балке-стенке БС-2 при разрушении показана на рис. 10.

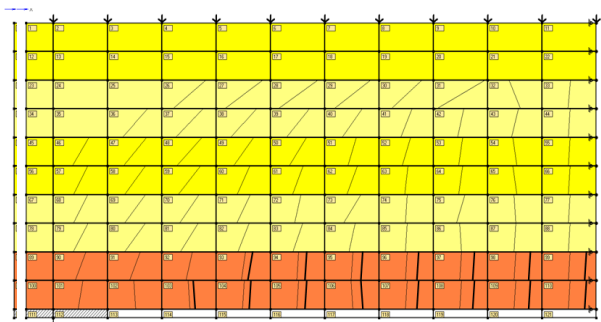


Рис. 10

## ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ показывает, что прочность бетона оказывает существенное влияние на механизм разрушения балки-стенки. Если прочность бетона недостаточна, разрушение конструкции не сопровождается текучестью продольной арматуры и ее прочностные свойства в конструкции используются не полностью.

2. Применение высокопрочного бетона в балках-стенках обеспечивает полное использование прочностных свойств арматуры. При этом несущая способность и деформированное состояние конструкций могут быть надежно оценены путем компьютерного моделирования на базе нелинейной деформационной модели.

1. *Воронин З.А.* Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных балок-стенки с трещинами // Academia. Архитектура и строительство. – 2007, № 3. С. 94...96.
2. *Карпенко Н.И.* Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996.
3. *Карпенко С.Н., Петров А.Н., Евсеева А.В.* Диаграммы-изохроны высокопрочного модифицированного бетона // Ученые записки Петрозаводского гос. ун-та. Серия: Естественные и технические науки. – 2013, №6(135). С. 65...67.

1. *Voronin Z.A.* Konechno-jelementnyj analiz naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija zhelezobetonnyh balok-stenok s treshhinami // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2007, № 3. S.94...96.
2. *Karpenko N.I.* Obshhie modeli mehaniki zhelezobetona. – M.: Strojizdat, 1996.
3. *Karpenko S.N., Petrov A.N., Evseeva A.V.* Diagrammy-izohrony vysokoprochnogo modifitsirovanogo betona // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gos. un-ta. Serija: Estestvennye i tehicheskie nauki. – 2013, №6(135). S.65...67.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ  
РААСН. Поступила 03.04.17.

УДК 624.012.4.042.3

**ДИАГРАММЫ МАТЕРИАЛОВ  
В РАСЧЕТАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ И РАСТЯЖЕНИИ  
С УЧЕТОМ УСАДКИ БЕТОНА**

**CHART OF MATERIALS  
IN THE CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS  
UNDER CENTRAL COMPRESSION AND TENSION TAKING  
INTO ACCOUNT THE SHRINKAGE OF CONCRETE**

*Н.И. КАРПЕНКО, С.Н. КАРПЕНКО, В.А. ЕРЫШЕВ*  
*N.I. KARPENKO, S.N. KARPENKO, V.A. ERY SHEV*

(Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук,  
Тольяттинский государственный университет)  
(Research Institute of Building Physics  
of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,  
Togliatti State University)  
E-mail: gsx@tltsu.ru

*В работе устанавливается аналитическая связь между усилиями и деформациями железобетонного образца с симметричным армированием при осевом сжатии (растяжении) с учетом деформаций и напряжений в арматуре и бетоне от усадки бетона. Представлены результаты экспериментальных исследований, включающие: диаграммы бетона на сжатие (растяжение), диаграммы развития осевых деформаций с увеличением нагрузки сжатия (растяжения) при центральном нагружении железобетонных элементов. Дана оценка эффективности аналитических выражений, устанавливающих связь между напряжениями и деформациями в диаграммах материалов для расчетов железобетонных конструкций по деформационной модели.*

*In this paper we establish an analytical relation between effort and deformation of reinforced concrete specimen with symmetrical reinforcement under axial compression (tensile) deformations and stresses in the rebar and concrete from shrinkage of concrete. The results of experimental research that includes: charts of concrete in compression (tension), charts the development of axial strains with increasing load and compression (stretching) under central loading of reinforced concrete elements. Evaluate the effectiveness of the analytical expression that establishes the relationship between stress and strain diagrams of materials, calculations of reinforced concrete structures on the deformation model.*

**Ключевые слова:** усадочные деформации, напряжение, бетон, экспериментальные исследования.

**Keywords:** usadochnye deformations, tension, concrete, experimental research.

Большинство бетонов подвержено усадке. В процессе усадки в железобетонных элементах возникают деформации укорочения бетона и арматуры. Обозначим:  $\varepsilon$  – общие деформации элемента;  $\varepsilon_{sh}$  – деформации бетона от усадки;  $\varepsilon_b$  – силовые деформации бетона от напряжений в бетоне  $\sigma_b$ ;  $\varepsilon_s$  – силовые деформации арматуры от напряжений в арматуре  $\sigma_s$ . Связи " $\varepsilon_b - \sigma_b$ " и " $\varepsilon_s - \sigma_s$ " представляются диаграммами деформирования бетона и арматуры. Аналитическую зависимость для описания диаграмм деформирования по рекомендациям [1...3] принимаем в виде:

$$\varepsilon_m = \frac{\sigma_m}{E_m v_m}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_m$ ,  $\sigma_m$ ,  $E_m$  – соответственно относительные деформации, напряжения, начальные модули упругости;  $m$  – индекс материала ( для бетона  $m=b$  – при сжатии;  $m=bt$  – при растяжении; для арматуры  $m=s$ );  $v_m$  – коэффициент изменения текущего модуля, определяемый по формуле:

$$v_m = \hat{v}_m + (v_0 - \hat{v}_m) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - \omega_2 \eta^2}. \quad (2)$$

Здесь  $v_0$  – начальный коэффициент изменения текущего модуля  $E_m v_m$ ;  $\omega_1, \omega_2$  – коэффициенты, характеризующие полноту диаграммы материала, причем  $\omega_2 = 1 - \omega_1$ ;  $\hat{v}_m$  – значение коэффициента  $v_m$  в вершине диаграммы;  $\eta = \sigma_m / \hat{\sigma}_m$  – относительный

уровень напряжений; в исследованиях рассматривается только восходящая ветвь.

В формулах (1) и (2) при кратковременном одноосном нагружении бетона принимаются:

$$\hat{\sigma}_m = \hat{\sigma}_b, \hat{v}_m = \hat{v}_b = \frac{\hat{\sigma}_b}{\hat{\varepsilon}_b E_b}, \eta = \frac{\sigma_b}{\hat{\sigma}_b}, \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}_m = \hat{\sigma}_{bt}, \hat{v}_m = \hat{v}_{bt} = 0,6 + 0,15 \frac{\hat{\sigma}_{bt}}{2,5}, \quad (4)$$

$$\hat{\varepsilon}_{bt} = \frac{\hat{\sigma}_{bt}}{(E_b \hat{v}_{bt})}, \eta = \frac{\sigma_{bt}}{\hat{\sigma}_{bt}},$$

где формулы (3) используются при описании диаграмм бетона на сжатие, формулы (4) – на растяжение; для двух диаграмм:  $v_0=1, \omega_1=2 - 2,5\hat{v}_b$ .

Общие деформации бетона  $\varepsilon$  (или общие деформации элемента с учетом условия совместности деформаций арматуры и бетона) равны:

$$\varepsilon = \varepsilon_{sh} + \varepsilon_b = \varepsilon_{sh} + \frac{\sigma_b}{E_b v_b}, \quad (5)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s v_s}, \quad (6)$$

откуда:

$$\sigma_b = (\varepsilon - \varepsilon_{sh}) E_b v_b, \quad (7)$$

$$\sigma_s = \varepsilon E_s v_s. \quad (8)$$



Общие усилия, действующие на элемент, равны:

$$N = \sigma_b A_b + \sigma_s A_s, \quad (9)$$

или, учитывая (7) и (8), находим:

$$N = \varepsilon(E_b \nu_b A_b + E_s \nu_s A_s) - \varepsilon_{sh} E_b \nu_b A_b. \quad (10)$$

При производстве испытаний конструкций усадочные деформации и напряжения в бетоне и арматуре остаются вне поля зрения экспериментатора. Между тем, параметры от нагрузки суммируются с параметрами от усадки бетона, которые должны приниматься за нулевые отсчеты измеряемых величин. Общие деформации элемента  $\varepsilon = \varepsilon_0$  от усадки бетона, которые принимаются за начальные, определяются из уравнения (10) при  $N=0$ :

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_{sh} E_b \nu_b A_b}{E_b \nu_b A_b + E_s \nu_s A_s}. \quad (11)$$

Деформации от усадки  $\varepsilon_{sh}$ , которые являются максимальными для данного периода времени, определяются опытным путем или расчетами по известным методикам. В проведенных исследованиях деформации от усадки  $\varepsilon_{sh}$  измерялись опытным путем

на стандартных бетонных образцах призмах (без армирования) с размерами сечения  $15 \times 15$  см, длиной 60 см. После стабилизации значений усадочных деформаций на этих образцах определялись прочностные и деформационные характеристики бетона. При осевом сжатии: модуль деформаций бетона  $E_b$ , предельные значения напряжений  $\hat{\sigma}_b$ , предельные значения деформаций  $\hat{\varepsilon}_b$ . Предельные напряжения при осевом растяжении  $\hat{\sigma}_{bt}$  вычислялись по величине момента трещинообразования бетонных образцов призм. Опытные значения параметров бетона представлены в табл. 1. Одновременно с бетонными образцами изготавливались железобетонные образцы: образцы призмы, армированные центральным стержнем диаметрами 16, 20 мм из арматуры класса А400, и образцы - стойки прямоугольной формы сечения: высотой  $h=18$  см, шириной  $b=12$  см и длиной  $\ell=210$  см с арматурным каркасом, в котором продольная арматура включала четыре стержня диаметром 8, 10, 12 мм и поперечная арматура диаметром 5 мм. Бетонные и железобетонные образцы с однородными составами бетонной смеси, армированные, разделены на семь серий (табл. 1 – прочностные и деформационные характеристики бетона).

Т а б л и ц а 1

Образцы	№ серии	Параметры бетона						Армированные образцы
		$\hat{\sigma}_b$ , МПа	$\hat{\varepsilon}_b \cdot 10^5$	$E_b \cdot 10^{-3}$ , МПа	$\hat{\sigma}_{bt}$ , МПа	$\hat{\varepsilon}_{bt} \cdot 10^5$	$-\varepsilon_{sh} \cdot 10^5$	
Призмы	1	18,9	206	19,0	1,6	12,2	24	$\phi 16$
	2	29,3	200	23,0	1,76	11,0	37	$\phi 20$
	3	51,1	214	42,0	2,85	8,8	42	$\phi 20$
	4	48,3	209	37,5	2,64	8,5	39	$\phi 20$
Стойки	5							$4\phi 8$
	6	30,6	210	30,7	2,1	10,0	34	$4\phi 10$
	7							$4\phi 12$

Армированные образцы призмы каждой серии испытывались на центральное сжатие и растяжение, образцы стойки – только на центральное сжатие после окончания измерений усадочных деформаций в бетонных образцах. В процессе испытаний контролировалась нагрузка и осевые деформации образцов. При испытаниях образцов на растяжение нагрузка трещинообразования

$N_{ср}^{exp}$  и предельные осевые деформации образцов  $\hat{\varepsilon}_{bt}^{exp}$ , непосредственно перед образованием трещин, фиксировались приборами (табл. 2 – опытные и расчетные параметры деформирования железобетонных элементов при осевом растяжении). Методика испытаний образцов, установки и оборудование для испытаний представлены в работах [1...3].

№	$N_{срс}^{exp}$ , кН, ОПЫТ	$-\varepsilon_0 \cdot 10^5$	$\hat{\varepsilon}_{bt,sh} \cdot 10^5$	$\hat{\sigma}_{bt,sh}$ , МПа	$\hat{\varepsilon}_{\Delta bt} \cdot 10^5$	$\hat{\sigma}_{\Delta bt}$ , МПа	$N_{срс}$ , кН	$\hat{\varepsilon}_{\Delta bt}^{exp} \cdot 10^5$ , ОПЫТ	$\hat{\sigma}_{\Delta bt}^{exp}$ , МПа, ОПЫТ
1	32,5	21,9	1,9	0,32	10,3	1,28	32,8	10,0	1,2
2	25	33,4	3,5	0,79	7,4	0,97	26,0	8,0	1,6
3	48	39,7	2,1	0,76	6,7	1,92	48,5	7,0	1,9
4	45,5	36,6	2,2	0,71	6,3	1,79	46,0	6,0	1,9

По результатам испытаний армированных железобетонных образцов построены диаграммы на растяжение " $\varepsilon_{bt} - N$ " (рис. 1-а) и на сжатие " $\varepsilon_b - N$ " (рис. 2-б).

Рис. 1 – к построению диаграмм с учетом напряжений и деформаций от усадки бетона: а – опытные диаграммы деформирования железобетонных образцов на растяжение; б – к построению диаграмм бетона в

приращениях; в – диаграммы бетона с учетом деформаций и напряжений от усадки бетона: - - - расчет, - ··· - из опытных данных; рис. 2 – опытные и расчетные диаграммы на сжатие: а – бетонных образцов, б – железобетонных образцов; - ··· - опытные данные, - - - расчетные значения; 1,2,3,5,6,7 – номер образца в соответствии с табл. 1.

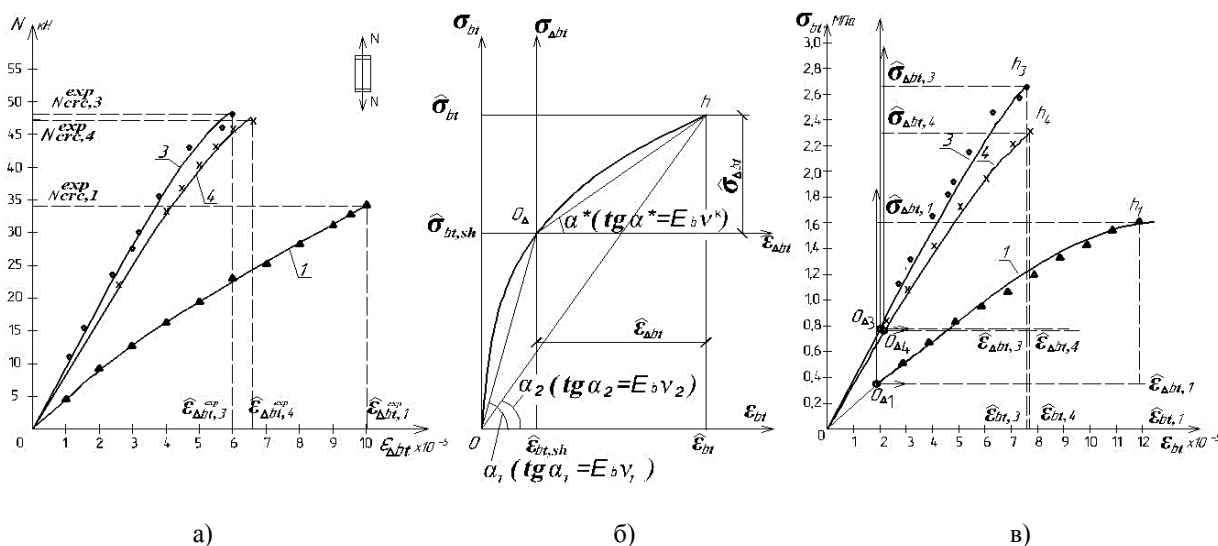


Рис. 1

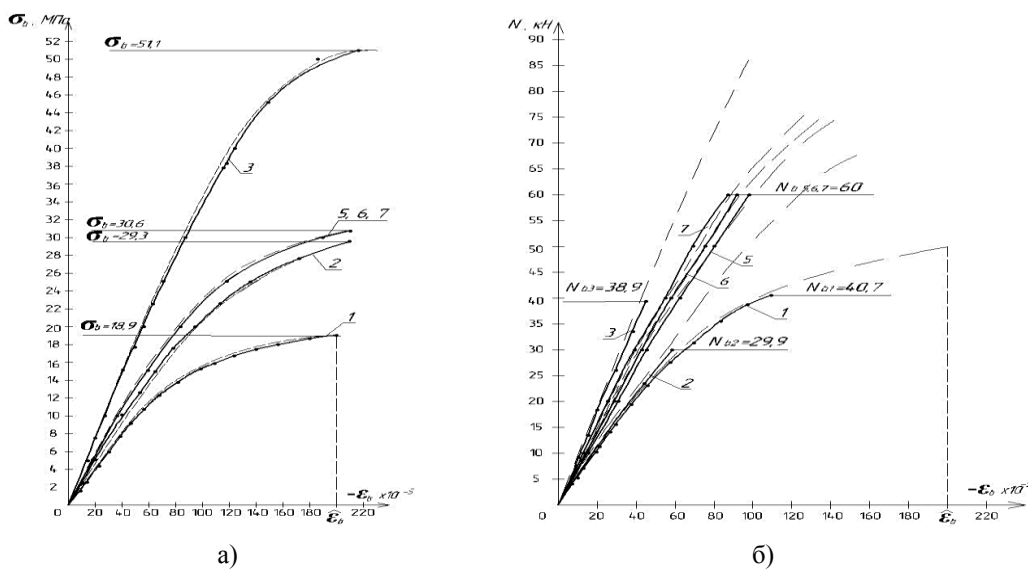


Рис. 2

По результатам испытаний бетонных образцов (без арматуры) построены диаграммы на растяжение " $\varepsilon_{bt} - \sigma_{bt}$ " (рис. 1-в), где  $\varepsilon_{bt} = \varepsilon - \varepsilon_{sh}$ , и на сжатие " $\varepsilon_b - \sigma_b$ " (рис. 2-а), где  $\varepsilon_b = \varepsilon - \varepsilon_{sh}$ . Вначале полагаем, что армирование не влияет на усадку и в армированных образцах величинам  $(\varepsilon - \varepsilon_{sh})$  соответствуют те же напряжения в бетоне, что и в неармированных. Напряжения в арматуре определяются по общим деформациям  $\varepsilon = \varepsilon_s$ . Подставляя опытные значения  $\sigma_{b,bt}$  и  $\sigma_s$  в уравнение (9), проверяем выполнение равенства правой части уравнения значениям усилий  $N$  в армированных образцах.

Расчет упрощается, если деформации и напряжения от нагрузки в виде конечных приращений  $\varepsilon_{\Delta bt}$  и  $\sigma_{\Delta bt}$  отсчитываются в новой системе координат. Начало новой системы координат, например, при растяжении, переносится относительно исходной на величину конечных значений силовых деформаций  $\hat{\varepsilon}_{bt,sh}$  и напряжений  $\hat{\sigma}_{bt,sh}$  от усадки бетона (из точки  $O$  в точку  $O_{\Delta}$ , рис. 1-б; из точки  $O$  в точки  $O_{\Delta 1}$ ,  $O_{\Delta 3}$ ,  $O_{\Delta 4}$ , рис. 1-в), значения (табл. 2) которых вычисляются по формулам:

$$\hat{\varepsilon}_{bt,sh} = k_{sh} (\varepsilon_0 - \varepsilon_{sh}), \quad (12)$$

$$\hat{\sigma}_{bt,sh} = \hat{\varepsilon}_{bt,sh} \hat{\nu}_{bt,sh} E_b, \quad (13)$$

где  $\varepsilon_0$  вычисляется по формуле (11),  $\varepsilon_{sh}$  подставляется со своим знаком,  $k_{sh} = 0,9$  – коэффициент, понижающий конечные значения деформаций от усадки с учетом интервала по времени от изготовления образцов до начала совместной работы бетона и арматуры.

Чем больше усадочные напряжения в бетоне, тем короче ветвь  $O_{\Delta}h$  и меньше усилие образования трещин  $N_{cr}$ . С ростом нагрузки  $N$  бетон и арматура деформируются совместно. Приращения деформаций  $\varepsilon_{\Delta bt}$  и  $\varepsilon_{\Delta s}$  равны приращениям деформаций железобетонного образца  $\varepsilon_{\Delta}$ . Этим деформациям на диаграммах соответствуют конкретные величины приращений напряжений  $\sigma_{\Delta bt}$  и  $\sigma_{\Delta s}$ . Связь между приращениями напряжений и деформаций записывается в виде:

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\sigma_{\Delta bt}}{E_b \nu^k} = \frac{\sigma_{\Delta s}}{E_s \nu_s}, \quad (14)$$

где  $\nu^k$  – условный коэффициент касательного модуля деформаций бетона ( $E_b \nu^k$ ), который выражается через коэффициент секущего модуля в начале и конце отсчета приращений (шага нагружения).

Определим значение коэффициента  $\nu^k = \hat{\nu}^k$ , когда деформации и напряжения увеличиваются от их усадочных величин (12) и (13) до предельных значений  $\hat{\varepsilon}_{bt}$  и  $\hat{\sigma}_{bt}$  (табл.1) в вершине  $h$  диаграммы. Переход от точки  $O_{\Delta}$  в точку  $h$  осуществляется по хорде  $O_{\Delta} \div h$ , при этом условный коэффициент касательного модуля  $\nu^k$  выражается через коэффициент секущего модуля в начале  $\nu_1$  (точке  $O_{\Delta}$ ) и конце  $\nu_2$  (точке  $h$ ) шага нагружения по методике конечных приращений [9]:

$$\hat{\nu}^k = \frac{\hat{\varepsilon}_{bt} \nu_2 - \hat{\varepsilon}_{bt,sh} \nu_1}{\hat{\varepsilon}_{\Delta bt}}, \quad (15)$$

где  $\nu_1$  и  $\nu_2$  вычисляются по формулам (2) и (4),  $\hat{\varepsilon}_{\Delta bt} = \hat{\varepsilon}_{bt} - \hat{\varepsilon}_{bt,sh}$ .

В приращениях уравнение (9) для общих усилий принимает вид:

$$N = \varepsilon_{\Delta} (E_b \nu^k A_b + E_s \nu_s A_s). \quad (16)$$

При подстановке в уравнение (16) параметров диаграмм бетона и арматуры вычисляем  $N$ , и при соответствующих  $\varepsilon_{\Delta} = \varepsilon_{\Delta bt}$  строится диаграмма " $\varepsilon_{\Delta bt} - N$ ", которая удовлетворительно описывает опытные данные (рис. 1-а). При  $\varepsilon_{\Delta} = \hat{\varepsilon}_{\Delta bt}$  и  $\nu^k = \hat{\nu}^k$  из уравнения (16) получаем значение усилия трещинообразования  $N = N_{cr}$ , при котором в образце образуются поперечные трещины. Расчетные значения усилий трещинообразования  $N_{cr}$ , вычисленные с учетом усадочных напряжений и деформаций, незначительно отличаются от их опытных значений  $N_{cr}^{exp}$  (табл. 2). Опытные значения предельных деформаций  $\hat{\varepsilon}_{\Delta bt}^{exp}$  непосредственно перед образованием в бетоне железобетонных элементов поперечных трещин соответствуют их расчетным значениям  $\hat{\varepsilon}_{\Delta bt}$  (табл. 2). Следовательно, в расчетах железобетонных конструкций на растяжение можно принять, что усадка не зависит от армирования и ранее принятые предпо-

сылки оказались верными. При осевом сжатии деформации и напряжения от усадки составляют около 1% от предельных значений, поэтому в расчетах и построениях их можно не учитывать (рис. 2), хотя эффективность бетона от усадки возрастает. При растяжении усилие трещинообразования в бетоне за счет усадочных напряжений значительно уменьшается, что необходимо учитывать в расчетах железобетонных конструкций [7], [8].

## ВЫВОДЫ

При твердении в естественных условиях бетоны подвержены усадке. В железобетонных элементах в арматуре и бетоне формируются силовые деформации и напряжения от усадки бетона, которые суммируются с их значениями от внешних нагрузок. Если в расчетах железобетонных элементов на сжатие усадку в силу ее незначительного влияния можно не учитывать, то в расчетах на растяжение без учета усадки усилия трещинообразования могут оказаться завышенными на 25...30%, поэтому этот фактор необходимо учитывать в диаграммной методике расчета конструкций по представленным выше зависимостям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ерышев В.А., Тошин Д.С. Диаграмма деформирования бетона при многократных повторных нагружениях // Изв. вузов. Строительство. – 2005, №10. С. 109...114.
2. Ерышев В.А., Латышев Д.И., Тошин Д.С. Методика расчета деформаций изгибаемого железобетонного элемента при разгрузке // Изв. Орловского гос. тех. ун-та. – 2009, №2. С. 6...13.
3. Ерышев В.А., Латышев Д.И., Бондаренко А.С. К методике описания диаграммы малоциклового нагружения // Изв. Орловского гос. тех. ун-та. – 2009, № 1. С. 22...28.
4. Ерышев В.А., Бондаренко А.С., Царев С. Влияние усадки бетона на деформирование железобетонных конструкций // Вектор науки Тольяттинского гос. ун-та. – 2011, №4(18). С. 52...55.
5. Ерышев В.А., Латышева Е.В., Бондаренко А.С. Усадочные деформации в бетонных и железобетонных элементах // Изв. Казанского гос. арх.-строит. ун-та. – 2012, №4(22). С. 97...102.
6. Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В., Бондаренко А.С. Деформации железобетонного элемента с учетом усадочных деформаций // Вестник Волгоградского гос. арх.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2013, № 31(50). – Ч. 2.

Строительные науки. – С. 344...358.

7. Ерышев В.А., Латышева Е.В., Ключников С.В., Седина Н.С. К построению диаграмм циклического нагружения бетона при одноосном сжатии // Изв. Казанского гос. арх.-строит. ун-та. – 2013, №1(23). 104...109.

8. Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V. Stress-strain Diagrams of Concrete Under Repeated Loads with Compressive Stresses // Procedia Engineering. – Vol. 111, 2015. P. 371...377.

9. Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В. К построению диаграмм деформирования бетона повторными нагрузками сжатия при постоянных уровнях напряжений // Строительные материалы. – 2013, №6. С. 48...52.

## REFERENCES

1. Eryshev V.A., Toshin D.S. Diagramma deformirovaniya betona pri nemnogokratnyh povtornyh nagruzeniyah // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2005, №10. S. 109...114.
2. Eryshev V.A., Latyshev D.I., Toshin D.S. Metodika rascheta deformacij izgibaemogo zhelezobetonogo jelementa pri razgruzke // Izv. Orlovskogo gos. teh. un-ta. – 2009, №2. S. 6...13.
3. Eryshev V.A., Latyshev D.I., Bondarenko A.S. K metodike opisanija diagrammy malociklovogo nagruzenija // Izv. Orlovskogo gos. teh. un-ta. – 2009, № 1. S. 22...28.
4. Eryshev V.A., Bondarenko A.S., Carev S. Vliyanie usadki betona na deformirovanie zhelezobetonnyh konstrukcij // Vektor nauki Tol'jattinskogo gos. un-ta. – 2011, №4(18). S. 52...55.
5. Eryshev V.A., Latysheva E.V., Bondarenko A.S. Usadochnye deformacii v betonnyh i zhelezobetonnyh jelementah // Izv. Kazanskogo gos. arh.-stroit. un-ta. – 2012, №4(22). S. 97...102.
6. Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V., Bondarenko A.S. Deformacii zhelezobetonogo jelementa s uchetom usadochnykh deformacij // Vestnik Volgogradskogo gos. arh.-stroit. un-ta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2013, № 31(50). – Ch. 2. Stroitel'nye nauki. – S. 344...358.
7. Eryshev V.A., Latysheva E.V., Kljuchnikov S.V., Sedina N.S. K postroeniju diagramm ciklicheskogo nagruzenija betona pri jednoosnom szhatii // Izv. Kazanskogo gos. arh.-stroit. un-ta. – 2013, №1(23). 104...109.
8. Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V. Stress-strain Diagrams of Concrete Under Repeated Loads with Compressive Stresses // Procedia Engineering. – Vol. 111, 2015. P. 371...377.
9. Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V. K postroeniju diagramm deformirovaniya betona povtornymi nagruzkami szhatija pri postojannyh urovnjah naprjazhenij // Stroitel'nye materialy. – 2013, №6. S.48...52.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

**РАБОТА ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ****BEHAVIOR OF THE CENTRALLY-STRETCHED REINFORCED CONCRETE  
ELEMENTS AT NEGATIVE TEMPERATURE**

*А.Д. ИСТОМИН*  
A.D. ISTOMIN

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research University Moscow State University of Civil Engineering)  
E-mail: nauka.07@mail.ru

*Строительство зданий и сооружений различного назначения из железобетона в условиях холодного климата требует решения задач по обеспечению долговечности и надежности железобетонных конструкций. Конструкции должны быть рассчитаны как в нормальных условиях, так и при отрицательной температуре. С целью выявления особенностей работы центрально-растянутых железобетонных элементов при понижении температуры до  $-70^{\circ}\text{C}$  проведены экспериментальные исследования, результаты которых по прочности и деформативности представлены в статье.*

*Construction of buildings and constructions of the different setting from the reinforced concrete in the conditions of cold climate requires the decision of tasks on providing of longevity and reliability of reinforce-concrete constructions. Constructions must be expected as in normal terms, so at a negative temperature. With the purpose of exposure of features of the centrally-stretched reinforce-concrete elements at a drop in a temperature to  $-70^{\circ}\text{C}$  conducted experimental research, the separate results of that on durability and deformability are presented in the article.*

**Ключевые слова:** железобетон, отрицательная температура, влажность, деформации, прочность, модуль упругости, растяжение, трещины, усилия.

**Keywords:** reinforced concrete, negative temperature, humidity, deformations, durability, module of resiliency, tension, cracks, efforts.

Объем строительства зданий и сооружений различного назначения из железобетона в условиях холодного климата Российской Федерации постоянно растет. Это, в свою очередь, требует решения задач по обеспечению долговечности и надежности железобетонных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в сложных климатических условиях [1...3]. В отличие от обычных расчет таких конструкций должен быть произведен в нормальных условиях, при отрицательной температуре и при циклических замораживании-оттаиваниях, возникающих в течение всего жизненного цикла сооружения. В связи с этим проведены экспериментальные исследова-

ния центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательных температурах (до  $-70^{\circ}\text{C}$ ).

Опытные железобетонные образцы представляли собой призматические стержни прямоугольного сечения с размерами  $12 \times 18$  см и длиной 80 см. Образцы армировались четырьмя арматурными стержнями периодического профиля  $\text{Ø}10$  мм класса А400. Процент продольного армирования составлял  $\mu = 1,45\%$ . По торцам элемента устанавливались закладные детали, к которым приваривались проушины шарнирных опор. Толщина защитного слоя рабочей арматуры была принята 25 мм.

Методика испытаний железобетонных образцов заключалась в следующем. Образец, помещенный в силовую установку при температуре +15°C, замораживался до необходимой температуры. Затем образец растягивался двумя гидравлическими домкратами. Растягивающее усилие прикладывалось ступенями, равными  $0,1N_{ult}$ . Перемещения измерялись с помощью четы-

рех индикаторов, установленных на арматуре, на базе 400 мм. Испытания проводили в термобарокамере ТВВ-8000 с рабочим объемом 8 м<sup>3</sup>.

Результаты опытов по определению свободных температурных деформаций бетона, арматуры и железобетона представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вид материала	Температурные деформации $\varepsilon \cdot 10^5$ при температуре, °С					
	15	0	-20	-30	-50	-70
Бетон, W = 5,25%	0	-12	-28	-35	-51	-56
Арматура класса А400	0	-18	-42	-54	-78	-102
Железобетонные стержни	0	-12	-29	-37,5	-54	-62

Из табл. 1 видно, что деформации арматуры в железобетонном стержне с симметричным армированием меньше свободных деформаций арматуры. При этом в арматуре возникают растягивающие напряже-

ния, равные:

$$\sigma_{s,\alpha} = E_{s,T}(\varepsilon_{s,T} - \varepsilon_{b,T}). \quad (1)$$

Деформативно-прочностные характеристики бетона представлены в табл. 2 (результаты испытаний бетона).

Т а б л и ц а 2

T, °С	W, %	$R_{bt}$ , МПа	$\frac{R_{bt}}{R_{bt,15}}$	$E_{bt} \cdot 10^{-3}$ , МПа	$\frac{E_{bt}}{E_{bt,15}}$	$\varepsilon_{bt} \cdot 10^5$	$\frac{\varepsilon_{bt}}{\varepsilon_{bt,15}}$
15	5,25	1,3	1,0	22,3	1,0	8,0	1,0
-50	5,25	2,64	2,03	30,1	1,35	14	1,75
-70	5,25	2,99	2,3	32,3	1,45	17,0	2,1

Известно, что прочность бетона на растяжение, а также его модуль упругости возрастают с понижением температуры [3]. Повышение этих показателей при замораживании железобетонных конструкций учитывают с помощью соответствующих коэффициентов условий работы и реологических параметров бетона [4...6].

Коэффициенты условий работы для прочности бетона при растяжении и для его начального модуля упругости, на основании анализа результатов испытаний, реко-

мендуется определять соответственно по формулам:

$$\gamma_{b,t} = 1 + n_{bt} 0,75(1 - e^{0,06T}), \quad (2)$$

$$\gamma_{b,E} = 1 + n_E 0,75(1 - e^{0,015T}), \quad (3)$$

где  $n_{bt}$ ,  $n_E$  – эмпирические коэффициенты; T – температура конструкции.

Значения соответствующих коэффициентов, входящих в формулы (2), (3), представлены в табл. 3 (значения коэффициентов  $n_{bt}$ ,  $n_E$ ).

Т а б л и ц а 3

Коэффициенты	Влажность бетона		
	W < 4,0%	4,0% ≤ W ≤ 6,0%	W > 6,0%
$n_{bt}$	0,5	2	2,5
$n_E$	0,3	0,9	1,2

В работах [7], [8] на основании результатов исследований свойств арматурных сталей при изменении температуры до  $-196^{\circ}\text{C}$  даны рекомендации по определению характеристик сталей.

Так, предел текучести арматуры предлагается определять по формуле:

$$R_{s,T} = R_s + 9,53 \cdot 10^{-3} (20 - T)^2, \quad (4)$$

где  $R_s$  – прочность арматурной стали в нормальных условиях;  $T$  – температура замораживания.

Модуль упругости стали, в условиях отрицательных температур, вычисляется по формуле:

$$E_{s,T} = E_s \left[ 1 + 9,3 \cdot 10^{-4} (20 - T) \right], \quad (5)$$

где  $E_s$  – модуль упругости арматуры в нормальных условиях.

Результаты испытаний образцов арматурной стали класса А400 опытных железобетонных элементов представлены в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Температура $T$ , $^{\circ}\text{C}$	$E_s \cdot 10^{-5}$ , МПа	$\frac{E_{s,T}}{E_s}$	$R_s$ , МПа	$\frac{R_{s,T}}{R_s^{+15}}$
+15	2,0	1,0	433	1,0
-50	2,10	1,05	475	1,1
-70	2,17	1,08	510	1,18

На рис. 1 (средние деформации арматуры центрально-растянутых элементов) и в табл. 5 (результаты испытаний железобетонных стержней) представлены опытные данные испытанных центрально-растянутых элементов при различных температурах.

Полученные данные опытов показывают, что температура замораживания и влажность бетона оказывают существенное влияние на напряженно-деформированное состояние центрально-растянутых железобетонных элементов. Понижение температуры до  $-70^{\circ}\text{C}$  приводит к увеличению усилия трещинообразования на 162%, прочности – на 22%. Ширина раскрытия трещин

при уровне нагружения  $0,65 N_{ult}$  увеличивается на 110%.

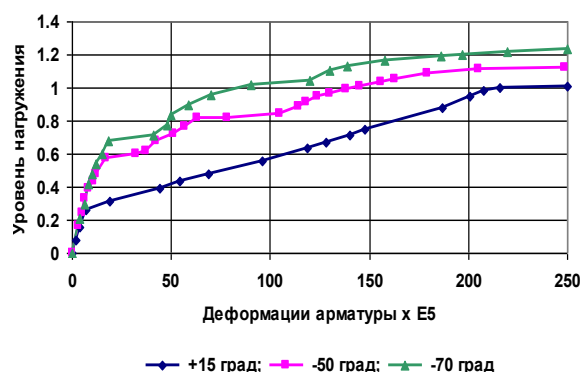


Рис. 1

Т а б л и ц а 5

$T$ , $^{\circ}\text{C}$	$N_{crc}^{exp}$ , кН	$\frac{N_{crc,T}^{exp}}{N_{crc,+15}^{cal}}$	$N_{ult}^{exp}$ , кН	$\frac{N_{ult,T}^{exp}}{N_{ult,+15}^{cal}}$	$a_{crc}^{exp}$ , мм	$\frac{a_{crc,T}^{exp}}{a_{crc,+15}^{cal}}$
15	36,0	1,0	137,91	1,0	0,10	1,0
-50	79,5	2,21	152,88	1,11	0,12	1,2
-70	94,2	2,62	168,25	1,22	0,21	2,1

## ВЫВОДЫ

1. Усилие трещинообразования и прочности центрально-растянутых элементов

необходимо производить с учетом изменения деформативно-прочностных свойств бетона и арматуры, в зависимости от температуры замораживания.

2. При определении усилия трещинообразования в центрально-растянутых элементах необходимо учитывать усилие, возникающее из-за разности температурных деформаций бетона и арматуры.

3. Ширина раскрытия трещин при эксплуатационном уровне нагружения увеличивается в 2,1 раза при понижении температуры до  $-70^{\circ}\text{C}$ .

4. Понижение температуры до  $-70^{\circ}\text{C}$  приводит к увеличению усилия трещинообразования в 2,6 раза, прочности в 1,22 раза центрально-растянутых элементов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон: проблемы и перспективы // Промышленное и гражданское строительство. – 2014, №8. С.30...33.

2. Алмазов В.О., Истомин А.Д. Влияние способа водонасыщения на температурные деформации бетона при замораживании // Воздействия внешних факторов на гидротехнические сооружения. – 1986. С.162...169.

3. Москвин В.М., Капкин М.М., Савицкий А.Н., Ярмаковский В.Н. Бетон для строительства в суровых климатических условиях. – Л.: Стройиздат, 1973.

4. Алмазов В.О., Истомин А.Д. Температурные усилия в железобетонных конструкциях морских гидротехнических сооружений // Морские нефтегазопромысловые сооружения. – 1989. С.104...110.

5. Милованов А.Ф., Самойленко В.Н. Учет воздействия низких температур при расчете конструкций // Бетон и железобетон. – 1980, №3. С.25...26.

6. Тамразян А.Г. К расчету изгибаемых железобетонных элементов с учетом изменения реологического параметра бетона // В сб. мат. Междунар. конф.: Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений. – 1997. С. 218...222.

7. Мешков В.З. Особенности работы стержневой горячекатаной арматуры в железобетонных конструкциях при низких температурах: Дис...канд. техн. наук. – 1975.

8. Baca M., Rybak J., Tamrazyan A.G., Zyrek T. Pile foot capacity testing in various cases of pile shaft displacement. 16th International multidisciplinary scientific geoconference, (sgem 2016): science and technologies in geology, exploration and mining, Vol I: International Multidisciplinary Scientific GeoConference-Sgem. – Albena, Bulgaria, 2016. P. 945...950.

#### REFERENCES

1. Tamrazjan A.G. Beton i zhelezobeton: problemy i perspektivy // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014, №8. S.30...33.

2. Almazov V.O., Istomin A.D. Vlijanie sposoba vodonasyshtenija na temperaturnye deformacii betona pri zamorazhivanii // Vozdejstvija vneshnih faktorov na gidrotehnicheskie sooruzhenija. – 1986. S.162...169.

3. Moskvina V.M., Kapkin M.M., Savickij A.N., Jarmakovskij V.N. Beton dlja stroitel'stva v surovyh klimaticeskikh uslovijah. – L.: Strojizdat, 1973..

4. Almazov V.O., Istomin A.D. Temperaturnye usilija v zhelezobetonnyh konstrukcijah morskikh gidrotehniceskikh sooruzhenij // Morskie neftegazopromyslovye sooruzhenija. – 1989. S.104...110.

5. Milovanov A.F., Samojlenko V.N. Uchet vozdejstvija nizkih temperatur pri raschete konstrukcij. // Beton i zhelezobeton. – 1980, №3. S.25...26.

6. Tamrazjan A.G. K raschetu izgibaemyh zhelezobetonnyh jelementov s uchetom izmenenija reologiceskogo parametra betona // V sb. mat. Mezhdunar. konf.: Promyshlennost' strojmaterialov i strojindustrija, jenergo- i resursosberezhenie v uslovijah rynochnyh odnoszenij. – 1997. S. 218...222.

7. Meshkov V.Z. Osobennosti raboty sterzhnevoj gorjachekatanoj armatury v zhelezobetonnyh konstrukcijah pri nizkih temperaturah: Dis...kand. tehn. nauk. – 1975.

8. Baca M., Rybak J., Tamrazyan A.G., Zyrek T. Pile foot capacity testing in various cases of pile shaft displacement. 16th International multidisciplinary scientific geoconference, (sgem 2016): science and technologies in geology, exploration and mining, Vol I: International Multidisciplinary Scientific GeoConference-Sgem. – Albena, Bulgaria, 2016. P.945...950.

Рекомендована Ученым советом МГСУ. Поступила 18.04.17.



**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СЕЙСМОУСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЯДЕР ЖЕСТКОСТИ  
СИСТЕМОЙ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ УГЛЕВОЛОКНА**

**EXPERIMENTAL STUDY OF SEISMIC REINFORCEMENT  
OF THE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION  
BY EXTERNALLY BONDED FRP SYSTEMS**

*Г.П. ТОНКИХ, А.В. ГЛАГОЛЕВ, Р.А. БУЗИН, И.А. ПАВЛЕНКО, П.В. ОСИПОВ  
G.P. TONKIKH, A.V. GLAGOLEV, R.A. BUZIN, I.A. PAVLENKO, P.V. OSIPOV*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
ООО "Нанотехнологический центр композитов")  
(Moscow State University of Civil Engineering, Nanotechnology Center of Composites)  
E-mail: 5059144@mail.ru, posipov@nccrussia.com

*Выполнены исследования влияния системы внешнего армирования композитными материалами на основе углеволокна на несущую способность конструкций ядер жесткости, выполненных из монолитного железобетона, при действии сейсмических нагрузок. Определен механизм работы усиленных образцов и выявлены основные конструктивные требования, позволяющие повысить сейсмостойкость. Представлена модель расчета несущей способности железобетонной конструкции ядра жесткости, усиленного композитными материалами на основе углеволокна.*

*Investigated the influence of the external reinforcement system by composite materials based on carbon fibers on the carrying capacity of stiffening cores construction made from reinforced concrete under seismic loading. Defined the mechanism of working of the reinforced samples and identified basic construction requirements, which helps increase seismic stability. There is a model of calculation of the bearing capacity of reinforced concrete stiffening cores reinforced composite materials.*

**Ключевые слова:** железобетон, сейсмоусиление, внешнее армирование, углеродные волокна.

**Keywords:** reinforced concrete, seismic reinforcement, external reinforcement, carbon fiber.

В настоящее время у нас в стране и за рубежом накоплен большой опыт применения композитных материалов на основе углеволокна с использованием свода правил [3], устанавливающим основные требования по проектированию усиления или восстановления железобетонных конструкций. В то же время вопросы, связанные со схемами и методами усиления композитными материалами при сейсмоусилении зданий и сооружений, проработаны не в полной мере. Кроме того, до конца не изучены безопасность восстанавливаемых зданий с изменяющейся конструктивной схемой несущих систем и физической нелинейностью

материалов [4...7]. В связи с этим целью данной работы является экспериментально-теоретическое исследование новых способов усиления железобетонных конструкций с использованием системы внешнего армирования на основе углеволокна с разработкой расчетной модели, позволяющей оценить несущую способность конструкций после усиления.

Выбор конструктивного решения опытных фрагментов зданий из монолитного железобетона основан на анализе результатов выполненной в 2011-2012 гг. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) работы по оценке фак-

тической сейсмостойкости более 2000 зданий и сооружений объектов МЧС России [10], расположенных в районах с сейсмичностью от 6 до 10 баллов. На основании проведенного анализа установлено, что сейсмостойкость большинства зданий и сооружений, выполненных из монолитного железобетона, каркасных и панельных конструкций, возводимых, в том числе из монолитного железобетона, обеспечивается в основном за счет ядер жесткости.

Для оценки влияния усиления системой внешнего армирования на основе углеволокна, в рамках данной работы, был принят опытный фрагмент, являющийся аналогом монолитного железобетонного ядра жесткости в виде лифтовой шахты или лестничной клетки в зданиях, возводимых в районах с сейсмичностью до 10 баллов. Всего были испытаны три фрагмента 2-этажных ядер жесткости, изготовленных в масштабе 1:3, из которых два фрагмента были усилены системой внешнего армирования из композитных материалов на основе углеволокна. Расчет и конструирование образцов выполняли с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР для сейсмической нагрузки 7 баллов. Варианты усиления разработаны в соответствии с рекомендациями [2], [8], [9].

Вертикальные несущие конструкции опытных фрагментов толщиной 60 мм, а также два перекрытия толщиной по 100 мм каждое выполнялись из монолитного бетона класса В25. Армирование опытных фрагментов осуществлялось двумя армосетками по внешней и внутренней граням конструк-

ций из арматуры класса А400 диаметром 6 мм, установленной с шагом 200 мм, согласно требованиям [3]. В стенах, перпендикулярных действию нагрузки, были выполнены по два проема на каждом этаже. Усиление опытного фрагмента № 2 выполнялось наклейкой двунаправленной сетки FibArm Grid HS 600/1000 со специальной пропиткой, с помощью ремонтного состава FibArm Repair FS по всей наружной поверхности, с обрезом сетки у основания образца. Фрагмент № 3 усиливался двунаправленными тканями FibArm Tape-450 также по всей поверхности образца. Нахлест сеток и тканей составлял не менее 200 мм. При усилении опытных фрагментов применяли углеродные анкерные жгуты FibArm Anchor, выведенные на внутренние грани конструкции через отверстия в образце и зафиксированные на клеевом составе.

Учитывая результаты испытаний второго фрагмента, в опытном фрагменте № 3 была дополнительно выполнена анкеровка наклеиваемого материала у основания, которая обеспечивалась с помощью железобетонного пояса высотой 200 мм. Армирование пояса выполнялось Г-образными выпусками арматуры, приваренными к швеллерам основания с шагом 150 мм и горизонтальными арматурными анкерами диаметром 8 мм, установленными в стены образца с шагом 150 мм (рис. 1 – схема анкеровки углеродного волокна опытных фрагментов №2 и №3). Крепление образцов к силовому полу испытательной установки осуществлялось сваркой, что обеспечивало жесткое заземление конструкции.

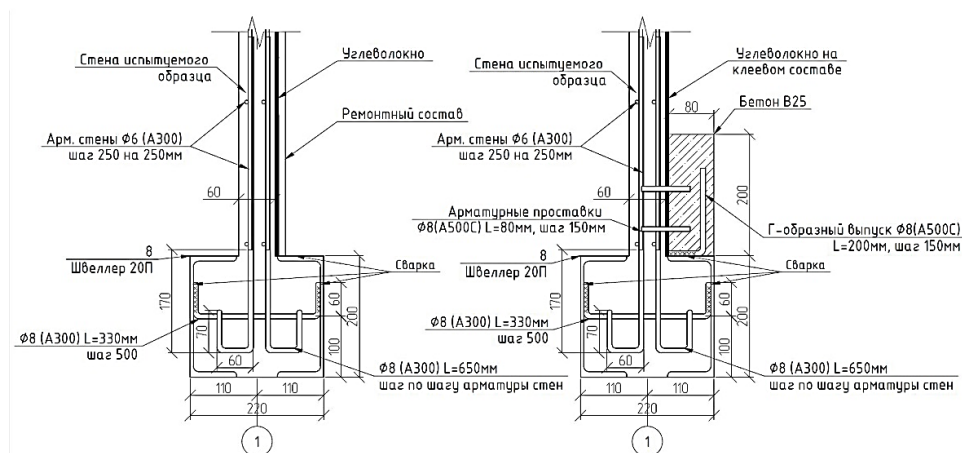


Рис. 1

Нагружение опытных фрагментов осуществляли горизонтальной нагрузкой, приложенной в уровне перекрытия первого этажа, моделирующей действие горизонтальной сейсмической нагрузки [1] на здание в реальных условиях. Нагружение осуществляли в испытательном стенде, представляющим собой силовую раму с гидроцилиндром, оснащенный индуктивным датчиком перемещения типа LVDT и датчиком силоизмерительным тензорезисторным (модель MTS/661.31F-01) ступенями по 10,0 кН. После достижения заданного уровня нагрузки на каждой ступени нагружения осуществлялась выдержка образца под нагрузкой до стабилизации показаний датчика перемещений гидроцилиндра, после чего производился осмотр образца для

фиксации трещин, а также записи показаний индикаторов перемещений в уровне приложения нагрузки и в верхних контрольных точках. Для определения перемещений контрольных точек в уровне приложения нагрузки применялись электронные индикаторы перемещений типа ИЦ (Micron) с диапазоном измерений 0...50 мм, с ценой деления 0,01 мм, с погрешностью измерений 0,03 мм. Для определения перемещений верхней части образца применяли электронный тахеометр Sokkia CX105. Маркировку контрольных точек выполняли в виде пленочных геодезических марок, обозначенных "Т1" и "Т2". Стрелкой с обозначением "ГЦ" указано место и направление приложения нагрузки (рис. 2 – схема испытаний. Общий вид испытаний).

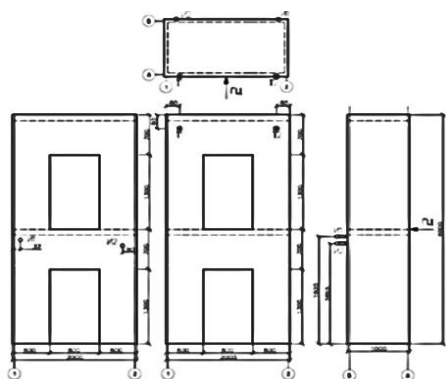


Рис. 2

Проведенные испытания показали, что разрушение первого опытного фрагмента без усиления сопровождалось образованием горизонтальных трещин по наружной грани стены фрагмента, перпендикулярной направлению нагрузки и наклонных трещин на стенах, параллельных направлению нагрузки в области нижней половины пер-

вого этажа. С ростом нагрузки происходило увеличение количества трещин, вплоть до разрушения, при нагрузке  $P=18,5$  т (рис. 3-а, характер разрушения опытного фрагмента №1). При данной нагрузке перемещения образца составили в средней части 34,0...37,0 мм и в верхней части 67,0...69,0 мм.

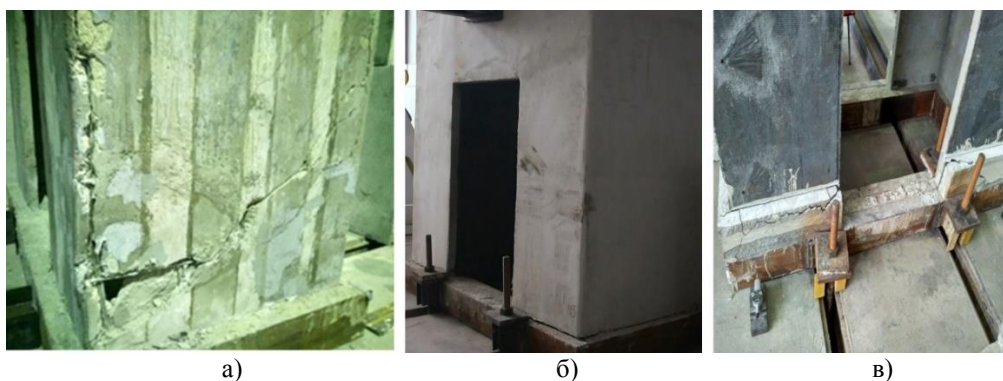


Рис. 3

При нагружении второго опытного фрагмента трещины начинали образовываться по наружной грани стены, перпендикулярной приложению нагрузки, и на стенах, параллельных приложению нагрузки. С ростом нагрузки наиболее интенсивно происходил рост трещины у основания фрагмента вдоль силового контура стены, перпендикулярной приложению нагрузки. Увеличение ширины раскрытия трещины у основания фрагмента и последующее разрушение фрагмента в данном сечении при нагрузке, равной  $P=15,0$  т, произошло из-за отсутствия усиления в зоне действия максимального изгибающего момента и соответственно снижения жесткости в данном сечении (рис. 3-б, характер разрушения опытного фрагмента №2). Кроме этого, внешнее армирование композитным материалом привело к резкому снижению количества трещин в стенах фрагмента и одновременно к концентрации напряжений в слабом, неусиленном сечении у основания. Перемещения усиленного фрагмента при разрушающей нагрузке не отличались от эталонного фрагмента и составили в средней части 34,0...35,0 мм и в верхней части 69,0 мм.

В процессе нагружения третьего фрагмента в зоне действия максимального изгибающего момента включается в работу дополнительный железобетонный пояс, который обеспечивает достаточное сцепление системы внешнего армирования с бетоном. Разрушение образца произошло в верхнем сечении дополнительного железобетонного пояса при нагрузке  $P=23,0$  т, что на 25% превышает несущую способность эталонного фрагмента (рис. 3-в, характер разрушения опытного фрагмента №3). При этом перемещения при разрушающей нагрузке составили в средней части 26,5...27,0 мм и в верхней части 62,0...65,0 мм, что свидетельствует о повышении общей жесткости образца при его усилении системой внешнего армирования.

Для расчетной оценки влияния усиления композитными материалами на основе углеволокна на несущую способность железобетонных ядер жесткости разработаны расчетные модели в программном комп-

лексе ЛИРА-САПР, позволяющие сопоставить теоретические расчеты с результатами проведенных испытаний.

В расчетных моделях усиление фрагментов учитывалось повышением процента армирования при задании жесткости конечных элементов. Процент армирования увеличивался пропорционально за счет усиления образца системой внешнего армирования углеволокном. При моделировании опытных фрагментов без анкерной системы внешнего армирования у основания (образец №2) повышалась жесткость всех конечных элементов, кроме ряда нижних конечных элементов. При моделировании фрагмента с анкерной системы внешнего армирования за счет устройства дополнительного железобетонного пояса (образец №3) была повышена жесткость всех конечных элементов. Изополя главных растягивающих напряжений и характер разрушения расчетных моделей показаны на рис. 4 (изополя напряжений опытных фрагментов №1, 2, 3 при нагрузке 18,5; 15 и 23 тонны соответственно).

В расчетной модели первого эталонного фрагмента после приложения фактической разрушающей нагрузки  $P=18,5$  т на стенах, параллельных горизонтальной нагрузке, образовалась область пластических шарниров, которая совпадает с областью образования трещин в образце при проведении испытаний (рис. 4-а – изополя напряжений и расчетный характер разрушения опытного фрагмента №1, кг·см<sup>2</sup>).

В расчетной модели второго опытного фрагмента при нагрузке  $P=15,0$  т пластические шарниры образовались в нижнем ряду конечных элементов стены, перпендикулярной горизонтальной нагрузке, что отражает фактическую картину разрушения фрагмента – по сечению без усиления у основания образца (рис. 4-б – изополя напряжений и расчетный характер разрушения опытного фрагмента №2, кг·см<sup>2</sup>). Важно отметить, что данная схема усиления, без анкерной системы внешнего армирования у основания, дала отрицательный эффект – разрушающая нагрузка оказалась меньше на 20%, чем у эталонного фрагмента.

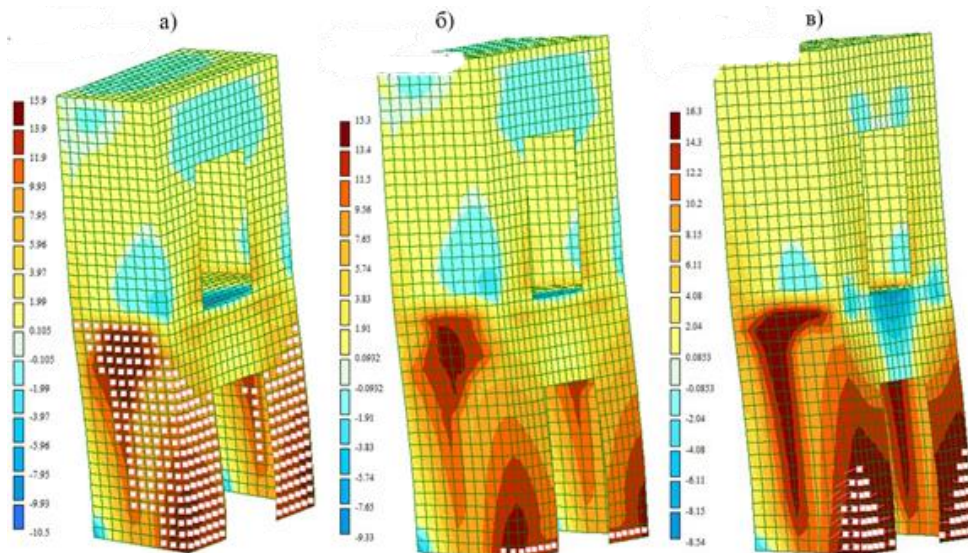


Рис. 4

В расчетной модели третьего опытного фрагмента с анкерной системой внешнего армирования у основания с помощью дополнительного железобетонного пояса характер возникновения пластических шарниров идентичен эталонному фрагменту. Однако область пластических шарниров значительно меньше, что может свидетельствовать о повышении несущей способности образца в целом (рис. 4-в – изополя напряжений и расчетный характер разрушения опытного фрагмента №3, кг·см<sup>2</sup>). Аналогичный эффект был получен и при проведении испытаний – фактическая разрушающая нагрузка составила  $P=23,0$  т, что оказалось выше на 25%, чем у эталонного фрагмента.

## ВЫВОДЫ

1. Разрушение эталонного опытного фрагмента ядра жесткости из монолитного железобетона при действии горизонтальной нагрузки произошло от среза железобетонного наклонного сечения боковых стен при горизонтальной нагрузке, равной 18,5 т.

2. Усиление опытного фрагмента двуправленными сетками FibArm Grid HS 600/1000 со специальной пропиткой на ремонтном составе FibArm Repair FS без обеспечения анкерной системы внешнего армирования у основания привело к снижению разрушающей нагрузки до  $P=15,0$  т.

Снижение вызвано отсутствием усиления в зоне действия максимального изгибающего момента, концентрации напряжений в слабом, не усиленном, сечении и соответственно снижением жесткости в данном сечении.

3. Усиление опытного фрагмента двуправленными тканями FibArm Tape - 450, наклеенными при помощи двухкомпонентного эпоксидного клея FibArm Resin 530+, совместно с устройством дополнительного железобетонного пояса высотой 200 мм, обеспечивающим анкерную систему внешнего армирования у основания фрагмента, привело к повышению разрушающей нагрузки до  $P=23,0$  т, что на 25% выше несущей способности эталонного фрагмента.

4. Предложенный алгоритм расчета монолитных ядер жесткости, за счет увеличения процента армирования, при усилении системой внешнего армирования на основе углеволокна с достаточной для практических расчетов точностью может проводиться с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР.

## ЛИТЕРАТУРА

- СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*.
- СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.

3. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменением №1).

4. Tamrazyan A., Filimonova E. Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions // Applied Mechanics and Materials. – V. 467, 2014. P.404...409.

5. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку // Строительство: наука и образование. – 2013, № 4. С.2.

6. Тамразян А.Г. Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений // Вестник МГСУ. – 2011, № 2-1. С. 77...83.

7. Забегаев А.В., Тамразян А.Г., Люблинский В.А., Арутюнян Р.Г. Безопасность восстанавливаемых зданий с изменяющейся конструктивной схемой несущих систем и физической нелинейностью материала // Бетон и железобетон. – 2000, № 1. С. 12...15.

8. Альбом конструктивных решений по сейсмическому усилению элементов железобетонных каркасных зданий композитными материалами FibARM на основе углеволокна. – М.: ХК "Композит", 2012.

9. СТО 2256-002–2011. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM для ремонта и усиления строительных конструкций. – М.: ХК "Композит", 2012.

10. Оценка сейсмостойкости зданий и сооружений МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГО ЧС (ФЦ), 2011.

2. SP 164.1325800.2014. Usilenie zhelezobetonnykh konstrukcij kompozitnymi materialami. Pravila proektirovaniya.

3. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 52-01-2003 (s Izmeneniem №1).

4. Tamrazyan A., Filimonova E. Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions // Applied Mechanics and Materials. – V. 467, 2014. P.404...409.

5. Tamrazjan A.G., Avetisjan L.A. Raschet vncen-trenno szhatyh zhelezobetonnyh jelementov na kratkovremennuju dinamicheskiju nagruzku // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie. – 2013, № 4. S.2.

6. Tamrazjan A.G. Rekomendacii k razrabotke trebovanij k zhivuchesti zdaniy i sooruzhenij // Vestnik MGSU. – 2011, № 2-1. S. 77...83.

7. Zabegaev A.V., Tamrazjan A.G., Ljublinskij V.A., Arutjunjan R.G. Bezopasnost' vosstanavlivaemyh zdaniy s izmenjajushhejsja konstruktivnoj shemoj nesushhih sistem i fizicheskoy nelinejnost'ju materiala // Beton i zhelezobeton. – 2000, № 1. S. 12...15.

8. Al'bom konstruktivnyh reshenij po sejsmousileniju jelementov zhelezobetonnyh karkasnyh zdaniy kompozitnymi materialami FibARM na osnove uglevolokna. – М.: НК "Композит", 2012.

9. СТО 2256-002–2011. Sistema vneshnego armirovaniya iz polimernyh kompozitov FibARM dlja remonta i usilenija stroitel'nyh konstrukcij. – М.: НК "Композит", 2012.

10. Ocenka sejsmostojkosti zdaniy i sooruzhenij MChS Rossii. – М.: FGBU VNII GO ChS (FC), 2011.

#### REFERENCES

1. SP 14.13330.2011. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah. Aktualizirovannaja redakcija SNiP II-7-81\*.

Рекомендована Ученым советом МГСУ. Поступила 10.04.17.

УДК 69.07

## МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ОСОБЫХ НАГРУЗОК

## FAILURE MECHANISM OF REINFORCED CONCRETE BEAMS ON THE INCLINED SECTIONS UNDER THE EMERGENCY LOADS

*В.И. ЖАРНИЦКИЙ, С.О. КУРНАВИНА*  
V.I. JARNYTSKY, S.O. KURNAVINA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)  
E-mail: KurnavinaSO@mgsu.ru

*Отношение поперечной силы в сжатой зоне бетона к продольному усилию в этой зоне является критерием механизма разрушения бетона над наклонной трещиной. Существуют граничные кривые, разделяющие зоны*

возможного разрушения от сжатия и от среза и определяемые на основе теории малых упругопластических деформаций. Для оценки механизма разрушения бетона сжатой зоны над трещиной в изгибаемых элементах и влияния на него различных факторов выполнены расчеты балок на статическую и динамическую нагрузку. Для экспериментальной проверки предложенных зависимостей проведены испытания консольных балок на действие статической и динамической нагрузки.

*The shear force to longitudinal force ratio in compressed zone of concrete is a convenient criterion, characterizing a destruction mechanism of concrete above the inclined crack. There are two border curves that divide zones of probable shear destruction of concrete and of probable failure due to compression. They are determined on the basis of the theory of small elasto-plastic deformations. In order to evaluate the failure mechanism of compressed concrete above the shear crack in bended elements and an influence of different factors on this mechanism the calculations of beams on static and dynamic loads were carried out. The experimental tests of cantilever beams were made in order to check the offered functions.*

**Ключевые слова:** наклонные трещины, механизм разрушения бетона сжатой зоны над трещиной, теория малых упругопластических деформаций.

**Keywords:** shear cracks, the failure mechanism of compressed concrete above the shear crack, the theory of small elastoplastic deformations.

Актуальной проблемой является изучение работы железобетонных конструкций по наклонным сечениям при воздействиях аварийного характера, характеризующихся развитием значительных пластических деформаций [1].

Сжатая зона бетона над наклонной трещиной находится в условиях плоского напряженного состояния, и возможны два механизма ее разрушения: от сжатия или от среза [2]. В первом случае разрушение изгибаемой конструкции происходит постепенно вследствие последовательного разрушения от сжатия каждого слоя по высоте сечения, начиная от сжатой грани. Во втором случае разрушение происходит мгновенно, при этом предельное состояние достигается во всех точках по высоте сечения.

В каждом слое по высоте сечения действует нормальное и касательное напряжение. Предельные напряжения в любой точке связаны между собой кривой прочности и зависят от граничных условий [3]. Для определения напряженно-деформированного состояния в бетоне сжатой зоны использовалась теория малых упругопластических деформаций [4]. Согласно этой теории интенсивность напряжений является функцией от интенсивности деформаций:

$$\sigma_u = \Phi(\varepsilon_u). \quad (1)$$

Вид функции  $\Phi(\varepsilon)$  для каждой точки при сложном напряженном состоянии принимается таким же, как при простом.

Предполагается, что главные оси напряжений совпадают с главными осями деформаций. Пусть в точке сечения с координатой  $y$  главная ось напряжения  $\sigma_1$  образует с осью  $x$  угол  $\theta(y)$  (рис. 1 – ориентация главных осей).

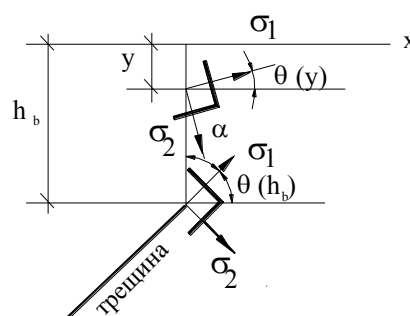


Рис. 1

Введем безразмерные величины, характеризующие напряжения  $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{R_b}$ ,  $\bar{\tau} = \frac{\tau}{R_b}$  и деформации  $\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{ub}}$ ,  $\bar{\gamma} = \frac{\gamma}{\varepsilon_{ub}}$ .

В этом случае справедливы уравнения:

$$\begin{cases} \bar{\sigma}_x = \frac{1}{2}(\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_2) + \frac{1}{2}(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_2)\cos(2\theta), \\ \bar{\sigma}_y = \frac{1}{2}(\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_2) - \frac{1}{2}(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_2)\cos(2\theta), \\ \bar{\tau}_{xy} = -\frac{1}{2}(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_2)\sin(2\theta), \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \bar{\varepsilon}_x = \frac{1}{2}(\bar{\varepsilon}_1 + \bar{\varepsilon}_2) + \frac{1}{2}(\bar{\varepsilon}_1 - \bar{\varepsilon}_2)\cos(2\theta), \\ \bar{\varepsilon}_y = \frac{1}{2}(\bar{\varepsilon}_1 + \bar{\varepsilon}_2) - \frac{1}{2}(\bar{\varepsilon}_1 - \bar{\varepsilon}_2)\cos(2\theta), \\ \bar{\gamma}_{xy} = -\frac{1}{2}(\bar{\varepsilon}_1 - \bar{\varepsilon}_2)\sin(2\theta), \end{cases} \quad (3)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2$  – главные напряжения (причем  $\sigma_1 > \sigma_2$ );  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – главные деформации;  $\gamma_{xy}, \tau_{xy}$  – деформация сдвига и касательное напряжение.

Зависимость между напряжениями и деформациями определяется теорией малых упругопластических деформаций для плоского напряженного состояния:

$$\begin{cases} (\sigma_1 - \sigma_2) = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \frac{2\sigma_u}{3\varepsilon_u}, \\ \tau_{xy} = \gamma_{xy} \frac{1}{3} \frac{\sigma_u}{\varepsilon_u}. \end{cases} \quad (4)$$

С учетом условия несжимаемости материала  $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$  можно получить зависимость между главными напряжениями и главными деформациями:

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = \left(\sigma_1 - \frac{\sigma_2}{2}\right) \frac{\varepsilon_u}{\sigma_u}, \\ \varepsilon_2 = \left(\sigma_2 - \frac{\sigma_1}{2}\right) \frac{\varepsilon_u}{\sigma_u}. \end{cases} \quad (5)$$

Чтобы однозначно описать напряженно-деформированное состояние точки, необхо-

димо принять геометрическую гипотезу, описывающую изменение деформаций  $\varepsilon_x(y)$  по высоте сечения, и зависимость  $\theta(y)$ , а также использовать кривую прочности бетона.

В данном исследовании кривая прочности была принята в форме, предложенной В.П. Митрофановым для плоского напряженного состояния в главных напряжениях [5]:

$$\sigma_1\sigma_2 + K(R_{bt}\sigma_1 - R_b\sigma_2 - R_{bt}R_b) = 0, \quad (6)$$

где  $K=4/3$ .

С целью получения деформаций в наклонном сечении использовалась гипотеза билинейных сечений. Для нормального сечения деформации в каждом волокне можно определить по формуле:

$$\begin{cases} \varepsilon_x(y) = \varepsilon_x(h_b) + A(h_b - y)\chi, & (0 \leq y \leq h_b), \\ \varepsilon_x(y) = (y - h_b)\chi, & (h_b < y \leq h), \end{cases} \quad (7)$$

где  $A$  – эмпирический коэффициент;  $\chi$  – кривизна. При  $A = 1$  гипотеза билинейных сечений переходит в известную гипотезу плоских сечений.

Так как над наклонной трещиной вдоль ее верхнего берега действуют сжимающие напряжения  $\sigma_1$ , и, следовательно, имеют место деформации  $\varepsilon_1$ , то в точке излома сечения  $y = h_b$  зависимость изменяется скачком (рис. 2 – гипотеза билинейных сечений).

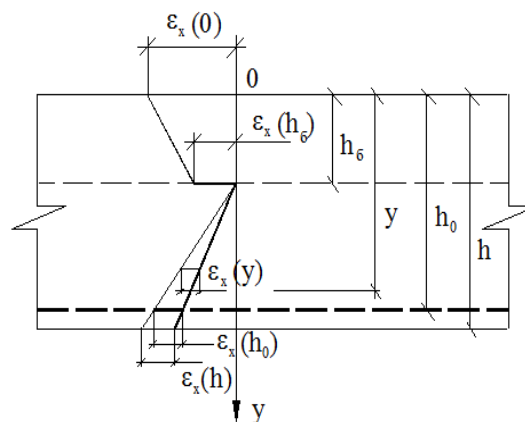


Рис. 2



В этой точке скачком меняются также напряжения  $\sigma_x(y)$ . Для ломаного сечения:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x(y) &= \varepsilon_x(h_b) + A(h_b - y)\chi, & (0 \leq y \leq h_b), \\ \varepsilon_x(y) &= (y - h_b)\chi, & (h_b < y \leq h). \end{aligned} \quad (8)$$

Рассмотрены четыре варианта очертания кривой  $\theta(y)$ , удовлетворяющие условиям  $\theta(0) = 0$ ,  $\theta(h_b) = \theta_{\max} = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$ . Результаты расчетов показали, что при всех рассмотренных зависимостях  $\theta(y)$  сохраняется качественная картина работы сечения, что позволяет считать достаточно надежными полученные теоретические результаты.

Удобной общей характеристикой механизма разрушения сжатой зоны является отношение предельных усилий  $Q^{np}/N^{np}$  [5], где:

$$\begin{cases} Q^{np} = \int_0^{h_b} b\tau_{xy}(y) dy, \\ N^{np} = \int_0^{h_b} b\sigma_x(y) dy. \end{cases} \quad (9)$$

Если точка, соответствующая отношению  $Q_b/N_b$ , лежит выше прямой, описываемой зависимостью

$$\frac{Q^{np}}{N^{np}} = 1,3 \frac{\theta_{\max}}{\pi}, \quad (10)$$

то разрушение может происходить только от среза. Если эта точка лежит ниже прямой, описываемой зависимостью

$$\frac{Q^{np}}{N^{np}} = 1,1 \frac{\theta_{\max}}{\pi}, \quad (11)$$

то разрушение может происходить только от сжатия. В промежутке между предельными кривыми разрушение возможно как от сжатия, так и от среза.

Для определения возможного механизма разрушения изгибаемого элемента в процессе нагружения написана программа,

и проведен расчет балок на действие квазистатических и динамических нагрузок.

Рассматривалась дискретная модель, состоящая из элементов в форме трапеций, образованных полем трещин, угол наклона которых подчиняется определенным закономерностям. Предполагалось, что трещина может распространяться из любой точки по пролету изгибаемого элемента. Расчетному направлению трещины соответствует минимум внешней нагрузки, необходимой для раскрытия трещины, которая выражается из уравнения сохранения энергии и варьируется по углу наклона трещины к горизонтали  $\alpha$ .

Усилия в бетоне над трещиной вычислялись путем интегрирования напряжений по высоте сечения:

$$N_{b1,i} = \int_0^h \sigma_{b1}(y) b dy. \quad (12)$$

Поперечная сила в бетоне сжатой зоны наклонного сечения  $Q_{b1}$  определялась из условия равенства нулю проекций всех сил в сечении на продольную ось  $\Sigma x = 0$ :

$$N_{sc1,i} + N_{b1,i} \cos \alpha_i + Q_{b1,i} \sin \alpha_i - N_{s,i} = 0, \quad (13)$$

где  $N_s$  и  $N_{sc}$  – соответственно усилия в растянутой и сжатой продольной арматуре.

Усилия в бетоне сжатой зоны вычислялись из условия равновесия треугольного элемента над трещиной, образованного наклонным и вертикальным сечением, проходящим через ее вершину:

$$\begin{cases} N_{b,i} = N_{b1,i} \cos \alpha_i + Q_{b1,i} \sin \alpha_i, \\ Q_{b,i} = q_i h_{cr} \operatorname{tg} \alpha_i - N_{b1,i} \sin \alpha_i + Q_{b1,i} \cos \alpha_i - m_i \ddot{y}_i, \end{cases} \quad (14)$$

где  $N_b$  и  $Q_b$  – усилия в бетоне в вертикальном сечении над трещиной.

Для экспериментальной проверки предложенных зависимостей испытано 20 образцов консольных балок на действие статической и 14 образцов на действие ударной сосредоточенной силы [6]. На рис. 3 (положение экспериментальных точек в

осях  $Q_b / N_b - \theta_{\max}$ ; статические испытания) и рис. 4 (положение экспериментальных точек в осях  $Q_b / N_b - \theta_{\max}$ ; динамические испытания) представлены результаты статических и динамических испытаний. Черные точки на графике соответствуют разруше-

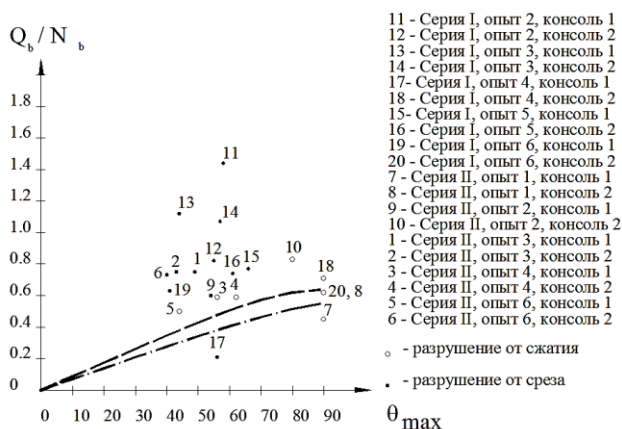


Рис. 3

нию опытного образца от среза, а белые – разрушению от сжатия. Угол разворота главных площадок на графике определялся как  $\theta_{\max} = \frac{\pi}{2} - \alpha$ .

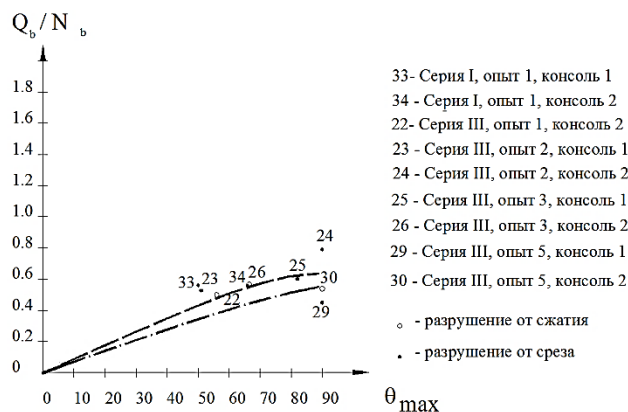


Рис. 4

## ВЫВОДЫ

1. По окончании формирования трещины отношение  $Q_b / N_b$  остается постоянным в процессе нагружения при действии квазистатических нагрузок или колеблется около постоянного положения при действии динамических нагрузок вплоть до начала текучести в растянутой арматуре. Рассматривались балки с различными параметрами и различные законы изменения нагрузки во времени. Во всех случаях общий вид зависимости  $Q_b / N_b$  аналогичен. Этот критерий дает возможность определить возможный механизм разрушения бетона сжатой зоны.

2. После начала текучести в арматуре  $Q_b$  и  $N_b$  практически остаются постоянными до начала разгрузки при любой зависимости нагрузки от времени. Исходя из этого, можно сделать вывод о невозможности разрушения бетона сжатой зоны от среза после начала текучести в арматуре.

3. Увеличение количества поперечной арматуры снижает отношение  $Q_b / N_b$  при больших углах наклона трещины. При малых углах поперечная арматура практически не оказывает влияния на механизм разрушения.

4. Значения коэффициента  $A$  гипотезы билинейных сечений для условий эксперимента (консоли с отношением длины к высоте  $l/h = 0.8 \dots 2$ ) можно принять равными 2, в том числе и для нормальных сечений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мирсаяпов И.Т., Тамразян А.Г. К разработке научных основ теории выносливости железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. – 2017, № 1. С. 50...56.
2. Залесов А.С., Климов О.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. – Киев: Будивэльнык, 1989.
3. Tamrazyan A., Filimonova E. Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions // Applied Mechanics and Materials. – V. 467, 2014. P. 404...409.
4. Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. – Л.: Машиностроение, 1978.
5. Жарницкий В.И. Развитие теории расчета упругопластических железобетонных конструкций на особые динамические воздействия: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МИСИ, 1988.
6. Жарницкий В.И., Беликов А.А., Курнавина С.О. Экспериментальные исследования сопротивления железобетонных балок перерезывающей силе // Промышленное и гражданское строительство. – 2011, № 3.

## REFERENCES

1. Mirsajapov I.T., Tamrazjan A.G. K razrabotke nauchnyh osnov teorii vynoslivosti zhelezobetonnyh konstrukcij // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2017, № 1. S. 50...56.

2. Zalesov A.S., Klimov O.A. Prochnost' zhelezobetonnyh konstrukcij pri dejstvii poperechnykh sil. – Kiev: Budivjel'nyk, 1989.

3. Tamrazyan A., Filimonova E. Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions // Applied Mechanics and Materials. – V. 467, 2014. P. 404...409.

4. Smirnov-Aljaev G.A. Soprotivlenie materialov plasticheskomu deformirovaniyu. – L.: Mashinostroenie, 1978.

5. Zharnickij V.I. Razvitie teorii rascheta uprugoplasticheskikh zhelezobetonnyh konstrukcij na osobe dinamicheskie vozdejstviya: Dis.... dokt. tehn. nauk. – M.: MISI, 1988.

6. Zharnickij V.I., Belikov A.A., Kurnavina S.O. Jeksperimental'nye issledovanija soprotivlenija zhelezobetonnyh balok pererezyvajushhej sile // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2011, № 3.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций. Поступила 10.04.17.

---

УДК 677.027

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ БЕЗНАРКОТИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ  
ПОСЛЕ ЗЕРНОВОГО КОМБАЙНА  
В ОДНОТИПНОЕ И ШТАПЕЛИРОВАННОЕ ВОЛОКНО**

**TECHNOLOGY OF PROCESSING OF HEMP  
AFTER THE GRAIN COMBINE  
IN THE SAME AND CHOPPED FIBRE**

*Э.В. НОВИКОВ, А.В. БЕЗБАБЧЕНКО, И.Н. АЛТУХОВА, Е.М. ПУЧКОВ  
E.V. NOVIKOV, A.V. BEZBABCHENKO, I.N. ALTUKHOVA, E.M. PUCHKOV*

(Костромской государственной университет,  
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства)  
(Kostroma State University,  
All-Russia Scientific Research Institute of Mechanization Flax Cultivation)  
E-mail: edik1@kmtn.ru, vniiml1@mail.ru

*Представлена технология переработки конопли неполной длины в одно-  
типную и штапелированную пеньку и результаты ее исследования с приме-  
нением производственного и экспериментального оборудования.*

*The technology of processing of hemp of incomplete length the same and  
chopped hemp and results of her research with use of the production and experi-  
mental equipment is presented.*

**Ключевые слова:** безнаркотическая конопля, пенька, штапелированное  
волокно, экспериментальная установка, скорость и частота вращения, ха-  
рактеристики волокна.

**Keywords:** hemp, chopped fiber, experimental installation, speed and fre-  
quency of rotation, characteristic of fiber.

На протяжении 10 лет все чаще в качестве сырья выступают стебли тресты безнаркотической конопли, полученной после сбора семян зерноуборочным комбайном, их называют стебли неполной длины. Из таких стеблей производят однотипную пеньку с пониженными затратами, однако дальнейшая переработка этого сырья в условиях

Российской Федерации изучена недостаточно, в современной литературе информация об отечественных технологиях минимальная, существуют лишь немногочисленные исследования [1...3]. Сельскохозяйственное производство данного сырья и его дальнейшая механическая переработка в РФ будут развиваться [4], поэтому необхо-

димо формировать российскую базу исследований в этом направлении, развивать отечественные технологии, оборудование для его первичной и глубокой переработки.

В Украине, Латвии и России стебли конопли неполной длины, убранной зерноуборочным комбайном, с прочной связью волокна с древесиной стебля (это чаще всего стебли осенней уборки и высокой влажности) на пенькозаводах разматывают из рулона, сушат в машине СКП-8-12П, проминают в мяльной машине ПМГ-1 и направляют в куделеприготовительный агрегат КПП-2 или КПП-3 [5].

Недостатком указанной технологии и линии для производства однотипной пеньки из этих стеблей является невозможность существенного изменения характеристик получаемого волокна (длины, линейной плотности, массовой доли костры и др.), значения которых зависят от дальнейшей ее переработки в ту или иную продукцию, то есть диктуются потребителями волокна. Это сдерживает рациональную переработку конопли на пенькозаводах РФ, поэтому исследования новых инновационных технологий с целью разработки эффективных линий для переработки конопли в однотипное волокно различных характеристик с наименьшей себестоимостью являются актуальными.

Нами предлагаются технология и оборудование для производства однотипной и штапелированной пеньки различных характеристик из конопли, убранной зерновым комбайном (рис. 1). Технология основана на сочетании классического технологического оборудования пенькозаводов и нового, а именно на применении мяльной, трясильной машин и машины для переработки льна [6...11] (далее МПЛ, рис. 1). Предполагается, что применение МПЛ позволит изменять в широких интервалах характеристики штапелированной пеньки по требованию заказчика.

Предлагаемая технология переработки пеньки реализуется следующим образом. Исходная конопляная треста после зернового комбайна сначала перерабатывается по известной классической технологии (рис. 1, технология до машины МПЛ), в ре-

зультате получается первый вид продукции – недоработанная однотипная пенька в массе, которая может быть успешно реализована потребителю. Далее, в зависимости от требуемых характеристик волокна (длины, линейной плотности, массовой доли костры и т.д.), которые нужны потребителю, производится ее обработка в штапелированное волокно в машине МПЛ при различных режимах.

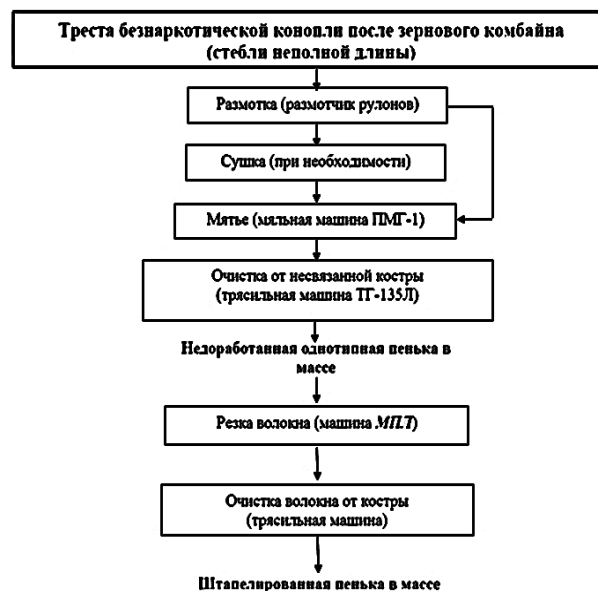


Рис. 1

Как отмечалось, МПЛ применялась ранее для льна и исследовалась при переработке пеньки в [1], однако в указанных исследованиях режимов переработки было всего два, что недостаточно для полного и глубокого анализа применения этой машины для переработки данного вида сырья. В представленной работе предлагается расширить исследования МПЛ при переработке пеньки.

Технологическая схема экспериментальной установки, в состав которой входит МПЛ [6, рис. 6] и на которой проводились эксперименты, представлена на рис. 2 (где 1 – питающий лоток; 2 – вальцы питающие мяльные; 3 – рабочая камера; 4 – щель для ввода материала в рабочую камеру; 5 – место удаления штапелированного волокна; 6 – рабочий орган; 7 – воздуховод для удаления полученного волокна и костры; 8 – аспирационная установка).

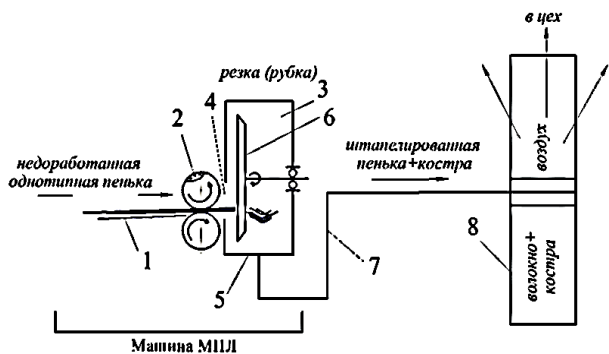


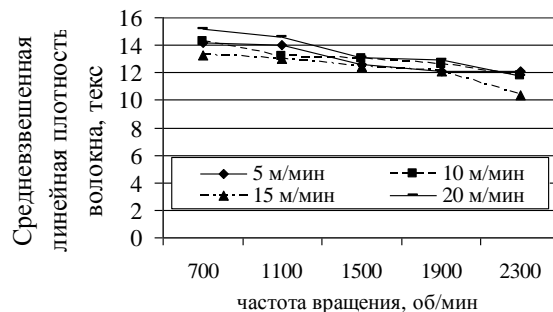
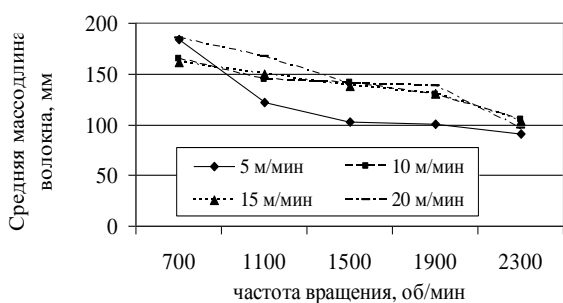
Рис. 2

Целью исследований является изучение экспериментальной установки МПЛ при переработке недоработанной пеньки в штапелированное волокно по указанной выше технологии, определение характеристик волокна, режимов работы МПЛ и подготовка рекомендаций по дальнейшему применению полученного волокна в изделиях.

Переработку конопли до машины МПЛ проводили на производственном оборудовании (рис. 1) в условиях предприятия. Да-

лее недоработанная пенька перерабатывалась в экспериментальной установке МПЛ в лаборатории. Влажность пеньки составляла 14%, плотность укладки пеньки на питающий лоток 0,3 кг/м, средняя массодлина недоработанной пеньки перед МПЛ составляла 246,6 мм, а ее средневзвешенная линейная плотность 15,1 текс. У штапелированной пеньки определяли среднюю массодлину и средневзвешенную линейную плотность, а также выход в угары волокна в экспериментальной установке МПЛ.

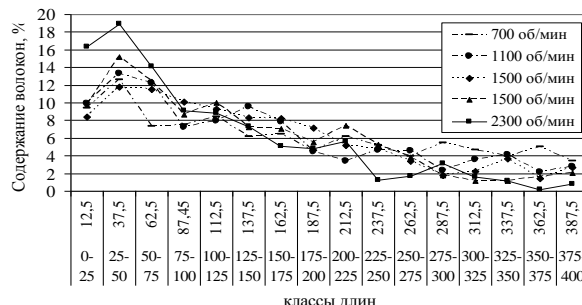
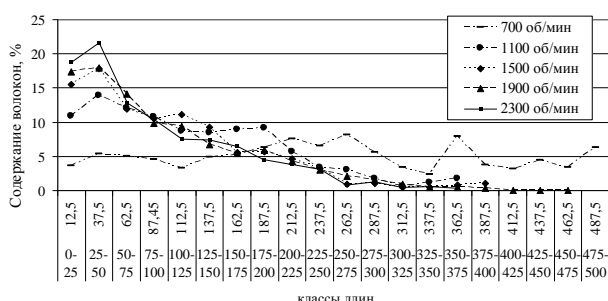
Результаты исследований в виде зависимости средней массодлины и средневзвешенной линейной плотности волокна от скорости питания и частоты вращения рабочего органа представлены на рис. 3, где а – средняя массодлина; б – средневзвешенная линейная плотность, а распределение волокон по классам длин после МПЛ на рис. 4, где а – для скорости питания 5 м/мин; б – для 10 м/мин, она же является типовой для скоростей питания 15 и 20 м/мин.



а)

б)

Рис. 3



а)

б)

Рис. 4

Анализируя результаты, представленные на рис. 3 и 4, можно заключить следующее:

а) МПЛ в зависимости от режимов переработки может уменьшать среднюю массодлину волокна по отношению к исходной на 60...155 мм, средневзвешенную линейную плотность – на 4,7 текс и производить штапелированную пеньку средней массодлиной от 185 до 90 мм;

б) скорость питания МПЛ и частота вращения ее рабочего органа (каждая в отдельности) существенно влияют на изменение средней массодлины волокна, причем частота вращения рабочего органа оказывает влияние на изменение массодлины в большей степени, чем скорость питания (см. уравнение регрессии (1), полученное в результате анализа экспериментальных данных полного факторного эксперимента):

$$L=183,9+1,16V_{\text{тр}}-0,043n, \quad (1)$$

где  $V_{\text{тр}}$  – скорость питания машины МПЛ, м/мин,  $V_{\text{тр}}=5...20$  м/мин;  $n$  – частота вращения рабочего органа,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $n=700...2300$   $\text{мин}^{-1}$ ;

в) применение частоты вращения 700  $\text{мин}^{-1}$  нецелесообразно, так как в массе волокна содержатся волокна длиной от 1 до 500 мм, причем содержание волокон какого-нибудь класса не преобладает (рис. 4-а в отличие от рис. 4-б), остальные частоты вращения рабочего органа, то есть 1100...2300  $\text{мин}^{-1}$  в сочетании с интервалом скорости питания 5...20 м/мин, можно применять в зависимости от того, какое значение длины волокна нужно получить.

В результате экспериментов также получено, что выход волокна в МПЛ составляет в среднем 90% (отходы 10 %) и в зависимости от режима обработки изменяется от 85,5 до 98,0%, причем наименьший выход (наибольшие угары) наблюдается при скорости питания 5 м/мин (не более 87,0%), а наибольший выход – при скорости питания 20 м/мин, который составил 90...98%.

Использование линейной плотности укладки недоработанной пеньки на питающий лоток 0,3 кг/м обеспечит пропускную способность МПЛ свыше 180 кг/ч.

1. Представлены и изучены технология переработки безнаркотической конопли после зерноуборочного комбайна и отдельно экспериментальная установка машины МПЛ для штапелирования однотипной пеньки, которая применялась ранее для переработки льна-долгунца, масличного льна и успешно позволяет перерабатывать недоработанную пеньку.

2. Определены параметры и режимы работы машины для штапелирования однотипной пеньки, а также значения ее характеристик, которые свидетельствуют о том, что МПЛ позволяет выпускать пеньку в широком диапазоне характеристик.

3. Произведенное по представленной технологии и на исследуемом технологическом оборудовании штапелированное волокно может использоваться в производстве пряжи низких номеров, изготовления межвенцовых и объемных утеплителей, крученых изделий, целлюлозы, ваты, композитов и других изделий.

4. Получены технологические данные, которые можно использовать для планирования производства штапелированной пеньки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Проталинский С.Е. Исследование технологий переработки конопли в однотипное волокно различных характеристик // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №6. С. 42...46.
2. Новиков Э.В., Проталинский С.Е., Безбабченко А.В. Исследование технологий и оборудования для производства однотипной пеньки и текстильной ленты из нее // Научный вестник КГТУ. – 2014, №1 (32). С. 12...15.
3. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Проталинский С.Е. Исследование процесса переработки однотипной пеньки в текстильную ленту по льняной технологии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6. С. 30...33.
4. Информационный бюллетень 1-й Российской науч.-практ. конф.: Состояние коноплеводства в России. Проблемы и перспективы развития. Ассоциация производителей русской пеньки. – Изд-во ООО "ИнтерПечать", июль 2012.
5. Марков В.В., Суслов Н.Н., Трифионов В.Г., Ипатов А.М. Первичная обработка лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.

6. Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Инновационные технологии и машины для переработки лубяных культур в однотипное, короткое и штапельированное волокно [Электронный ресурс] // Научный вестник КГТУ: электронный ресурс. <http://vestnik.kstu>. – Кострома. КГТУ. – 2015, №1.

7. Безбабченко А.В., Шевалдин Д.М., Новиков Э.В. Установка для переработки лубоволокнистых материалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2012, №6. С. 26...27.

8. Безбабченко А.В., Шевалдин Д.М., Чекренева Т.П., Новиков Э.В., Корабельников А.Р. Исследование технологии переработки льняной ленты в модифицированное волокно // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 40...43.

9. Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Исследование линии для производства однотипного льноволокна на льнозаводе // Научный вестник КГТУ: электронный ресурс. <http://vestnik.kstu>. – Кострома. КГТУ. – 2013, №1.

10. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Корабельников А.Р. Технологии производства механически модифицированного льноволокна, межвенцовых утеплителей и ваты на льнозаводах и их экономическая эффективность // Научный вестник КГТУ: электронный ресурс. <http://vestnik.kstu>. – Кострома. КГТУ. – 2012, №2.

11. Безбабченко А.В., Новиков Э.В. Разработка и исследование установки для штапельирования льносырья в непрерывном технологическом потоке // Научный вестник КГТУ: электронный ресурс. <http://vestnik.kstu>. – Кострома. КГТУ. – 2013, №2.

## REFERENCES

1. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V., Protalinskij S.E. Issledovanie tehnologij pererabotki konopli v odnotipnoe volokno razlichnyh harakteristik // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №6. S.42...46.

2. Novikov Je.V., Protalinskij S.E., Bezbabchenko A.V. Issledovanie tehnologij i oborudovanija dlja proizvodstva odnotipnoj pen'ki i tekstil'noj lenty iz nee // Nauchnyj vestnik KGTU. – 2014, №1 (32). S. 12...15.

3. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V., Protalinskij S.E. Issledovanie processa pererabotki odnotipnoj

pen'ki v tekstil'nuju lentu po l'njanoj tehnologii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №6. S. 30...33.

4. Informacionnyj bjulleten' 1-j Rossijskoj nauchn.-prakt. konf.: Sostojanie konoplevodstva v Rossii. Problemy i perspektivy razvitija. Associacija proizvoditelej russkoj pen'ki. – Izd-vo OOO "InterPechat", ijul' 2012.

5. Markov V.V., Suslov N.N., Trifonov V.G., Ipatov A.M. Pervichnaja obrabotka lubjanyh volokon. – M.: Legkaja industrija, 1974.

6. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V. Innovacionnye tehnologii i mashiny dlja pererabotki lubjanyh kul'tur v odnotipnoe, korotкое i shtapelirovanное volokno [Jelektronnyj resurs] // Nauchnyj vestnik KGTU: jelektronnyj resurs. <http://vestnik.kstu>. – Kостroma. KGTU. – 2015, №1.

7. Bezbabchenko A.V., Shevaldin D.M., Novikov Je.V. Ustanovka dlja pererabotki lubvoloknistyh materialov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva – 2012, №6. S. 26...27.

8. Bezbabchenko A.V., Shevaldin D.M., Chekreneva T.P., Novikov Je.V., Korabel'nikov A.R. Issledovanie tehnologii pererabotki l'njanой lenty v modifitsirovanное volokno // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S. 40...43.

9. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V. Issledovanie linii dlja proizvodstva odnotipnogo l'novolokna na l'nozavode // Nauchnyj vestnik KGTU: jelektronnyj resurs. <http://vestnik.kstu>. – Kostroma. KGTU. – 2013, №1.

10. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V., Korabel'nikov A.R. Tehnologii proizvodstva mehanicheski modifitsirovanного l'novolokna, mezhvencovyh uteplitelej i vaty na l'nozavodah i ih jekonomicheskaja jeffektivnost' // Nauchnyj vestnik KGTU: jelektronnyj resurs. <http://vestnik.kstu>. – Kostroma. KGTU. – 2012, №2.

11. Bezbabchenko A.V., Novikov Je.V. Razrabotka i issledovanie ustanovki dlja shtapelirovanija l'nosyr'ja v nepreryvnom tehnologicheskom potoke // Nauchnyj vestnik KGTU: jelektronnyj resurs. <http://vestnik.kstu>. – Kostroma. KGTU. – 2013, №2.

Рекомендована кафедрой механических технологий волокнистых материалов КГУ. Поступила 05.10.16.



УДК 677.5.022

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ  
ПРИ СМАТЫВАНИИ НИТЕЙ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ  
С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КАТУШКИ**

**FEATURES OF CHANGE OF TENSION  
IN WINDING THREADS  
OF ALUMINUM OXIDE WITH A ROTATING COIL**

*A.B. МЕДВЕДЕВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ*  
*A.V. MEDVEDEV, K.E. RAZUMEEV*

(НПО Стеклопластик (филиал) НПК "Терм",  
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(JSC "NPO Stekloplastik" (branch) NPK "Therm",  
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))  
E-mail: 24091955@mail.ru; k.razumeev@rambler.ru

*В статье рассмотрены некоторые особенности изменения натяжения нитей из оксида алюминия при сматывании с вращающейся катушки на экспериментальном стенде, и выполнена проверка независимости и стационарности результатов измерения натяжения с использованием непараметрических статистических критериев.*

*In the article some peculiarities of changes of the threads tension of aluminum oxide radial winding with a rotating coil at an experimental stand radial winding with a rotating coil at an experimental stand and verified that the independence and stationarity of the results of measuring tension using a non-parametric statistical criteria.*

**Ключевые слова:** нити из оксида алюминия, натяжение нитей, радиальное сматывание, непараметрические статистические критерии, стационарность процесса.

**Keywords:** threads of aluminium oxide, the threads tension, the radial winding, non-parametric statistical criteria, stationarity of the process.

Сматывание нитей в радиальном направлении с вращающейся катушки в силу ряда причин не нашло широкого применения при перематке и кручении нитей.

Но для нитей из оксида алюминия этот способ, с учетом физико-механических свойств нитей, оказывается единственно приемлемым. Способ радиальной подачи

нити в зону кручения с вращающейся катушки был реализован на экспериментальном стенде [1].

При перемотке нити с выходной на входную катушку было замечено, что нить с катушки сматывается неравномерно. Натяжение нити в ведущей ветви периодически снижалось до нуля, а через определенный промежуток времени достигало максимальных значений. При этом в некоторых случаях натяжение нитей превышало величину разрывной нагрузки, что приводило к обрыву нити. С целью создания оптимального натяжения при перемотке и кручении на экспериментальном стенде применено устройство, создающее тормозящий момент на оси выходной катушки.

Время пуска электродвигателя с учетом массы приводного механизма обычно не превышает 2 с [2], таким образом, начиная с третьей секунды после пуска, натяжение нити должно быть постоянным.

Цель работы заключалась в исследовании особенностей изменения натяжения при сматывании с вращающейся катушки в радиальном направлении.

В установленном режиме сматывания нити с выходной паковки натяжение, как правило, характеризуется стабильностью по величине. Стабильность натяжения можно оценить отношением среднего значения натяжения к максимальному значению натяжения нити по результатам многократных измерений в процентах.

Измерение натяжения нитей из оксида алюминия осуществлялось согласно разработанной методике [3], с учетом погрешностей измерения [4]. Величина натяжения нитей с учетом погрешностей измерения представлена в табл. 1. Скорость нити от 1,31 до 7,8 м/мин. Масса катушки и картонного патрона с нитью (в дальнейшем – катушки) составляла 0,150 кг.

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что с увеличением скорости движения нити стабильность скорости нити снижается, а квадратическая неровнота  $S\{Y\}$  практически не изменяется.

С целью определения зависимости натяжения нитей от массы катушки проведены эксперименты по измерению натяжения при сматывании с катушки массой 0,075 кг.

Т а б л и ц а 1

Натяжение нитей, сН	Скорость движения нитей, м/мин				
	1,31	1,51	1,98	3,43	7,8
Максимальное	4,64	4,64	4,91	5,01	7,72
Среднее	3,07	2,93	3,13	3,26	3,39
Минимальное	0,80	1,00	1,20	1,20	1,40
Стабильность натяжения, %	66,16	63,15	63,75	65,07	43,91
Среднее квадратическое отклонение $S\{Y\}$	0,996	1,22	0,99	1,11	1,31
Квадратическая неровнота $C\{Y\}$ , (%)	32,44	41,63	31,62	34,04	38,68

Величина натяжения нитей при сматывании с катушек массой 0,15 кг и 0,075 кг при скорости движения нити 7,8 м/мин представлена в табл. 2. Время измерения натяже-

ния 3 и 4-я секунды после пуска. Как можно видеть из данных в табл. 2, стабильность натяжения для катушек массой 0,075 кг выше, чем для катушек массой 0,15 кг.

Т а б л и ц а 2

Натяжение нитей, сН	Масса катушки, кг			
	0,075		0,15	
	Время с момента пуска, с			
	3	4	3	4
Максимальное	5,32	5,61	7,31	9,66
Среднее	3,29	3,04	3,41	3,34
Минимальное	0,00	0,00	0,00	0,54
Стабильность натяжения, %	61,84	54,19	46,58	34,50
Среднее квадратическое отклонение $S\{Y\}$	1,74	1,77	2,04	2,19
Квадратическая неровнота $C\{Y\}$ , (%)	67,11	58,64	60,01	65,92

Низкие значения стабильности натяжения и квадратической неровноты обусловлены неравномерностью натяжения нитей вследствие продольных колебаний пружины тормозящего устройства. Расшифровка осциллограмм натяжения нитей показывает, что величина натяжения нити изменяется с частотой 25 Гц, причем частота колебаний не зависит от массы катушки, скорости движения нити и материала нитей. В связи с этим возникает вопрос о том, является ли случайная выборка результатов измерения натяжения стохастически независимой.

Случайный процесс называется стационарным, если его вероятностные закономерности неизменны во времени, то есть законы распределения зависят только от взаимного расположения моментов времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , но не от самих этих величин.

Проверка независимости и стационарности результатов измерения натяжения осуществлялась с использованием непараметрических методов. Рассмотрены выборки измерений натяжения нити для третьей и четвертой минуты после пуска, для каждой из катушек массой 0,15 и 0,075 кг.

Были использованы следующие непараметрические статистические критерии [5].

1. Критерий серий, основанный на медиане выборки.

Методика проведения вычислений с использованием данного критерия основана

на определении числа серий  $v(m)$  и протяженности самой длинной серии  $\tau(m)$ . В данном критерии рассматривается одновременно пара критических статистик  $\{v(m); \tau(m)\}$ . Для построения приближенного статистического критерия использовано нормальное приближение одномерного (частного) распределения случайной величины  $v(m)$  с пуассоновским распределением числа серий с длиной, большей или равной  $\tau(m)$ , и оценками сверху и снизу для вероятности:

$$P\{v(m) > v_{0,95}(m), \tau(m) < \tau_{0,95}(m)\},$$

где  $v_{0,95}(m)$  – 95% - ная точка частного распределения  $v(m)$ ; а  $\tau_{0,95}(m)$  – 5% - ная точка частного распределения  $\tau(m)$ .

Если хотя бы одно из неравенств (1) или (2) окажется нарушенным, то гипотеза о стохастической независимости исходных результатов измерений отвергается с вероятностью ошибки, заключенной между 0,05 и 0,0975 (то есть  $0,05 < \alpha < 0,0975$ ).

$$v(m) > v_{0,95}(m) = \left[ \frac{1}{2} (m - 1 + 1,96\sqrt{m - 1}) \right], \quad (1)$$

$$\tau(m) < \tau_{0,95}(m) = [3,3 \log_{10}(m + 1)]. \quad (2)$$

Расчетные и теоретические значения критерия приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Масса, кг	№ выборки	Время, с	$v(m)$	$v_{0,95}(m)$	$\tau(m)$	$\tau_{0,95}(m)$	Нарушение неравенства
0,150	1	3	29	18	10	9	да
	2	4	24	18	8	9	нет
0,075	3	3	36	18	5	9	нет
	4	4	50	18	5	9	нет

Неравенства (1) и (2) не нарушаются для выборки 2, 3 и 4, и гипотеза о стохастической независимости исходных результатов измерения натяжения нитей не отвергается. Неравенства (1) и (2) нарушаются только для выборки 1, и результаты измерений не являются стохастически независимыми.

2. Критерий «восходящих» и «нисходящих» серий.

Этот критерий «улавливает» постепенное смещение (по ходу выборочного обследования) среднего значения в исследуемом распределении не только монотонного, но и периодического характера.

Так же, как и в предыдущем критерии, исследуется последовательность знаков – плюсов и минусов. Последовательность подряд идущих плюсов будет соответствовать возрастанию результатов наблюдений (восходящая серия), а последовательность минусов – их убыванию (нисходящая серия). Критерий основан на том же соображении, что и предыдущий: если выборка случайна (наблюдения независимы), в полученной последовательности знаков общее число серий не может быть слишком малым, а их протяженность – слишком большой.

При уровне значимости  $0,05 < \alpha < 0,0975$  количественное выражение данного кри-

терия имеет вид:

$$v(m) > v_{0,95}(m) = \left[ \frac{1}{3}(2m-1) - 1,96 \sqrt{\frac{16m-29}{90}} \right], \quad (3)$$

$$\tau(m) < \tau_0(m), \quad (4)$$

где  $v(m)$  – общее число серий;  $\tau(m)$  – протяженность самой длинной серии. Величина  $\tau_0(m)$  в зависимости от  $m$  определяется следующим образом:

m	$m \leq 26$	$26 < m \leq 153$	$153 < m \leq 1170$
$\tau_0(m)$	$\tau_0 = 5$	$\tau_0 = 6$	$\tau_0 = 7$

Расчетные и теоретические значения критерия приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Масса, кг	№ выборки	Время, с	$v(m)$	$v_{0,95}(m)$	$\tau(m)$	$\tau_0(m)$	Нарушение неравенства
0,150	1	3	41	27	4	6	нет
	2	4	43	27	3	6	нет
0,075	3	3	50	27	5	6	нет
	4	4	46	27	1	6	нет

Так как неравенства не нарушаются, гипотезу о случайном расположении значений натяжения (в выборках 1; 2; 3 и 4), их независимости и стационарности процесса следует принять.

3. Критерий квадратов последовательных разностей (критерий Аббе).

Данный критерий оказывается более мощным, чем предыдущий. То есть если применяются оба эти критерия, при данном объеме выборки  $m$  и данном уровне значимости  $\alpha$  вероятность принять гипотезу независимости, в то время как на самом деле она является ошибочной, окажется меньшей. Методика проведения вычислений с использованием данного критерия основана на использовании критерия квадратов последовательных разностей. Для проверки стохастической независимости результатов

измерений с помощью данного критерия подсчитывают величину:

$$\gamma(m) = \frac{q^2(m)}{s'^2(m)},$$

$$\text{где } q^2(m) = \frac{1}{2(m-1)} \sum_{i=1}^{m-1} (Y_{i+1} - Y_i)^2;$$

$$s'^2(m) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2.$$

Если окажется, что

$$\gamma(m) \leq \gamma_{\alpha}^{\min}(m), \quad (5)$$

то гипотеза о стохастической независимости результатов измерений отвергается. Величины  $\gamma_{\alpha}^{\min}(m)$  при  $m \leq 60$  даны в [6, табл. 4.9].

Расчетные и теоретические значения критерия приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Масса, кг	№ выборки	Время, с	$\gamma(m)$	$\gamma_{\alpha}^{\min}$	Нарушение неравенства
0,150	1	3	1,1988	0,7718	да
	2	4	1,5162	0,7718	да
0,075	3	3	1,3405	0,7718	да
	4	4	1,4312	0,7718	да

Неравенство (5) не выполняется. Таким образом, гипотеза о стохастической независимости результатов не отвергается.

Проверка независимости и стационарности выборки №1 по критерию серий, основанной на медиане выборки, показала, что имеется незначительное отклонение от допустимого значения по числу серий. Исходя из этого, можно считать, что проверка независимости и стационарности рассмотренных выборок результатов измерения натяжения подтверждена тремя непараметрическими критериями.

## ВЫВОДЫ

1. На экспериментальном стенде проведены исследования особенностей изменения натяжения при сматывания нитей из оксида алюминия с цилиндрической катушки.

2. С увеличением скорости движения нити стабильность скорости нити снижается, квадратичная неровнота  $C\{Y\}$  практически не изменяется.

3. Стабильность натяжения для катушек массой 0,075 кг выше, чем для катушек массой 0,150 кг.

4. Неравномерность натяжения нитей обуславливается продольными колебаниями пружины тормозящего устройства.

5. Проверка независимости и стационарности рассмотренных рядов измерения натяжения подтверждена тремя непараметрическими критериями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Медведев А.В.* Разработка и исследование технологии получения трощено-крученых нитей из оксида алюминия: Дис...канд. техн. наук. – МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2012.

2. *Брон Л.С., Власов С.Н., Константинов К.Н. и др.* Конструкция и наладка автоматических линий и специальных станков. – М.: Высшая школа, 1996.

3. *Медведев А.В., Разумеев К.Э.* Разработка методики измерения натяжения нитей из оксида алюминия / Все материалы. Энциклопедический справочник. «Комментарии к стандартам, ТУ, сертификатам». – 2014. №9. С. 6...11.

4. *Медведев А.В., Разумеев К.Э.* Анализ и оценка погрешности измерения натяжения нитей из оксида алюминия при перемотке и кручении на экспериментальном стенде // Химические волокна. – 2016, №1. С. 66...69.

5. *Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983.

6. *Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики – М.: Наука, 1983.

## REFERENCES

1. *Medvedev A.V.* Razrabotka i issledovanie tehnologii poluchenija troshheno-kruchenyh nitej iz oksida aljuminija: Dis...kand. tehn. nauk. – MGTU im. A.N. Kosygina, 2012.

2. *Bron L.S., Vlasov S.N., Konstantinov K.N. i dr.* Konstrukcija i naladka avtomaticheskikh linij i special'nyh stankov. – M.: Vysshaja shkola, 1996.

3. *Medvedev A.V., Razumeev K.Э.* Razrabotka metodiki izmerenija natjazhenija nitej iz oksida aljuminija / Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. «Kommentarii k standartam, TU, serti-fikatam». – 2014. №9. S. 6...11.

4. *Medvedev A.V., Razumeev K.Э.* Analiz i ocenka pogreshnosti izmerenija natjazhenija nitej iz oksida aljuminija pri peremotke i kruchenii na jeksperimental'nom stende // Himicheskie volokna. – 2016, №1. S. 66...69.

5. *Ajvazjan S.A., Enjukov I.S., Meshalkin L.D.* Prikladnaja statistika: Osnovy modelirovanija i pervichnaja obrabotka dannyh. – M.: Finansy i statistika, 1983.

6. *Bol'shev L.N., Smirnov N.V.* Tablicy matematichej statistiki – M.: Nauka, 1983.

Рекомендована кафедрой прядения РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 10.04.17.

УДК 677.024.082

**ИЗУЧЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТКАНЕЙ  
КОМБИНИРОВАННЫХ И СЛОЖНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ  
НА СТАНКАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

**THE RESEARCH OF TENSION WARP THREADS  
IN FORMING FABRICS  
COMBINED AND COMPLEX WEAVES  
ON LOOMS OF VARIOUS CONSTRUCTIONS**

*П.Е. САФОНОВ, С.С. ЮХИН*

*P.E. SAFONOV, S.S. YUKHIN*

(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР",

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

(TEKS-CENTRE Ltd,

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

E-mail: info@teks-centre.ru, office@msta.ac.ru

*В статье представлены результаты исследования по экспериментальному определению натяжения нитей основы на станках, оборудованных ремизоподъемной кареткой, при изготовлении технических тканей сложных и комбинированных переплетений.*

*The paper presents the results of research on experimental determination of the tension of warp on dobbie looms, in the manufacture of technical fabrics and complex weaves combined.*

**Ключевые слова:** натяжение основы, ткани комбинированных, полутора- и двухслойных переплетений, ремизоподъемная каретка.

**Keywords:** tension warp, fabrics combined, half- and double layer interlacing, dobbie looms.

Для изготовления тканей с заданными свойствами, особенно технического и специального назначения, на станках различной конструкции необходимо располагать данными о реальном законе нагружения ни-

тей основы за период формирования раппорта ткани по утку, так как закон нагружения нитей основы оказывает непосредственное влияние на их повреждаемость [1], а уровень натяжения основы влияет на строение ткани [2].

Вопрос экспериментального определения натяжения нитей основы с помощью той или иной тензометрической аппаратуры является актуальным с первой половины XX века [3], [4] и решается в каждом отдельно взятом случае по-разному.

Значительный вклад в изучение вопроса о влиянии натяжения основных нитей на напряженность заправки ткацких станков различной конструкции и параметры строения ткани внесли такие ученые, как В.А. Гордеев [3], Ю.Ф. Ерохин [5], Э.А. Оников [6], С.Д. Николаев [2], С.С. Юхин [7] и их ученики [8...11].

Однако сегодня практически отсутствуют работы, посвященные изучению натяжения нитей при изготовлении тканей технического и специального назначения, особенно сложных переплетений. В этом отношении следует отметить работу [8], где изучается натяжение основы при изготовлении комбинированной многослойной поллой ткани из кварцевых и углеродных нитей.

В качестве объектов исследования в данной работе были рассмотрены три артикула технических тканей, изготавливаемых на станках различной конструкции в опытном производстве ООО "ТЕКС-ЦЕНТР". Выбранные ткани отличаются тем, что они выработаны комбинированными и сложными переплетениями на станках с ремизоподъемной кареткой, а также тем, что в их структуре используются (с заданным чередованием в основе и утке) нити различной природы.

Цель исследования заключается в изучении особенностей изменения натяжения

основных нитей за период формирования раппорта тканей сложных переплетений по утку. Интерес представляет вопрос о поведении нитей различной природы, обладающих различной линейной плотностью, жесткостью, фрикционными свойствами, в случае, когда они навиты на общий или на отдельные навои.

Ниже представим краткое описание структур тканей, выбранных для исследования.

1. Ткань арт. 5294-01 вырабатывается креповым переплетением на челночном станке, в основе ткани используется метаарамидная пряжа 66,8 текс, которая чередуется с армирующими параарамидными нитями 110 текс.

2. Ткань арт. 5486-15Т вырабатывается на бесчелночном станке двухслойным переплетением с соединением слоев способом "снизу вверх", лицевой слой ткани образован метаарамидной пряжей 33,4 текс, а в изнаночном слое использованы комбинированные электропроводящие нити 41 текс.

3. Ткань арт. 5384/3-80 вырабатывается на челночном станке с кареткой полуоткрытого зева полутораслойным переплетением с дополнительным утком на базе саржи 1/3. В основе ткани чередуются комплексные фторсодержащие нити 88,8 текс и полиимидные нити 58,8 текс.

Измерения натяжения нитей основы проводили с помощью специальной современной тензометрической аппаратуры, которая позволяет проводить высокоточные динамические измерения для нитей различной природы линейной плотности от 1,3 до 110 текс.



а)



б)

Рис. 1

При изготовлении ткани арт. 5294-01 установлено, что в случае работы челночного станка с одним навоем, на который навиты пряжа и нити, наблюдается провисание параарамидных нитей (рис. 1-а), что связано с высокой жесткостью последних – модуль упругости нити составляет 103400 МПа, а пряжи всего 1750 МПа (вопрос экспериментального определения реальной жесткости нитей будет рассмотрен в последующих статьях). Поэтому для нормализации процесса выработки данной ткани необходимо навивать пряжу и нити на отдельные навои (рис. 1-б) с различным натяжением при сновании.

На рис. 1 представлен вид челночного станка при работе метаарамидной пряжи и параарамидных нитей с одного (а) и двух (б) навоев.

В табл. 1 представлены результаты измерений натяжения нитей основы в зависимости от проборки в ремизный прибор, измерения проводили в течение всего периода формирования раппорта ткани по утку. В ремизку под номером 1 пробраны параарамидные нити, а в ремизки 2...12 – метаарамидная пряжа.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Номер ремизки											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее натяжение при зевобразовании, сН	122	62	72	55	64	49	30	34	44	52	60	46
Максимальное натяжение при прибое, сН	361	159	197	131	183	150	130	105	159	146	171	117
Минимальное натяжение при застуге, сН	1,2	20,0	3,4	14,0	19,3	9,7	2,4	3,7	2,1	3,7	1,4	3,4
Относительная амплитуда колебаний (табл. 2)	2,9	2,3	2,7	2,1	2,6	2,9	4,2	3,0	3,5	2,8	2,8	2,5

Из данных табл. 1 следует, что натяжение параарамидной нити основы в 2 и более раза превышает натяжение метаарамидной основной пряжи, именно при таком режиме работы станка отсутствует провисание армирующих высокопрочных параарамидных нитей.



Рис. 2

На рис. 2 представлен фрагмент осциллограммы натяжения параарамидной нити основы 110 текс при работе станка с одним и двумя навоями. Установлено, что при работе параарамиды с отдельного навоя средний уровень натяжения увеличивается в 2

раза, натяжение при прибое увеличивается в 1,4 раза, а амплитуда колебаний натяжения уменьшается в 1,4 раза.

При изготовлении ткани арт. 5486-15Т на навои бесчелночного станка пряжа и комбинированные электропроводящие нити навиваются совместно. В табл. 2 представлены результаты измерений натяжения нитей основы за период формирования полного раппорта переплетения по утку. В ремизку номер 7 пробраны комбинированные электропроводящие нити, а в ремизки 1...6, 8 и 9 – пряжа.

Из данных табл. 2 следует, что натяжение метаарамидной основной пряжи 33,4 текс и комбинированной электропроводящей нити 41 текс при формировании двухслойной ткани находится на одном уровне, несмотря на различную структуру данных нитей. Это обеспечивается за счет того, что натяжение в процессе ленточного снования для пряжи и комбинированной нити различается: натяжение пряжи составляет 36 сН, а комбинированной нити, имеющей большую линейную плотность, 66 сН, что в 1,8 раза больше.



Т а б л и ц а 2

Номер ремизки	Наименование показателя			
	среднее натяжение при зевобразовании, сН	максимальное натяжение при прибое, сН	минимальное натяжение при заступе, сН	относительная амплитуда колебаний
1	45,5	82,5	6,8	1,7
2	36,8	74,2	5,2	1,9
3	35,1	77,1	7,8	2,0
4	32,9	67,9	6,5	1,9
5	31,6	64,9	6,8	1,8
6	20,4	43,3	5,5	1,9
7	34,0	61,2	8,5	1,6
8	27,2	59,2	11,1	1,8
9	27,1	49,6	12,1	1,4

Далее было установлено, что для натяжения основы при прибое и зевобразовании обнаруживается тенденция к снижению по мере удаления ремизки от навоя, а натяжение при заступе наоборот увеличивается при удалении ремизки от навоя.

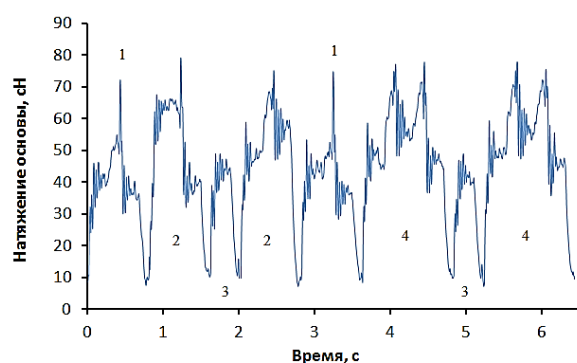


Рис. 3

На рис. 3 представлен фрагмент типичной осциллограммы натяжения основной нетокопроводящей пряжи изнаночного слоя, пробранной в ремизку 1. На осциллограмме отмечены характерные точки: 1 – подъем основы изнаночного слоя для переплетения с нитью утка лицевого слоя; 2 –

нить выстаивает в нижнем положении (2 оборота); 3 – нить в верхнем положении (1 оборот); 4 – нить в нижнем положении (3 оборота).

Обратим внимание на то, что на станке наблюдается разнотяннутость ветвей зева. При выстое нитей в нижнем положении деформация больше, чем в верхнем положении, это свидетельствует о том, что скало находится выше опушки ткани. Минимальный уровень натяжения наблюдается для нитей, пробранных в ремизку 6. Это нетокопроводящие нити изнаночного слоя, которые не участвуют в соединении слоев и выстаивают в нижнем положении в течение трех оборотов главного вала.

При заданных технологических параметрах процесс выработки ткани арт. 5486-15Т протекает без повышенной обрывности, провисание нитей какой-либо из систем основы отсутствует.

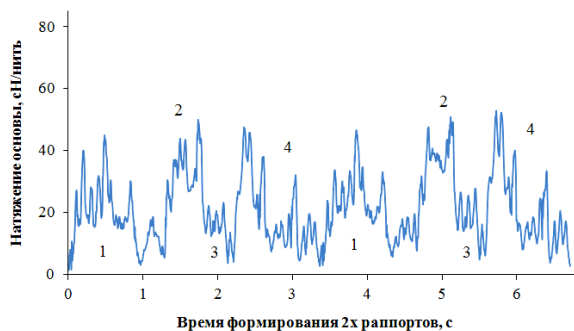
В табл. 3 представлены результаты измерений натяжения основных комплексных фторсодержащих нитей 88,8 текс и полиимидных нитей 58,8 текс при изготовлении полутораслойной ткани арт. 5384/3-80 на челночном станке.

Т а б л и ц а 3

Обозначение нити	Наименование показателя			
	среднее натяжение при зевобразовании, сН	максимальное натяжение при прибое, сН	минимальное натяжение при заступе, сН	относительная амплитуда колебаний
Фторсодержащая нить 88,8 текс	21,5	52,8	1,4	2,4
Полиимидная нить 58,8 текс	16,8	79,3	0,1	4,7

Средний уровень натяжения фторсодержащих и полиимидных нитей фактически совпадает, несмотря на то, что фторсодержащая нить в 1,5 раза толще. Это объясняется тем, что данные нити имеют примерно равные жесткости при изгибе. При этом модуль упругости для фторсодержащей нити составляет 5340 МПа, а для полиимидной

нити – 12150 МПа, то есть больше в 2,3 раза, нити имеют одинаковую крутку, одинаковый диаметр и количество филаментов, а значит одинаковый момент инерции сечения. Диаметр филаментов в нитях совпадает из-за того, что удельная плотность фторсодержащего волокна составляет 2,2 г/см<sup>3</sup>, а полиимидного 1,43 г/см<sup>3</sup>.



а)



б)

Рис. 4

На рис. 4 представлены осциллограммы натяжения фторсодержащей нити 88,8 текс (рис. 4-а) и полиимидной нити 58,8 текс (рис. 4-б) на челночном станке за период формирования двух раппортов по утку. На рис. 4-а приняты следующие обозначения: 1 – нить в нижнем положении в течение 3-х оборотов; 2 – нить в верхнем положении (2 оборота); 3 – нить в нижнем положении (1 оборот); 4 – нить в верхнем положении (2 оборота); а на рис. 4-б: 1 – нить в верхнем положении в течение 3-х оборотов; 2 – нить в нижнем положении (2 оборота); 3 – нить в верхнем положении (1 оборот); 4 – нить в нижнем положении (2 оборота).

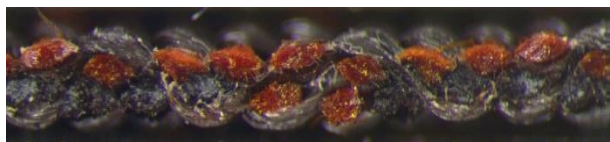
На рис. 5 представлены поперечные микросрезы ткани арт. 5384/3-80 вдоль основы: а) – вдоль фторсодержащей нити 88,8 текс и б) – вдоль полиимидной нити 58,8 текс. Высоты волн изгиба для нитей основы различной природы практически совпадают, высота волны изгиба полиимидной нити только на 10...14% больше, чем фторсодержащей нити, что позволяет перерабатывать их с одного ткацкого навоя.

## В Ы В О Д Ы

1. Исследованы особенности изготовления технических тканей комбинированных и сложных переплетений на станках различной конструкции, оборудованных ремизоподъемной кареткой.

2. Установлено, что для предупреждения провисания нитей основы, при работе с одного навоя двух различных видов сырья, необходимо располагать данными о реальной жесткости перерабатываемых нитей, иначе необходимо навивать каждый вид сырья на отдельный навой.

3. Натяжение более жесткой системы нитей должно превышать натяжение менее жесткой, если каждый вид сырья навив на



а)



б)

Рис. 5

отдельный навой, а в случае работы станка с одного навоя необходимо в процессе снования сообщать большее натяжение более толстым и жестким нитям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Болотный А.П., Цыганов И.Б., Щербакова Т.И. Вычисление критериев длительной прочности при нагружении нити основы на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 6. С. 129...135.
2. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1988.
3. Гордеев В.А. Исследование работы механизмов отпуски и натяжения основы ткацких станков: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1953.
4. Вакс Е.Э. Измерение натяжения нитей. – М.: Легкая индустрия, 1966.
5. Ерохин Ю.Ф. Исследование и совершенствование процесса ткачества в хлопчатобумажном производстве: Дис. ... докт. техн. наук. – Иваново, 1978.
6. Оников Э.А. Непрерывный процесс тканеобразования: условия эффективности, параметры и опытная реализация: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 1981.
7. Юхин С.С. Прогнозирование и разработка технологии изготовления высокоплотных тканей на бесчелночных ткацких станках: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МГТА, 1996.
8. Сергеев В.Т. Разработка структуры и технологии изготовления многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей: Дис.... канд. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2014.
9. Слугин Алексей И., Слугин Андрей И. Исследование влияния вида переплетения ткани на натяжение нитей основы в процессе изготовления арамидных тканей из пряжи, полученной из вторичных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 3. С. 31...35.
10. Ликучева А.А. Разработка метода расчета параметров зеообразования на современных ткацких станках и пути снижения напряженности их заправок: Дис.... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003.
11. Корочкин К.А. Разработка условий снижения напряженно-деформированного состояния нитей при выработке ткани рационального строения:

Дис.... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003.

#### REFERENCES

1. Shherbakov V.P., Bolotnyj A.P., Cyganov I.B., Shherbakova T.I. Vychislenie kriteriev dlitel'noj prochnosti pri nagruzhении niti osnovy na tkackom stanke // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 6. S. 129...135.
2. Nikolaev S.D. Prognozirovanie tehnologicheskikh parametrov izgotovlenija tkanej zadannogo stroenija i razrabotka metodov ih rascheta: Dis.... dokt. tehn. nauk. – M.: MTI, 1988.
3. Gordeev V.A. Issledovanie raboty mehanizmov otpuska i natjazhenija osnovy tkackih stankov: Dis.... dokt. tehn. nauk. – M.: MTI, 1953.
4. Vaks E.Je. Izmerenie natjazhenija nitej. – M.: Legkaja industrija, 1966.
5. Erohin Ju.F. Issledovanie i sovershenstvovanie processa tkachestva v hlochatobumazhnom proizvodstve: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – Ivanovo, 1978.
6. Onikov Je.A. Nepreryvnyj process tkaneobrazovanija: uslovija jeffektivnosti, parametry i opyt'naja realizacija: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – M., 1981.
7. Juhin S.S. Prognozirovanie i razrabotka tehnologii izgotovlenija vysokoplotnyh tkanej na beschelnochnyh tkackih stankah: Dis.... dokt. tehn. nauk. – M.: MGTA, 1996.
8. Sergeev V.T. Razrabotka struktury i tehnologii izgotovlenija mnogoslnoj kombinirovannoj tkani iz uglerodnyh i kvarcevyh nitej: Dis.... kand. tehn. nauk. – M.: MGUDT, 2014.
9. Slugin Aleksej I., Slugin Andrej I. Issledovanie vlijanija vida perepletенija tkani na natjazhenie nitej osnovy v processe izgotovlenija aramidnyh tkanej iz prjazhi, poluchennoj iz vtorignyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 3. S. 31...35.
10. Likucheva A.A. Razrabotka metoda rascheta parametrov zeoobrazovanija na sovremennyh tkackih stankah i puti snizhenija naprjazhennosti ih zpravok: Dis.... kand. tehn. nauk. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2003.
11. Korochkin K.A. Razrabotka uslovij snizhenija naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija nitej pri vyrabotke tkani racional'nogo stroenija: Dis.... kand. tehn. nauk. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2003.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 22.11.16.

**СТРУКТУРА МОТАЛЬНОЙ ПАКОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПРОХОЖДЕНИЕ  
ПУЗЫРЬКОВ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ НЕЕ**

**THE STRUCTURE OF THE WINDING PACKAGES  
FOR WASTEWATER TREATMENT,  
ALLOWING THE PASSAGE OF AIR BUBBLES THROUGH IT**

*И.Н. ПАНИН, С.Д. НИКОЛАЕВ, О.В. КАЩЕЕВ, Н.А. НИКОЛАЕВА*  
*I.N. PANIN, S.D. NIKOLAEV, O.V. KASCHEYEV, N.A. NIKOLAEVA*

(Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A. N. Kosygin (Technology. Design. Art))  
E-mail: nsd0701@mal.ru

*В статье предложено для очистки сточных вод использовать экологически безопасные для человека аэраторы на базе мотальных паковок, полученные на мотальной машине при использовании сомкнутой и спиралевидной намоток на профильный каркас. Использована полипропиленовая нить, позволяющая получить требуемые показатели воздухопроницаемости. Эффективность использования данных паковок показана при анализе движения пузырьков воздуха через аэратор при очистке сточных вод.*

*The paper proposed for wastewater treatment the use of ecologically safe for humans aerators on the basis of the winding package obtained at the winding machine when using closeness and spiral laser profile on the frame. Used polypropylene yarn, allowing to obtain the required performance of air permeability. The effectiveness of such packages are shown in the analysis of the movement of bubbles of air through the aerator in wastewater treatment.*

**Ключевые слова:** мотальная паковка, структура, воздухопроницаемость, пористость, полипропилен, сомкнутая намотка.

**Keywords:** winding package, structure, breathability, porosity, polypropylene, closed winding.

Большое внимание уделяется новым технологиям и материалам, применяемым в системах экологической безопасности человека. К таким материалам относятся и аэраторы, формируемые на базе мотальных паковок, применяемые при очистке сточных вод [1...5]. Структура намотки мотальных паковок (сомкнутая и спиралевидная намотки нитей на профильный каркас) из полипропиленовых нитей позволяет создавать требуемую пористость и воздухопроницаемость, а следовательно, и требуемые размеры пузырьков воздуха, подаваемых в стоки. Подача воздуха в сточные воды во многом определяет степень окисления ор-

ганических загрязнений, которая, в свою очередь, определяется концентрацией растворенного в воде кислорода и эффективностью барботажа (перемешивания) сточных вод.

Многообразие аэраторов (мембранного и пневмоэкструзионного типа) не позволяет однозначно ответить на вопрос об оптимальных условиях аэрации стоков, а именно – выбор оптимальных структур диспергирующих слоев аэраторов неоднозначен. Условия закладки аэраторов в аэротенках (глубина установки аэраторов, их расположение и их количество), которые обеспечивали бы максимальную передачу

кислорода воздуха в сточные воды и их барботажа (дополнительное перемешивание сточных вод), также недостаточно очевидны.

Для решения этих задач и определения оптимальных условий аэрации стоков проведем теоретический анализ движения пузырьков воздуха в воде, на выходе из намотки аэратора сомкнутой структуры. Для этого рассмотрим схему сил, действующих на пузырек воздуха в воде (рис. 1).

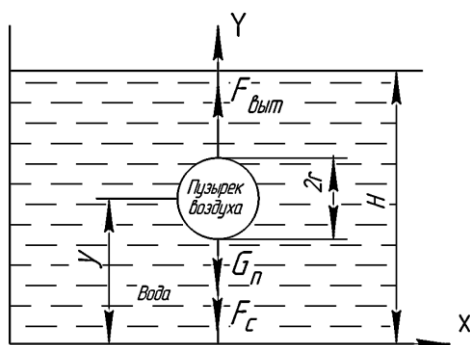


Рис. 1

На пузырек воздуха радиусом  $r$  действует: выталкивающая сила  $F_{\text{выт}}$ ; сила сопротивления движению пузырька  $F_c$ ; вес пузырька  $G_{\text{п}}$ . Первая сила действует вертикально вверх, вторая и третья – вертикально вниз.

Скорость подъема пузырька воздуха  $v_{\text{п}}$  м/с, будет зависеть от глубины закладки аэраторов и величины давления подаваемого в систему воздуха. Примем условия и обозначения:

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{вод}} g V_{\text{п}}$$

Силы, действующие на пузырек воздуха в воде, где  $\rho_{\text{вод}} = 1000 \text{ кг/м}^3$  плотность воды;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение земного притяжения;  $V_{\text{п}} = \frac{4}{3} \pi r^3$  – объем пузырька воздуха,  $\text{м}^3$ ;  $r$  – радиус пузырька воздуха, м;  $m$  – масса пузырька воздуха, кг.

Вес пузырька  $H$  равен:

$$G_{\text{п}} = \rho_{\text{воз}} g V_{\text{п}},$$

где  $\rho_{\text{воз}}$  – плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

Сила сопротивления движению равна:

$$F_c = k_c v_{\text{п}} = k_c \frac{dy}{dt},$$

где  $k_c$  – коэффициент сопротивления воды движению пузырька, Н/м;  $v_{\text{п}}$  – скорость подъема пузырька, м/с.

Согласно второму закону Ньютона можно составить уравнение движения пузырька воздуха в воде:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_{\text{выт}} - G_{\text{п}} - F_c. \quad (1)$$

Подставив в уравнение (1) расчетные значения входящих величин сил, действующих на пузырек воздуха в воде, имеем:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = \rho_{\text{вод}} g \frac{4}{3} \pi r^3 - \rho_{\text{воз}} g \frac{4}{3} \pi r^3 - k_c \frac{dy}{dt}, \quad (2)$$

или

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + k_c \frac{dy}{dt} = \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{воз}}). \quad (3)$$

Поскольку масса воздуха в пузырьке составляет:

$$m = \rho_{\text{воз}} V_{\text{п}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{\text{воз}}, \text{ кг},$$

то уравнение подъема пузырька воздуха в воде примет вид:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k_c dy}{m dt} = \frac{4}{3} \pi r^3 g \frac{(\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{воз}})}{m},$$

или

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{3k_c}{4\pi r^3 \rho_{\text{воз}}} \frac{dy}{dt} = \frac{g(\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{воз}})}{\rho_{\text{воз}}}. \quad (4)$$

В уравнении (4) радиус пузырька  $r$ , плотность воздуха  $\rho_{\text{воз}}$  зависят от величины  $y$  (глубины расположения аэраторов в аэротенке), или расстояния центра пузырька от дна аэротенки, поэтому его интегрирование связано с большими трудностями.

Для решения данного уравнения предположим, что вначале  $r = ay$ , то есть с увеличением  $y$  (при подъеме пузырька к урезу воды) радиус пузырька линейно возрастает.

Очевидно, что плотность воздуха  $\rho_{\text{воз}}$  в этом случае в пузырьке будет убывать, так как возрастает его объем, давление воды на

него уменьшается. Но это уменьшение плотности воздуха в пузырьке весьма незначительно.

Так, в работе [6] показано изменение плотности воздуха в пузырьке от давления на него воды:

	1,0137	0,955	0,90	0,794
Плотность воздуха в пузырьке кг/м <sup>3</sup>	1,225	1,167	1,111	1,006

Учитывая это, будем считать, что давление воздуха в пузырьке  $\rho_{\text{воз}} = \text{const}$ , тогда уравнение (4) примет вид:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{3k_c}{4\pi a^3 y^3 \rho_{\text{воз}}} \frac{dy}{dt} = \frac{g(\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{воз}})}{\rho_{\text{воз}}}. \quad (5)$$

С учетом того, что  $r = ay$ , запишем:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{b}{y^3} \frac{dy}{dt} = c, \quad (6)$$

где  $b = \text{const}$  и  $c = \text{const}$ .

Причем:

$$b = \frac{3k_c}{4\pi a^3 \rho_{\text{воз}}}; c = \frac{g(\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{воз}})}{\rho_{\text{воз}}};$$

$$y=y(t); y'=y'(t).$$

Решая данное уравнение, видим что при  $t=0$   $y(0)=0$ ;  $y'(0)=1$  м/с; скорость подъема пузырька воздуха в начале движения.

Давление на воздушный пузырек столба воды можно определить из уравнения:

$$P=P_{\text{Л}}+P_y+P_A, \quad (7),$$

где  $P_{\text{Л}} = \frac{2\sigma}{r}$  – давление Лапласа, Па;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;  $P_y = \rho_{\text{вод}} g(H-y)$  – гидростатическое давление, Па;  $P_A = 10^5$  Па – атмосферное давление.

Следовательно, в начале подъема пузырька величина гидростатического давления  $P_y$  уменьшается, а радиус пузырька воздуха  $r$  возрастает, так как давление воздуха

внутри пузырька практически остается постоянным.

В дальнейшем давление воздуха внутри пузырька превысит действующее на него давления водяного столба  $P$ , и он лопнет, рассыпавшись на мелкие пузырьки (галтели).

При проектировании аэротенков целесообразно применять аэраторы, формируемые на базе мотальных паковок, и расположить их так глубоко, чтобы разрушение крупных пузырьков воздуха происходило внутри сточных вод, а не на поверхности (на урезе воды). В этом случае сточная вода будет наиболее интенсивно насыщаться кислородом воздуха, способствуя обеспечению лучших условий жизнедеятельности микроорганизмов активного ила, обеспечивающих очистку сточных вод.

Решение уравнения (6) относительно второй производной ( $y''$ ) аналитическими методами затруднено и для этого целесообразно применить графический метод по следующему алгоритму:

$$y'' = f(t; y; y'), \quad \frac{dy}{dt} = \text{tg}\phi, \quad (8)$$

где  $\phi$  – угол, который касательная к кривой образует с положительным направлением оси  $t$ .

Радиус кривизны искомой кривой будет равен:

$$R = \frac{(1 + y'^2)^{3/2}}{y''},$$

откуда

$$y'' = \frac{(1 + y'^2)^{3/2}}{R}.$$

Так как

$$y' = \operatorname{tg}\phi,$$

то

$$1 + y'^2 = 1 + \operatorname{tg}^2\phi = \frac{1}{\cos^2\phi},$$

или

$$(1 + y'^2)^{3/2} = \sqrt{\frac{1}{\cos^6\phi}} = \frac{1}{\cos^3\phi/},$$
$$y'' = \frac{1}{R / \cos^3\phi/}. \quad (9)$$

Подставляя теперь в выражение (8) полученные значения для  $y'$  и  $y''$ , получим:

$$\frac{1}{R / \cos^3\phi/} = f(t, y, \operatorname{tg}\phi) \quad (10)$$

и

$$R = \frac{1}{\cos^3\phi/ f(t, y, \operatorname{tg}\phi)}. \quad (11)$$

Таким образом, можно определить зависимость равноускоренного движения пузырька воздуха от изменяющихся величин в любой момент времени его подъема в воде.

Очевидно, что наилучшие условия барботаж (перемешивания) сточных вод будут обеспечивать аэраторы, структура диспергирующего слоя которых имеет сквозные поры минимальных размеров, расположенных по спиральям Архимеда, что позволяет разогнать пузырьки воздуха по касательной к поверхности аэраторов и устранить "залежи активного ила" на дне аэротенков под аэраторами. Такой структурой обладают только текстильные аэраторы, формируемые спиралевидной и сомкнутой намотками полипропиленовых нитей на профильный каркас.

## ВЫВОДЫ

1. Структура текстильных аэраторов, формируемых сомкнутой и замкнутой намотками полипропиленовых нитей на профильные каркасы обеспечивает заданную пористость и воздухопроницаемость, а следовательно, заданные параметры и размеры пузырьков воздуха, подаваемых в сточные воды.

2. В начальный момент времени подъема пузырька воздуха в воде величина гидростатического давления уменьшается, а его радиус увеличивается, так как давление воздуха внутри пузырька остается практически неизменным.

3. Разрыв пузырька воздуха на более мелкие части происходит тогда, когда давление воздуха внутри пузырька превысит действующее на него давление водяного столба.

4. При проектировании аэротенков целесообразно размещать аэраторы на такой глубине, при которой выходящие пузырьки воздуха распались бы на более мелкие внутри толщи воды, что обеспечит более интенсивную массопередачу кислорода воздуха микроорганизмам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Панин И.Н., Лапшенкова В.С., Морозов С.И., Николаев С.Д., Разумеев К.Э., Снежков С.В., Сумарукова Р.И., Цимбалюк Е.П. Текстильные фильтры на базе специальных мотальных паковок. – М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2009.

2. Николаев С.Д., Зайцев В.П., Панин И.Н. О тонкости очистки фильтрата в производительности трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №5. С.94...96.

3. Панин И.Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения. Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МТИ им.А.Н.Косыгина, 1996.

4. Панин А.И. Экспериментально-теоретическое исследование формирования мотальных паковок для создания и внедрения перспективных текстильных материалов: Дис....докт. техн. наук. – МГУДТ, 2016.

5. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. – М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2001.

6. Казаневский В.П. Аэродинамика в природе и технике. – М.: Изд-во: Просвещение, 1985.

## REFERENCES

1. Panin I.N., Lapshenkova V.S., Morozov S.I., Nikolaev S.D., Razumeev K.Je., Snezhkov S.V., Sumarukova R.I., Cimbalyuk E.P. Tekstil'nye fil'try na baze special'nyh motal'nyh pakovok. – M.: MGTU im.A.N.Kosygina, 2009.

2. Nikolaev S.D., Zajcev V.P., Panin I.N. O tonkosti ochistki fil'trata v proizvoditel'nosti trubchatykh tekstil'nykh fil'trov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2005, №5. S.94...96.

3. Panin I.N. Razrabotka i issledovanie struktur tekstil'nyh pakovok special'nogo naznacheniya. Dis. ... dokt. tehn. nauk. – M.: MTI im.A.N.Kosygina, 1996 .

4. Panin A.I. Jeksperimental'no-teoreticheskoe isledovanie formirovaniya motal'nyh pakovok dlja sozdaniya i vnedrenija perspektivnyh tekstil'nyh materialov: Dis....dokt. tehn. nauk. – MGUDT, 2016.

5. Shherbakov V.P. Prikladnaja mehanika niti. – M.: MGTU im.A.N.Kosygina, 2001.

6. Kazanevskij V.P. Ajerodinamika v prirode i tehnikе. – M.: Izd-vo: Prosveshhenie, 1985.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 06.02.16.

УДК 677.053.292

**ФОРМИРОВАНИЕ ПАКОВОК  
С СИНУСОИДАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ СКОРОСТИ НИТЕВОДИТЕЛЯ**

**FORMATION PACKAGES  
WITH A SINUSOIDAL RATE OF CHANGE OF THE YARN FEEDER**

*Г.З. ДЖАББАРОВА, М.Н. НУРИЕВ*  
*G.Z. DZHABBAROVA, M.N. NURIEV*

(Азербайджанский государственный экономический университет)  
(Azerbaijan State University of Economics)  
E-mail: mehman62@mail.ru

*В статье приведена методика проектирования механизмов раскладки нити с синусоидальным изменением скорости нитеводителя, апробированная в процессе разработки мотального механизма крутильной бескольцевой машины КБ. Также приведены результаты анализа эффективности устранения дефектных структур намотки мотальным механизмом прядильной пневмомеханической машины BD-200-S.*

*The article describes a technique of designing yarn laying mechanism with a sinusoidal change of speed of the yarn guide tested in the process of developing the winding mechanism of without ring twist machine size. As well as the results of the analysis of the efficiency of removal of defect structures winding mechanism of a spinning rotor machine BD-200-S.*

**Ключевые слова:** дефекты намотки, рассеивание дефектов, нитеводитель.

**Keywords:** winding defects, diffusion defects, yarn feeder.

Наматывание нитей мотальными механизмами с фрикционным приводом бобины сопровождается образованием дефектов структуры в виде жгутовой и ленточной намоток [1...3]. Такие дефекты приводят к повышенной обрывности пряжи на последующих переходах и росту процента угаров

[4...6]. Анализ качества намотки затрудняется тем, что устранение дефектов на одних диаметрах может приводить к их возникновению на других. Поэтому для оценки качества паковок требуется их полная размотка с просмотром поверхности в течение всего времени размотки и последующий анализ



полученных изображений, что можно обеспечить с помощью методов технического зрения [7...10].

Применение таких методов контроля разрешило выявить механизмы, позволяющие эффективно устранять дефекты намотки, и режимы работы таких механизмов, которые можно обеспечить при модернизации существующих и проектировании вновь создаваемых машин.

Так, на пневмомеханической прядильной машине BD-200-S применяется механизм с непрерывным изменением угла подъема витка  $\beta$  по синусоидальному закону.

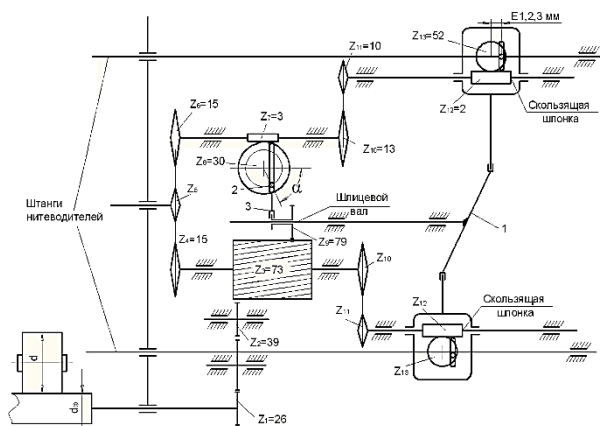


Рис. 1

Механизм раскладки (рис. 1 – кинематическая схема мотального механизма машины BD-200-S) один на обе сторонки машины за счет большого основного кулака 1, получающего движение от мотального вала правой сторонки. Раскладчик имеет устройство для рассеивания жгутовой намотки за счет неравномерного вращения кулака от осевого перемещения косозубой шестерни  $Z_9$  по широкой (105 мм) косозубой шестерне  $Z_3$ . Осевое перемещение шестерни  $Z_9$  обеспечивается эксцентриковой парой – пальцем 2 и поводком с пазом 3. Палец 2 закреплен на расстоянии  $r$  от центра червячного колеса  $Z_8$ , получающего движение от червяка  $Z_7$  через цепную передачу.

Разуплотнение торцов бобины достигается специальным механизмом за счет дополнительного осевого смещения раскладчика. Передаточное число между бобиной и кулаком раскладчика:

$$i = \frac{n_6}{n_a} = \frac{z_9 d_\phi}{z_1 d}, \quad (1)$$

где  $d_\phi = 65$  мм,  $\eta = 0,98$ ,  $z_9 = 79$ ,  $z_1 = 26$ ;

$$i = \frac{K_1}{d} = 193,5/d. \quad (2)$$

За один оборот кулака червячное колесо  $Z_{13}$  повернется на угол (рис. 2 – схема к расчету изменения угла подъема витка):

$$\Delta\varphi_{13} = 2\pi \frac{z_9 z_{10} z_{12}}{z_3 z_{11} z_{13}} = 0,552 \text{ рад.} \quad (3)$$

Текущее положение колеса  $Z_{13}$  на конец каждого двойного хода нитеводителя определится как:

$$\varphi_{13,i} = \varphi_{13,(i-1)} + \Delta\varphi_{13}, \quad (4)$$

где  $\varphi_{13,i}$   $\varphi_{13,(i+1)}$  – предыдущее и последующее положения колеса  $Z_{13}$ .

Поворот  $Z_{13}$  вызовет отставание (или опережение) в ходе раскладчика на

$$\Delta H = E(1 - \cos\varphi_{13}), \quad (5)$$

где  $E$  – эксцентриситет пальца на колесе  $Z_{13}$ .

За один оборот кулака червячное колесо  $Z_8$  повернется на угол:

$$\Delta\alpha = 2\pi \frac{z_9 z_4 z_7}{z_3 z_6 z_8} = 0,68 \text{ рад.} \quad (6)$$

Текущее положение колеса  $Z_8$  на конец каждого двойного хода нитеводителя:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \Delta\alpha, \quad (7)$$

где  $\alpha_i$   $\alpha_{i-1}$  – последующее и предыдущее положения колеса  $Z_8$ .

Это вызовет смещение шестерни  $Z_8$  по шлицам вала кулака (рис. 1) на:

$$\Delta H_1 = r(1 - \cos\alpha), \quad (8)$$

где  $r$  – эксцентриситет пальца 2.

Смещение  $\Delta H_1$  из-за наклона зубьев шестерни  $Z_3$  и  $Z_9$  на угол  $\gamma$  вызовет поворот кулака на угол:

$$\varphi_0 = \frac{\Delta H_1}{R_{z_9}} \operatorname{tg}\gamma, \quad (9)$$

где  $R_{z9} = 79$  мм – делительный радиус колеса  $z9$ .

За время этого поворота бобина повернется на угол:

$$\varphi_6 = \varphi_0 i. \quad (10)$$

Дуга окружности  $b$  на бобине между точками разворота предыдущего и последующего витков будет:

$$b = \varphi \frac{d}{2}. \quad (11)$$

Или, учитывая (2) и (9):

$$b = \frac{\Delta H_1 \operatorname{tg} \gamma}{2R_{z9}}. \quad (12)$$

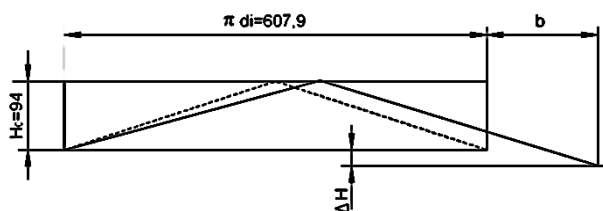


Рис. 2

Как следует из рис. 2, текущее значение угла  $\beta$  на конец каждого двойного хода нитеводителя составит:

$$\beta = \arctg \frac{2(H_0 + \Delta H_1/2)}{2R_{z9}}. \quad (13)$$

Поскольку целью настоящего анализа является исследование влияния синусоидального изменения угла  $\beta$  на эффективность работы рассеивающих механизмов, положим в расчете  $E=0$ , и тем самым исключим влияние сдвига хода нитеводителя. Рассчитывая расстояние  $b$  по методике [8], показано, что расстояния между точками разворота соседних витков и витков, следующих через один, два и так далее, до 10, по всей толщине бобины не совпадают, то есть рассмотренный механизм обладает высокой эффективностью рассеивания жгутовых структур.

Как показали расчеты [2], мотальный механизм машины BD-200-S имеет цикл работы рассеивающего механизма 105,06 оборота мотального вала и изменение угла подъема витка до 6,38% за полуцикл движения нитеводителя. Как показано в [10], эти значения являются избыточными. Практически полного устранения дефектов структуры намотки можно достичь при цикле работы мотального механизма, равном 10...20 ходам нитеводителя, и изменении угла подъема витка на 5%. Это позволяет существенно упростить конструкцию механизма раскладки без потери качества намотки.

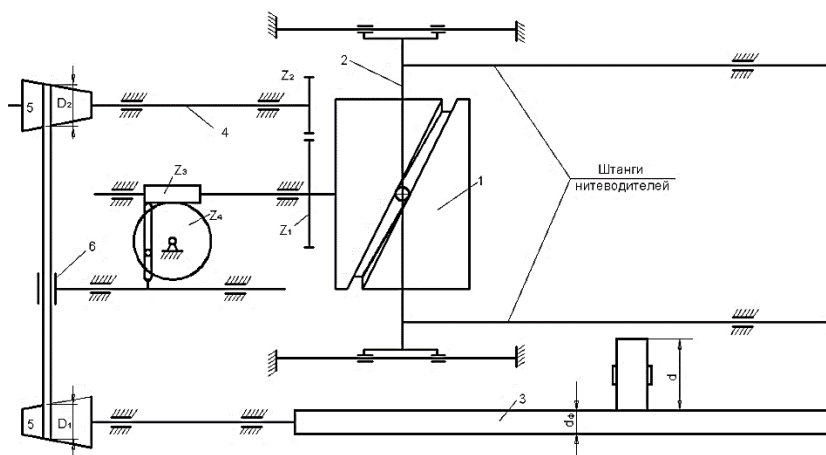


Рис. 3

Такой режим наматывания реализован в мотальном механизме крутильной бескольцевой машины КБ [12]. Кинематическая схема механизма приведена на рис. 3. Он состоит из пространственного кулака 1, каретки 2 с укрепленными на ней двумя штангами нитеводителей. Привод кулака 1 осуществляется от мотального вала 3 через промежуточный вал 4, пару конических баббанчиков 5 и зубчатую пару  $Z_1, Z_2$ . Перемещая ремень на коноидах в ту или другую сторону с помощью отводки 6, приводимой в возвратно-поступательное движение червячной парой  $Z_3, Z_4$ , можно обеспечить требуемый эффект рассеивания жгутовой и ленточной намотки.

Используя рекомендации [10], принимаем изменение угла подъема витка в пределах  $15,22 \dots 13,77^\circ$ . Находим передаточное отношение между бобиной и кулаком раскладчика:

$$i = \frac{2H_0}{\pi d \operatorname{tg} \beta}, \quad (14)$$

где  $d$  – диаметр бобины.

В то же время из кинематической схемы:

$$i = \frac{n_6}{n_k} = \frac{n_\phi d_\phi \eta^2}{n_6 d} = \frac{D_2 Z_2 d_\phi}{D_1 Z_1 d} \eta^2, \quad (15)$$

где  $\eta = 0,98$  коэффициент, учитывающий проскальзывание между бобиной и мотальным валом и в коноидной передаче.

Приравнявая (14) и (15), получим передаточное отношение механических передач:

$$i_\pi = \frac{D_2 Z_2}{D_1 Z_1} = \frac{2H_0}{\pi d_\phi \eta^2 \operatorname{tg} \beta} = \frac{K}{\operatorname{tg} \beta}.$$

Расчеты показывают, что для требуемого диапазона изменения угла подъема витка передаточное отношение механических передач в составе механизма раскладки должно изменяться от 4,36 до 3,93.

Принимаем, что в среднем положении ремня на коноидах  $i_1 = 1$  передаточное отношение зубчатой передачи:

$$i_2 = Z_2/Z_1 = \frac{4,36 + 3,93}{2} = 4,15.$$

Такое передаточное отношение обеспечивает пара зубчатых колес с числами зубьев  $Z_1=22$  зуба, а  $Z_2=91$  зуб.

Тогда передаточное отношение коноидной передачи должно изменяться в диапазоне:

$$i_1 = \frac{i_\pi}{i_2} = \frac{4,36 \dots 3,93}{4,15} = 1,05 \dots 0,95.$$

Принимая средний диаметр коноидов  $D_{cp}=80$  мм, найдем крайние рабочие диаметры:

$$\begin{aligned} D_{p \min} &= D_{cp} i_{1 \min} = 76 \text{ мм}, \\ D_{p \max} &= D_{cp} i_{1 \max} = 84 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Зная допустимую конусность коноидов [13], равную 0,33, можно рассчитать их рабочую длину, которая в данном случае будет  $\ell_p = 24$  мм. Исполнительные размеры деталей принимаются конструктивно с учетом установленных рабочих размеров.

За цикл работы механизма ремень на коноидах должен перемещаться на величину их рабочей длины. Для этого эксцентриситет пальца на колесе  $Z_4$  должен быть  $r = \ell_p/2 = 12$  мм.

Задаваясь циклом работы механизма рассеивания  $n_\pi=10$  и заходностью червяка  $z_3=1$ , найдем число зубьев червячного колеса:

$$Z_4 = \frac{n_\pi Z_3 Z_2}{Z_1} = 42 \text{ зуба}.$$

Испытания разработанного механизма рассеивания показали его высокую эффективность.

## ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ эффективности работы механизма с непрерывным синусоидальным законом изменения угла подъема витка, предназначенного для рассеивания дефектов намотки на машине ВД-200-С.

2. Предложена методика расчета конструктивных параметров механизма рассеивания жгутовой намотки с непрерывным синусоидальным изменением угла подъема витка.

1. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М., 2006.

2. Рудовский П.Н. Теоретические основы формирования технологической оценки паковок при фрикционном наматывании: Дис....докт. техн. наук. – Кострома, 1996.

3. Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Классификация свойств паковок крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С. 38...42.

4. Рудовский П.Н. Влияние взаимодействий витков на процесс раскладки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, № 5. С. 43.

5. Rudovskii P.N. The relationship between winding structure, sloughing off and breakages during rewinding // Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – № 6, 1996. С. 40...44.

6. Соркин А.П., Рудовский П.Н. Наматывание ровницы без принудительного привода катушек на ровничных машинах. – Кострома, 2015.

7. Денисов А.Р., Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С. С. 111.

8. Рудовский П.Н., Киприна Л.Ю., Нуриев М.Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2005, № 11. С. 27...30.

9. Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома, 2011.

10. Рудовский П.Н. Анализ структуры намотки при фрикционном наматывании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, № 4. С. 56.

11. Rudovskij P.N. Kontrolle des spulenaufbau bei wilder wicklung // Melliand Textilberichte. – №3, 1997. С. 138.

12. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Палочкин С.В. Анализ работы мотального механизма крутильной бескольцевой машины КБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, № 1. С. 74...78.

13. Расчет и конструирование машин прядильного производства // Под ред. А.И. Макарова – М.: Машиностроение, 1981.

1. Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolja osnovnyh parametrov tekstil'nyh pakovok. – М., 2006.

2. Rudovskij P.N. Teoreticheskie osnovy formirovaniya tehnologicheskoy ocenki pakovok pri frikcionnom namatyvanii: Dis....dokt. tehn. nauk. – Kostroma, 1996.

3. Rudovskij P.N., Nuriev M.N. Klassifikacija svojstv pakovok krestovoj namotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 4. S.38...42.

4. Rudovskij P.N. Vlijanie vzaimodejstvij vitkov na process raskladki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1995, № 5. S.43.

5. Rudovskii P.N. The relationship between winding structure, sloughing off and breakages during rewinding // Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – № 6, 1996. S. 40...44.

6. Sorokin A.P., Rudovskij P.N. Namatyvanie rovnicu bez prinuditel'nogo privoda katushek na rovnichnyh mashinah. – Kostroma, 2015.

7. Denisov A.R., Kiprina L.Ju., Rudovskij P.N. Primenenie metodov klaster'nogo analiza dlja kontrolja kachestva pakovok krestovoj namotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 4С. S. 111.

8. Rudovskij P.N., Kiprina L.Ju., Nuriev M.N. Metodika kolichestvennoj ocenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gos. technolog. un-ta. – 2005, № 11. S. 27...30.

9. Kiprina L.Ju., Rudovskij P.N. Ocenka kachestva struktury tekstil'nyh pakovok s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tehnologij. – Kostroma, 2011.

10. Rudovskij P.N. Analiz struktury namotki pri frikcionnom namatyvanii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1995, № 4. S. 56.

11. Rudovskij P.N. Kontrolle des spulenaufbau bei wilder wicklung // Melliand Textilberichte. – №3, 1997. S. 138.

12. Rudovskij P.N., Sorokin A.P., Palochkin S.V. Analiz raboty motal'nogo mehanizma krutil'noj beskol'cevoj mashiny KB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1996, № 1. S. 74...78.

13. Raschet i konstruirovanie mashin prjadil'nogo proizvodstva // Pod red. A.I. Makarova – М.: Mashino-stroenie, 1981.

Рекомендована кафедрой стандартизации и сертификации. Поступила 06.12.16.

УДК 677.047.51

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА КОМПЛЕКСНЫХ  
ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЗАГУСТИТЕЛЕЙ  
С ПРИРОДНЫМИ ПОЛИМЕРАМИ В ПИГМЕНТНОЙ ПЕЧАТИ**

**DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF COMPLEX  
POLYURETHANE THICKENERS  
WITH NATURAL POLYMERS IN THE PIGMENT PRINTING**

*А.Е. ТРЕТЬЯКОВА, П.А. ОРОСПАЕВА, Е.Э. КУЗНЕЦОВА, В.В. САФОНОВ*  
*A.E. TRETYAKOVA, P.A. OROSPAeva, E.E. KUZNETSOVA, V.V. SAFONOV*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))  
E-mail: svv@staff.msta.ac.ru

*Показано, что синтетический загуститель на основе полиэтоксилата, модифицированного диизоцианатом и жирным спиртом, включенный в комплексную загустку с природным полимером, улучшает показатели интенсивности окраски, увеличивает ровноту и четкость контуров, практически исключает переход печатной краски на обратную сторону текстильного материала.*

*It is shown that the synthetic thickener on the basis of the polyethoxylate modified by a diisocyanate and fatty alcohol, included in complex thickening material with natural polymer improves indicators of intensity of coloring, increases evenness and clearness of contours, practically excludes transition of printing dye to the reverse of a textile.*

**Ключевые слова:** синтетический загуститель, печатная краска, природный полимер, комплексная загустка, полиуретановый.

**Keywords:** synthetic thickener, printing dye, natural polymer, complex thickening material, polyurethane.

Правильный выбор загущающих компонентов во многом определяет качество печатного рисунка, и загустка должна соответствовать ряду основных требований: оптимальная вязкость, удерживание красителя, обеспечение четкости рисунка, хорошая стабильность при хранении, легко вы-

мываться из ткани, отсутствие взаимодействия с компонентами печатной краски, в том числе и с красителем [1].

Немаловажным остается и стоимость загущающих препаратов. В основном в текстильной печати в качестве загустителя используют импортные компоненты, поэтому

возможность их замены на препараты отечественного производства является актуальной. Таким образом, поставлена цель – найти технологически оптимальную композицию для печати из препаратов отечественного производства.

Ассортимент загустителей на данный момент сформирован из природных, искусственных и синтетических полимеров. Преимущество природных загустителей (трагант, камедь, альгинат натрия, хитозан и др.) заключается в экологической безопасности и постоянной возобновляемости ресурсов. Однако имеется и ряд недостатков, например, готовые загустки на основе альгината натрия не обеспечивают высокий выход красителя, имеют непродолжительный срок хранения, что невыгодно с экономической точки зрения, также они подвержены воздействию бактерий, которые приводят загустку в нерабочее состояние за 2...3 дня [2].

Работу проводили с пигментами, имеющими ряд таких достоинств, как яркость окрасок, стойкость к выцветанию, получение различных эффектов (объемная печать, флок-печать, металлизированный и перламутровый эффект и т.д.), отсутствие заключительной промывки после термофиксации отпечатка (зреление). Таким образом, в печати пигментными красителями загуститель должен исполнять роль сшивающего агента (фиксатор красителя), имеющего одновременно достаточно мягкий гриф, поскольку из-за отсутствия операции промывки вся печатная композиция остается на ткани. Чтобы решить поставленную цель, предложено применить комплексный вариант загустки, то есть использовать наряду с природными и синтетические полимеры, например, Лапрол ДЗ, который представляет собой раствор полиуретана (полиэтоксилат, модифицированный диизоцианатом и жирным спиртом) в системе растворителей, которая подобрана таким образом, чтобы каждый из растворителей растворял определенные фрагменты макромолекулы полимера загустителя. Кроме того, загустки на основе полиуретановых полимеров обладают высокой эластичностью и мягкостью.

Печатная краска на основе Лапрола-ДЗ улучшает показатель интенсивности окраски, увеличивает ровноту и четкость контуров, практически исключает переход печатной краски на обратную сторону текстильного материала.

С учетом приведенных выше недостатков и достоинств загустителей различной природы можно сделать вывод о том, что ни один из полимеров нельзя считать эталоном, поэтому создание смеси отечественного синтетического и природного полимеров для пигментной печати позволит сократить себестоимость производства, повысить качество готовых изделий и улучшить физико-механические и печатно-технические свойства.

В работе проведено сравнение действия Манутекса RS (природный полимер на основе альгината натрия, модифицированный солями кальция), который обладает высокой загущающей способностью, и Лапрола ДЗ. Исключает изменение грифа текстильного материала после печати.

Для оценки поведения загустителей в ходе эксперимента получены их реологические кривые, которые показали, что система на основе Манутекса RS характеризуется как псевдопластическая с высокой текучестью. Для Лапрола ДЗ характерно наличие петли гистерезиса, что не соответствует традиционному поведению псевдопластических систем.

На следующем этапе эксперимента осуществлено печатание на основе двух видов загустителей для оценки влияния реологических параметров на печатно-технические показатели.

По полученным данным отмечается, что образцы на основе Манутекса RS более насыщенные по цвету и менее светлые [3]. Более качественные отпечатки по показателям жесткости и устойчивости к стирке и трению оказались у Лапрола ДЗ. Поэтому на следующем этапе эксперимента было решено продолжить исследование в направлении улучшения качества печати за счет использования бинарных смесей, в которых Лапрол ДЗ выступает в качестве дополнительного загущающего агента. Смешение компонентов Манутекса RS: Лапрола ДЗ

сделано в следующих соотношениях: (10:1, 15:1, 20:1). Далее исследовались их реологические параметры (табл. 1 – реологические показатели для комплексной загустки

Манутекс RS – Лапрол ДЗ; рис. 1 – полные реологические кривые комплексного загустителя МанутексRS+Лапрол ДЗ).

Таблица 1

Загустители	Соотношения компонентов	$\eta$ , Па·с	m	P, %	ДУС
Манутекс RS : Лапрол ДЗ	10:1	29,54	0,5	88	1,44
	15:1	24,52	0,6	97	2,20
	20:1	14,49	0,6	96	2,20
Манутекс RS	1	3,9	0,7	78	3,49

Примечание.  $\eta$ , Па·с – динамическая вязкость печатной композиции; m – индекс течения; P, % – тиксотропное восстановление; ДУС – динамическая устойчивость системы.

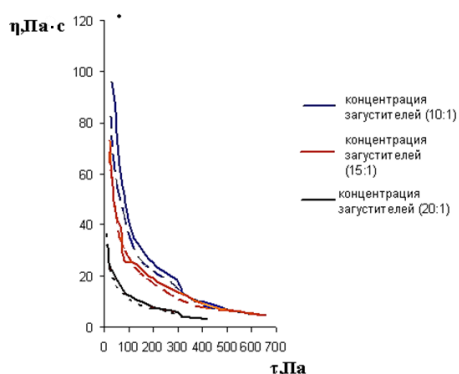


Рис. 1

Большинство определяемых параметров бинарной загустки в соотношении комплексного состава (10:1) показали наилучшие результаты по сравнению с чистым загустителем Манутекс RS, поэтому дальнейшее исследование проводили именно в этом соотношении.

Анализ основных печатно-технических показателей индивидуальных загусток с разной концентрацией пигмента и комплексной загустки представлен в табл. 2.

Таблица 2

Загуститель, г/кг	Колористические параметры			Печатно-технические показатели		
	насыщенность C*, %	светлота L*, %	L <sub>изн</sub> , %	устойчивость к трению, балл	устойчивость к стирке, балл	жесткость EI, мкН·см <sup>2</sup>
Манутекс RS	30	51,66	47	52	4...5	5305,5
	40	67,27	33	54	4...5	2558,6
	50	67,68	31	50	4...5	3929,5
Лапрол ДЗ	30	48,30	54	65	4...5	3024,5
	40	51,55	49	53	4...5	2912,3
	50	64,13	37	60	5	3064,1
Комплексный загуститель	30	64,12	38	76	4...5	3244,2

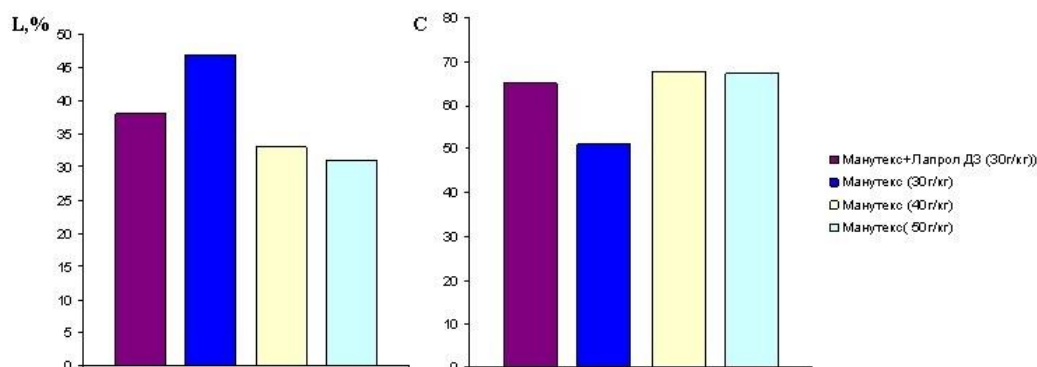


Рис. 2

Данные табл. 2 показывают, что наибольшее влияние на качество печати использования комплексной загустки можно проследить по параметру жесткости, он значительно понизился, что предполагает повышение мягкости грифа. При использовании комплексного состава происходит минимальное проникновение красителя вглубь текстильного материала, и практически отсутствует проникновение на изнанку, как показано ниже на гистограммах (рис. 2 – гистограммы светлоты и насыщенности для комплексного и чистого загустителя на основе Манутекса RS).

## ВЫВОДЫ

1. Исследованы основные свойства композиций на различной основе природы загустителей.

2. Оценены реологические характеристики систем на основе загустителя Манутекс RS и Лапрол ДЗ, из которых выявлены некоторые особенности поведения полиуретанового загустителя. При повышении напряжения сдвига увеличивается динамическая вязкость системы.

3. Исходя из того, что Лапрол ДЗ обеспечивает наиболее качественные показатели печати, а Манутекс RS значительно

влияет на повышение интенсивности окраски, принято решение получения комплексного загустителя на основе Манутекса RS. В ходе дальнейшей работы с полученным комплексом были выявлены результаты с высоким качеством отпечатков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сенахов А.В., Коваль В.В., Садов Ф.Н. Загустки, их теория и применение. – М.: Легкая индустрия, 1972.
2. Степанов А.С. Загустители и печатные краски. – М.: Легкая индустрия, 1969.
3. Крысанова В.А., Меньшова И.И., Сафонов В.В. Полифункциональные активные красители в реконструкции цветовой гаммы текстильных материалов // Дизайн и технологии. – 2015, № 46(88). С.41...43.

## REFERENCES

1. Senahov A.V., Koval' V.V., Sadov F.N. Zagustki, ih teorija i primenenie. – M.: Legkaja industrija, 1972.
2. Stepanov A.S. Zagustiteli i pechatnye kraski. – M.: Legkaja industrija, 1969.
3. Krysanova V.A., Men'shova I.I., Safonov V.V. Polifunkcional'nye aktivnye krasiteli v rekonstrukcii cvetovoj gammy tekstil'nyh materialov // Dizajn i tehnologii. – 2015, № 46(88). S.41...43.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 12.04.17.



УДК 677.051.174

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНА  
ПРИ ЕГО СЪЕМЕ УСКОРЯЮЩИМСЯ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ  
С ГАРНИТУРЫ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ПИЛЬЧАТОГО БАРАБАНА**

**MATHEMATICAL MODEL OF FIBER MOTION  
IN THE REMOVAL BY THE ACCELERATING AIR FLOW  
FROM TAPE OF ROTATING SERRATED DRUM**

*А.Г. ХОСРОВЯН, М.А. ТУВИН, Т.Я. КРАСИК, Г.А. ХОСРОВЯН, А.А. ТУВИН*  
*A.G. KHOSROVYAN, M.A. TUVIN, T.YA. KRASIK, G.A. KHOSROVYAN, A.A. TUVIN*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: khosrovyan\_haik@mail.ru

*Выведены общие уравнения динамики волокна в процессе аэродинамического съема с зубьев вращающихся барабанов текстильных машин. В рамках предложенного подхода к решению задачи рассмотрен сходящийся конфузорный воздушный поток, который позволяет существенно сократить длину дуги аэродинамического съема и траектории движения волокон. Представлена методика расчета параметров канала аэродинамического съема.*

*Obtained general equations of fiber dynamics in the process of the aerodynamic removal from the teeth of rotating drums of textile machinery. Under the proposed approach to the solution of the problem considered removing by the converging air flow, which can significantly reduce the aerodynamic removal arc length and the trajectory of the fiber motion. The calculation method of the channel parameters of the aerodynamic removal presented.*

**Ключевые слова:** волокно, аэродинамический съем, пильчатый барабан, конфузорный воздушный поток.

**Keywords:** fiber, aerodynamic removal, serrated drum, converging air flow.

При разработке нового оборудования для получения многослойных волокнистых материалов [1] решались разнообразные теоретические и практические задачи по его дальнейшему совершенствованию. Ба-

зой для выполнения данной разработки послужили ранее разработанные нами способ получения многослойных композиционных волокнистых материалов и устройство для его осуществления [2].

При разработке и теоретическом исследовании оборудования для получения многослойных волокнистых материалов [1] учитывались различные факторы, влияющие в том числе на:

- рассортировку волокон в рабочей камере [3];
- степень разрыхленности волокнистой массы, поступающей в бункер разработанного оборудования [4], [5];
- процесс движения волокнистой массы в бункере;
- выравнивающую способность бункера [6], [7].

Следует отметить, что большую роль в качественной рассортировке волокон и получении многослойных волокнистых материалов играет работа узла подачи волокон в рабочую камеру [1]. Оказалось, что размеры канала аэросъема волокон с гарнитуры вращающегося пильчатого барабана, рассчитанные по методике, изложенной в [8], не вписываются в пространство под барабаном. Отметим, что в [1] изучали такую схему аэродинамического съема волокон с зубьев гарнитуры вращающегося пильчатого барабана, когда разводка между окружностью барабана и ограждением канала аэросъема имела постоянное значение, и, следовательно, средняя скорость воздуха в этом узле также была неизменна. С целью сокращения дуги аэросъема [2] до приемлемых размеров была использована иная конструкция узла аэросъема, в которой канал аэросъема имеет конфузорную форму. В этом случае ускоряющийся воздушный поток создает дополнительную аэродинамическую силу, действие которой приводит к сокращению дуги аэросъема.

Ниже приводится исследование механики одиночного волокна в канале аэросъема конфузорного типа и разработка на этой основе методики расчета углового размера канала аэросъема (дуги аэросъема).

На рис. 1 представлена схема сил, действующих при аэросъеме на волокно. Обозначим массу волокна через  $M_v$ . Ось  $Ox$  системы координат  $Oxy$  совпадает с линией рабочей грани зуба. Центр масс волокна расположен в точке  $M$  на оси  $Ox$ .

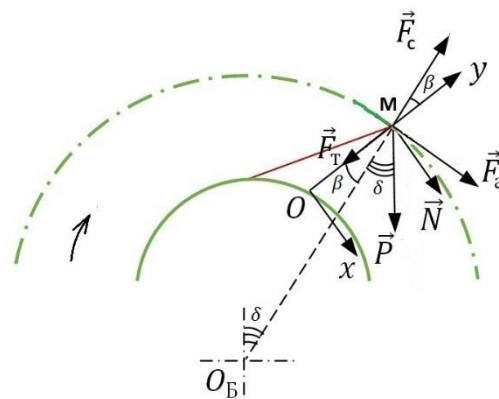


Рис. 1

Координаты центра масс волокна обозначим через  $x$  и  $y$ . Расстояние от точки  $O_B$  до точки  $M$  равно радиусу барабана  $R_B$ . Примем угловую скорость барабана за  $\omega$ . Если высоту зуба обозначить через  $h_z$ , а через  $\beta$  – угол наклона передней грани зуба, то длина рабочей грани зуба выражается формулой:

$$l_p = h_z \sin \beta. \quad (1)$$

Примем согласно [9], [10], что сила аэродинамического сопротивления волокна определяется формулой:

$$\vec{F}_a = 0,5c_D \rho_a S |\vec{v}_a - \vec{v}| (\vec{v}_a - \vec{v}), \quad (2)$$

где  $S = D_v L_v$ ,  $D_v$ ,  $L_v$  – диаметр и длина волокна соответственно;  $c_D$  – коэффициент аэродинамического сопротивления волокна при поперечном обтекании воздушным потоком;  $\rho_a$  – плотность воздуха;  $\vec{v}$  – абсолютная скорость волокна;  $\vec{v}_a$  – вектор скорости воздушного потока;  $Re = 0,5 |\vec{v}_a - \vec{v}| \cdot D_v / \nu_{vis}$  – число Рейнольдса, отнесенное к радиусу волокна;  $\nu_{vis} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  – коэффициент кинематической вязкости для воздуха.

Результаты опытов [11] показали, что при поперечном обтекании воздушным потоком волокна его коэффициент аэродинамического сопротивления вычисляется по формулам:

$$c_D = \begin{cases} \frac{4}{Re} (1/G + 1,5772/G^2), \\ \text{где } G = \ln(4 Re_L / Re^2); Re_L = (\bar{v}_a - \bar{v}) L_v / v_{vis}; \text{ при } 0 \leq Re \leq 10; \\ 0,27 Re^{-0,61} \text{ при } 10 < Re \leq 300. \end{cases}$$

Отметим, что в [12] приведенная выше зависимость для  $c_D$  была применена с целью расчета движения волокон в воздушных потоках в узлах текстильных машин. Вектор аэродинамической силы имеет следующие компоненты:

$$\vec{F}_a = [|\vec{F}_a| \cos \beta; |\vec{F}_a| \sin \beta]. \quad (3)$$

Модуль центробежной силы  $\vec{F}_c$  определяется по формуле:

$$|\vec{F}_c| = M_v \omega^2 R_B, \quad (4)$$

а компоненты вектора  $\vec{F}_c$  находятся из следующей формулы:

$$\vec{F}_c = [-|\vec{F}_c| \sin \beta; |\vec{F}_c| \cos \beta]. \quad (5)$$

Принимая во внимание, что волокно во время аэросъема движется по рабочей

$$M_v \ddot{x} = N + M_v g \sin(\beta + \delta) - M_v \omega^2 R_B \sin \beta + |\vec{F}_a| \cos \beta; \quad (9)$$

$$M_v \ddot{y} = -F_T - M_v g \cos(\beta + \delta) + M_v \omega^2 R_B \cos \beta + |\vec{F}_a| \sin \beta.$$

Вектор силы тяжести имеет компоненты:

$$\vec{P} = [M_v g \sin(\beta + \delta); -M_v g \cos(\beta + \delta)], \quad (6)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $\delta$  – угол между лучом  $MO_B$  и вертикалью (рис. 1).

Сила трения направлена по рабочей грани зуба:

$$\vec{F}_T = [0; -|\vec{F}_T|], \quad (7)$$

а сила нормального давления – перпендикулярно рабочей грани:

$$\vec{N} = [|\vec{N}|; 0]. \quad (8)$$

В соответствии со вторым законом Ньютона движение волокна моделируется следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

грани зуба ( $\ddot{x} = 0$ ), имеем:

$$N = -M_v g \sin(\beta + \delta) + M_v \omega^2 R_B \sin \beta - |\vec{F}_a| \cos \beta. \quad (10)$$

Обозначим через  $k$  коэффициент трения

волокна о сталь. Так как  $F_T = kN$ , то

$$M_v \ddot{y} = M_v g [k \sin(\beta + \delta) - \cos(\beta + \delta)] + M_v \omega^2 R_B [\cos \beta - k \sin \beta] + |\vec{F}_a| [\sin \beta + k \cos \beta]. \quad (11)$$

Очевидно, что решение уравнения (11) следует получить при следующих начальных условиях:

1) при  $t = 0$  центр масс волокна находится в точке  $y = 0$ ;

2) при  $t = 0$  скорость центра масс волокна равна нулю  $\dot{y} = 0$ .

Далее условия для решения (11) выбираем из следующих соображений. Обозначим

чим дугу аэросяема через  $\varepsilon$ , а время аэросяема  $\Delta t$ . За время  $\Delta t$  пыльчатый барабан повернется на угол  $\varepsilon$ , а волокно переместится по рабочей грани зуба от основания зуба до его кончика, то есть на расстояние  $\ell_p$ . Следовательно, задача численного моделирования заключается в том, чтобы, задаваясь необходимым значением величины дуги аэросяема  $\varepsilon$ , подобрать такое значение расхода воздуха в канале аэросяема и такое его сужение, чтобы за время  $\Delta t = \varepsilon/\omega$  центр масс волокна преодолел расстояние, равное  $\ell_p$ .

## ВЫВОДЫ

1. Получено дифференциальное уравнение, моделирующее процесс аэросяема волокна ускоряющимся потоком воздуха с зуба гарнитуры вращающегося пыльчатого барабана.

2. Разработана методика вычисления дуги аэросяема.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2471897 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления / Г.А. Хосровян, А.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, И.Г. Хосровян, Т.В. Жегалина.– Оpubl. 10.01.2013.
2. Пат. 2595992 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления / Г.А. Хосровян, А.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, М.А. Тувин, И.Г. Хосровян.– Оpubl. 05.08.2016.
3. Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 119...122.
4. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 6. С. 194...197.
5. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Математическое моделирование движения волокнистого комплекса на колке барабана разрыхлителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 85...88.
6. Тувин М.А., Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А. Математическое моделирование процесса движения волокнистой смеси в бун-

керном питателе с переменной площадью поперечного сечения шахты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 83...87.

7. Хосровян И.Г., Хосровян А.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Разработка теории выравнивающей способности устройства для получения многослойных волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С.79...82.

8. Красик Т.Я. Совершенствование процессов разрыхления, очистки и смешивания для производства хлопкольнай пряжи: Дис.... канд. техн. наук. – Иваново: ИГТА, 2012.

9. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. – Ч.1, 2. – М.: Высшая школа, 1980.

10. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973.

11. Gould J. and Smith F.S. (1980). Air-drag on Synthetic-fiber Textile Monofilaments and Yarns in Axial-flow at Speeds of Up to 100 Meters Per Second // Journal of the Textile Institute. – 71(1), 1980. P. 38...49.

12. Cai Y. Computer Modeling of Fiber Motion in High-speed Airflow. PhD thesis. – North Carolina State University, 2003.

## REFERENCES

1. Pat. 2471897 Rossijskaja Federacija. Sposob poluchenija mnogoslojnyh voloknistyh materialov i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / G.A. Hosrovjan, A.G. Hosrovjan, T.Ja. Krasik, I.G. Hosrovjan, T.V. Zhegalina.– Opubl. 10.01.2013.
2. Pat. 2595992 Rossijskaja Federacija. Sposob poluchenija mnogoslojnyh voloknistyh materialov i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / G.A. Hosrovjan, A.G. Hosrovjan, T.Ja. Krasik, M.A. Tuvin, I.G. Hosrovjan.– Opubl. 05.08.2016.
3. Tuvin M.A., Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Matematicheskoe modelirovanie ajerodinamicheskoj rassortirovki volokon v ustrojstve dlja poluchenija mnogoslojnyh netkanyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 6. S. 119...122.
4. Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Obshhaja teorija dinamiki voloknistyh kompleksov v processe ih vzaimodejstvija s rabochimi organami razryhlitelja // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 6. S. 194...197.
5. Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Matematicheskoe modelirovanie dvizhenija voloknistogo kompleksa na kolke barabana razryhlitelja // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 4. S. 85...88.
6. Tuvin M.A., Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A., Tuvin A.A. Matematicheskoe modelirovanie processa dvizhenija voloknistoj smesi v bunnom pitatele s peremennoj ploshhad'ju poperechnogo sechenija shahty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 83...87.

7. Hosrovjan I.G., Hosrovjan A.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Razrabotka teorii vyravnivajushhej sposobnosti ustrojstva dlja poluchenija mnogoslojnyh voloknistyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S.79...82.

8. Krasik T.Ja. Sovershenstvovanie processov razryhlenija, ochistki i smeshivaniya dlja proizvodstva hlopkol'njanoj prjazhi: Dis.... kand. tehn. nauk. – Ivanovo: IGTA, 2012.

9. Krasnov N.F. Ajerodinamika. – Ch.1, 2. – M.: Vysshaja shkola, 1980.

10. Lojczanskij L.G. Mehanika zhidkosti i gaza. – M.: Nauka, 1973.

11. Gould J. and Smith F.S. (1980). Air-drag on Synthetic-fiber Textile Monofilaments and Yarns in Axial-flow at Speeds of Up to 100 Meters Per Second // Journal of the Textile Institute. – 71(1), 1980. P.38...49.

12. Cai Y. Computer Modeling of Fiber Motion in High-speed Airflow. PhD thesis. – North Carolina State University, 2003.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 01.03.17.

УДК 667.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ ЦИКЛИЧЕСКОМ СЖАТИИ

### THE STUDY OF THERMAL RESISTANCE OF NONWOVEN FABRIC AT CYCLIC COMPRESSION

А.И. ДЕРЯБИНА, Л.Н. ЛИСИЕНКОВА  
A.I. DERYABINA, L.N. LISIENKOVA

(Филиал Южно-Уральского государственного университета  
(Национальный исследовательский университет), г. Златоуст)  
(National Research University (branch) South-Ural State University, Zlatoust)  
E-mail: ptis@zb-susu.ru

*В работе исследовано изменение теплового сопротивления объемных нетканых материалов для одежды в условиях циклического сжатия. Экспериментально установлено, что изменение толщины материалов при циклическом сжатии приводит к изменению теплофизических свойств исследованных объектов. Динамика и величина изменения теплового сопротивления прежде всего зависят от волокнистого состава и способа получения материала, то есть микро- и макроструктуры, в меньшей степени – от первоначальной толщины материала. Показано, что метод циклического сжатия позволяет объективно прогнозировать теплозащитные свойства материалов и рационально проектировать пакеты материалов для одежды.*

*In article investigated the change in thermal resistance of bulk nonwovens for apparel under cyclic compression. It was established experimentally that the change in material thickness of the cyclical compression causes a change in thermophysical properties of the investigated object. The dynamics and magnitude of the change of thermal resistance primarily depends on fiber composition and method of obtaining the material, i.e. micro- and macrostructure less of the original material thickness. It is shown that the method of cyclic compression allows you to objectively predict the heat-shielding properties of materials and efficient design packages of materials in processes of manufacture and operation of products.*

**Ключевые слова:** циклическое сжатие, деформация, волокнисто-сетчатые материалы, тепловое сопротивление.

**Keywords:** cyclic compression, deformation, fiber-mesh fabric properties, thermal resistance.

Теплозащитные свойства одежды, предназначенной для осенне-зимнего сезона эксплуатации, прежде всего обеспечиваются свойствами прокладочных утепляющих материалов [1].

Для обеспечения теплозащитных свойств одежды используются в основном объемные нетканые материалы различной структуры и способа получения. Изменение

теплофизических свойств указанных материалов в производстве и при эксплуатации одежды в основном обусловлено изменением их толщины при воздействии внешних циклических сжимающих усилий [2].

В качестве объектов исследования выбраны нетканые полотна, различающиеся по составу, структуре и способу получения, характеристика которых представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Название материала	Способ получения	Волокнистый состав, %	Толщина, мм	$P_s$ , г/м <sup>2</sup>
1	Ватин (Россия, арт. 917618)	Холстопрошивной	ВХл – 50 В Вис – 50	4,8	250
2	Шерстон (Россия)	Комбинированный	Овечья шерсть – 100	14,9	300
3	Тинсулейт (Россия, модификация Р 150)	Термоскрепленный	ВПэф – 150	15,8	100
4	Синтепон (Россия, СК150/300)	Термоскрепленный	ВПэф – 100	7,8	140

Задачи исследования включали: испытания проб материалов в условиях циклического сжатия на разработанном приборе [3]; оценку теплового сопротивления тестируемых материалов после циклического сжатия на приборе ПТС-225 в соответствии с ГОСТом 20489–75. "Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления" и расчетным способом [4] по формуле:

$$R = h / \lambda, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – эффективный коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С);  $h$  – толщина материала, м.

Помимо указанных задач в работе проведен корреляционный анализ кинетики изменения толщины исследуемых материалов в лабораторных условиях при циклическом сжатии и при эксплуатации опытной партии изделий.

В лабораторных условиях материалы подвергались циклическому сжатию при

следующих параметрах и условиях: рабочие размеры индентора  $D = 30$  мм, пробы  $d = 25$  мм, время нагружения и отдыха в цикле сжатия составляло соответственно 5 с, усилие сжатия пробы 15 даН, циклическое давление на пробу составило 0,30 кПа, период нагружения 100...400 циклов.

Результаты исследования изменения толщины проб материала №4 (табл. 1) в эксплуатации получены после опытной носки партии женских курток полуприлегающего силуэта 44...46 размера. Эксплуатацию изделий проводила группа студентов филиала ЮУрГУ (НИУ) в г. Златоусте, в течение 8 месяцев, что составило 2 осенне-весенних сезона в соответствии с методикой [5]. Опытная партия подвергалась регулярному осмотру и уходу в соответствии с инструкцией по эксплуатации изделий из применяемых материалов: основной – ткань плащевая "саржа гладкокрашенная" с гидрофобной пропиткой, артикул 3179, утепляющей – клееный объемный утеплитель (синтепон), артикул СК 150/300, подкладка – арти-

кул 32014. Для измерения толщины материала (проба №4, табл. 1) из партии изделий изымалось по одному изделию через каждые 2, 4, 6, 8 месяцев носки. Далее готовились пробы материала для испытания, полученные на различных топографических участках изделия (локоть, плечо, верхняя часть спинки и полочки). За окончательные результаты измерения толщины материала после эксплуатации принимали среднее

значение данного показателя по всем топографическим участкам.

Измерения толщины исследуемых объектов после циклического сжатия в лабораторных условиях и эксплуатационной носки определяли бесконтактным способом с помощью дифференциальных фотодатчиков измерительной системы прибора [3].

В табл. 2 представлены результаты оценки изменения толщины материалов после циклического сжатия на приборе [3].

Т а б л и ц а 2

№ образца	Толщина, мм					Изменение толщины после 400 циклов сжатия, % $A = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \cdot 100$
	количество циклов сжатия, n					
	0	100	200	300	400	
1	4,80	3,97	3,66	3,41	3,33	30,6
2	14,9	12,60	11,46	10,83	10,80	27,5
3	15,80	13,60	13,18	12,50	12,48	21,0
4	7,80	6,40	6,22	6,0	5,7	26,9

По результатам оценки толщины объектов (табл. 2) определили тепловое сопротивление материалов на приборе ПТС-225 [1] и расчетным способом [4].

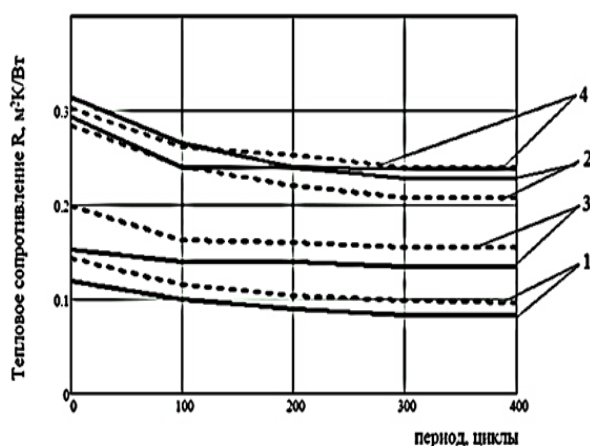


Рис. 1

Результаты представлены на диаграмме рис. 1: 1, 2, 3, 4 – пробы материалов (табл. 1); сплошной и пунктирной линией обозначены соответственно результаты оценки теплового сопротивления на приборе ПТС-225 [1] и по формуле (1) [4].

Из диаграммы на рис. 1 видно, что после 100 циклов сжатия тепловое сопротивление у образцов материалов №1, 2, 3, 4 (табл. 2) изменилось соответственно на 17,2, 15,4, 13,9 и 17,9%. После 400 циклов сжатия тепловое сопротивление у образцов материалов №1, 2, 3, 4 (табл. 2) изменилось соответственно на 30,6, 27,5, 21,0 и 26,9%. Наименьшее изменение теплового сопротивления после 400 циклов сжатия наблюдается у проб материалов № 3, 4 (табл. 2), это объясняется волокнистым составом, плотностью и высокой пористостью данных объемных термоскрепленных материалов.

Сравнительный анализ данных на диаграмме рис. 1 показал согласованность результатов, полученных на приборе ПТС-225 и по уравнению (1), относительная погрешность – не более 10... 21%.

Корреляционный анализ результатов исследований изменения теплового сопротивления материалов при циклическом сжатии и после опытной носки изделий представлен в табл. 3.

Образец	Толщина, мм				
	Количество циклов сжатия, п				
	0	100	200	300	400
Полотно нетканое, термоскрепленное, СК 150/300 (табл.1)	7,80	6,40	6,22	6,0	5,7
Образец	Количество дней носки, дни				
	0	60	120	180	240
	Полотно нетканое, термоскрепленное, СК 150/300 (табл.1)	7,80	7,35	7,15	7,00

Корреляционный анализ между результатами оценки толщины исследуемого образца №4 (табл. 1) в носке и в условиях циклического сжатия выявил достаточно тесную связь характера (кинетики) изменения толщины материала в эксплуатации и лабораторных условиях, коэффициент корреляции составил 0,72... 0,84. Полученные результаты корреляционного анализа подтверждают возможность моделирования воздействия факторов эксплуатации для прогнозирования теплозащитных свойств нетканых материалов для одежды.

## ВЫВОДЫ

1. Исследованы закономерности изменения теплового сопротивления объемных нетканых материалов при циклическом сжатии. Экспериментально установлено, что изменение толщины исследуемых материалов после 400 циклов сжатия приводит к снижению теплового сопротивления от 20 до 32%. Величина и динамика изменения теплового сопротивления зависят от условий и параметров испытания, состава, структуры и способа получения материалов.

2. Результаты исследований показали возможность применения методики циклического сжатия для прогнозирования теплового сопротивления объемных нетканых материалов в лабораторных условиях с целью рационального выбора материалов и обеспечения потребительских свойств одежды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство). – М.: ИЦ Академия, 2004.
2. Дерябина А.И., Лисиенкова Л.Н. Исследование деформации волокнисто-сетчатых материалов методом циклического сжатия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1. С.32...36.
3. Патент на полезную модель Российская Федерация № 144579 U1, МПК G01N 3/08 Устройство для определения деформации текстильных материалов при сжатии / А.И. Дерябина, Л.Н. Лисиенкова, Е.А. Трофимов, Ю.С. Мязина – Заявка № 2014115352/28; заявл. 16.04.2014; опубл. 27.08.2014.
4. Бессонова Н.Г., Жихарев А.П. Теплофизические свойства материалов для изделий легкой промышленности. – М.: Изд-во МГУДТ, 2007.
5. Методические указания по совершенствованию организации и проведению опытной носки швейных изделий. – М.: Изд-во ЦНИИТЭИлегпром, 1986.

## REFERENCES

1. Buzov B.A., Alymenkova N.D. Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti (shvejnoe proizvodstvo). – M.: IC Akademija, 2004.
2. Derjabina A.I., Lisenkova L.N. Issledovanie deformacii voloknisto-setchatyh materialov metodom ciklicheskogo szhatija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1. S.32...36.
3. Patent na poleznuju model' Rossijskaja Federacija № 144579 U1, MPK G01N 3/08 Ustrojstvo dlja opredelenija deformacii tekstil'nyh materialov pri szhatii / A.I. Derjabina, L.N. Lisenkova, E.A. Trofimov, Ju.S. Mjazina – Zajavka № 2014115352/28; zajavl. 16.04.2014; opubl. 27.08.2014.
4. Bessonova N.G., Zhigarev A.P. Teplofizicheskie svojstva materialov dlja izdelij legkoj promyshlennosti. – M.: Izd-vo MGUDT, 2007.
5. Metodicheskie ukazanija po sovershenstvovaniju organizacii i provedeniju opytnoj noski shvejnyh izdelij. – M.: Izd-vo CNITJellegprom, 1986.

Рекомендована кафедрой проектирования и технологий изделий сервиса. Поступила 04.04.17.



УДК 677.025

**СПОСОБ ВЯЗАНИЯ ДВОЙНОГО КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА  
С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ПЕТЕЛЬНЫМ СЛОЕМ**

**METHOD OF KNITTING DOUBLE KULIRNIY KNITWEAR  
WITH AN ADDITIONAL LOOP LAYER**

*Е.И. КОРНИЕНКО, В.А. ЗАВАРУЕВ, О.П. ФОМИНА, С.И. ПИВКИНА, Т.О. КУПРИЯНОВА*  
*E.I. KORNIENKO, V.A. ZAVARUEV, O.P. FOMINA, S.I. PIVKINA, T.O. KUPRIYANOVA*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art))  
E-mail: kafedra\_ttp@mail.ru

*В работе рассмотрены особенности технологии получения двойного кулирного трикотажа с дополнительными петельными слоями.*

*The paper discusses the peculiarities of technology for method of knitting double kulirniy knitwear with an additional loop layer.*

**Ключевые слова:** трикотаж кулирных переплетений, элемент петельной структуры, двойной кулирный трикотаж, апробация, дополнительные петельные слои.

**Keywords:** kulirniy knit texture, an element of the loop structure, double kulirniy knitwear, additional loop layer.

При использовании трикотажных материалов в различных отраслях народного хозяйства к его свойствам предъявляются новые специфические требования. Соответствие трикотажных материалов таким требованиям достигается благодаря использованию новых видов сырья и разработке новых структур трикотажных переплетений.

Так, для целого ряда защитных электропроводящих материалов требуется введение в структуру трикотажа металлических нитей при условии, что полученная струк-

тура обеспечит застил металлических нитей с лицевой и изнаночной сторон трикотажного материала.

Трикотажные переплетения, наряду с другими признаками, различаются по числу взаимосвязанных петельных слоев, составляющих толщину трикотажа [1].

В структуре двойного трикотажа петли располагаются по толщине трикотажа двумя параллельными линиями (слоями), соединенными между собой элементами петельной структуры.

Для условного буквенного описания структуры трикотажа комбинированного переплетения [2] используется сочетание начальных букв названия главных и производных переплетений, входящих в его состав: Гл – гладь с лицевыми остовами петель; Ги – гладь с изнаночными остовами петель; Л – Ластик; И – Интерлок.

Чередование этих букв в условной записи соответствует последовательности образования данных переплетений в раппорте комбинированного переплетения.

Известно двойное кулирное комбинированное переплетение, представляющее собой чередование петельных рядов трубчатой глади и ластика 1+1.

Таким образом, структура рассматриваемого двойного кулирного трикотажа комбинированного переплетения может быть описана как (Гл, Ги, Л).

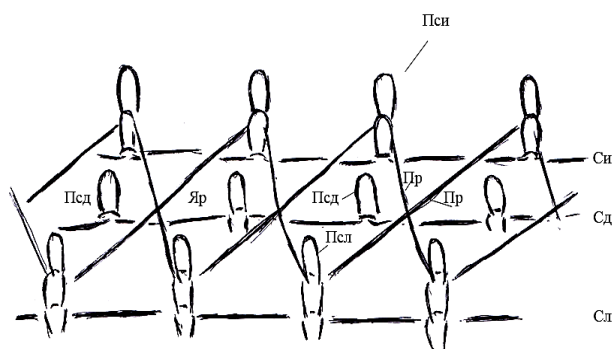


Рис. 1

В структуре такого трикотажа (рис. 1 – структура двухслойного трикотажа с дополнительным петельным слоем переплетением (Гл, Ги, Л)) ряда глади (Гл и Ги) образуют два соединительных петельных слоя (лицевой Сл и изнаночный Си), а ряды ластика (Л) соединяют эти петельные слои протяжками Пр.(Л1+1).

По толщине такого трикотажа формируются ячейки Ят треугольной формы, стороны которых образованы протяжками (Пр), а в вершинах расположены петельные столбики (Псл) лицевого и (Пси) изнаночного петельных слоев.

Очевидно, что, располагая между петельными слоями этого трикотажа дополнительный петельный слой (СД), образованный из металлических нитей, петельные

столбики которого Псд находятся внутри ячеек Ят, можно получить материал с застилом электропроводящего петельного слоя.

Дополнительный петельный слой может быть образован различными кулирными переплетениями. В приведенной петельной структуре использовано переплетение гладь с остовами петли (Ги).

Следует отметить, что перекрещивание протяжек дополнительного петельного слоя Пр(СД) с протяжками переплетения ластик 1+1 Пр(Л1+1) обеспечит фиксацию дополнительного петельного слоя в структуре электропроводящего материала как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Формирование дополнительного внутреннего петельного слоя между основными слоями двойного кулирного переплетения на двухфонтурных трикотажных машинах осуществляется путем поочередного вывязывания каждого петельного слоя при условии, что в момент образования любого внешнего петельного слоя на иглах одной игольницы петлями внутреннего петельного слоя находятся на иглах другой игольницы. Таким образом, для образования дополнительного внутреннего петельного слоя необходимо задействовать иглы одновременно на двух игольницах и осуществлять поочередный перевод петель дополнительного петельного слоя с игл одной игольницы на иглы другой игольницы.

На рис. 2 приведены схемы последовательного выполнения технологических циклов петлеобразования и петлепереноса при вязании двойного кулирного трикотажа переплетения (Гл, Ги, Л) с дополнительным внутренним петельным слоем, образующим переплетения гладь (Ги).

На схемах утолщенными линиями показана петельная структура, образуемая или переносимая в данном механическом цикле, а тонкими линиями – петельная структура, образованная и переносимая в предыдущих технологических циклах.

В 1-м цикле на четных иглах ( $I_{2n}$ ) задней игольницы осуществляется вязание дополнительного внутреннего петельного слоя переплетением (Ги).

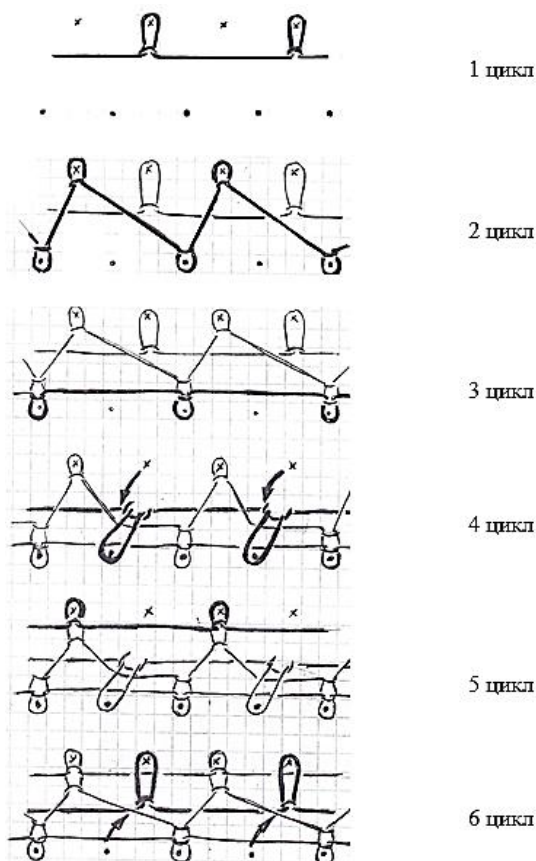


Рис. 2

Во 2-м цикле на нечетных иглах передней  $I_{2n-1}$  и задней  $I_{2n-1}$  игольницы осуществляется вязание соединительного петельного ряда переплетением ластиков 1+1.

В 3-м цикле на петельных иглах передней игольницы  $I_{2n-1}$  осуществляется вязание лицевого внешнего петельного слоя (Гл).

В 4-м цикле осуществляется перенос петель дополнительного петельного слоя с четных игл задней игольницы ( $I_{2n}$ ) на четные иглы передней игольницы ( $I_{2n}$ ).

В 5-м цикле на нечетных иглах задней игольницы  $I_{2n-1}$  осуществляется вязание изнаночного петельного слоя (Ги).

В 6-м цикле осуществляется перенос петель дополнительного петельного слоя с четных игл передней игольницы ( $I_{2n}$ ) на четные иглы задней игольницы.

После этого выполнение циклов повторяется.

Анализ петельных структур двойного кулирного трикотажа комбинированных переплетений показал, что дополнитель-

ный застил внутреннего электропроводящего слоя элементами петельной структуры внешних петельных слоев можно получить, если в качестве соединительных рядов используют переплетение интерлок (Гл, Ги, И). Схема петельной структуры такого трикотажа дана на рис. 3.

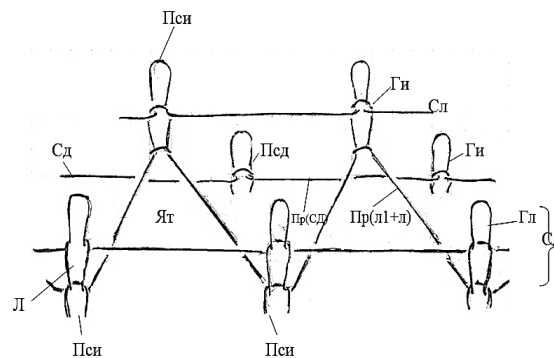


Рис. 3

В структуре такого переплетения петельные столбики внешних петельных слоев (Псл и Пси) расположены друг против друга, а перекрещенные протяжки (Пр) соединительных рядов формируют по толщине трикотажа ромбовидные ячейки Яр.

Размещение петельных столбиков дополнительного петельного слоя Псд, образованного переплетением ластиков (Л) внутри этих ячеек, обеспечивает расположение петельных столбиков всех петельных слоев друг за другом, а следовательно, дополнительный застил остовов петель внутреннего слоя Сд.

На рис. 4 приведена схема последовательного выполнения технологических циклов при вязании двухслойного трикотажа данной структуры на двухфонтурной трикотажной машине при расстановке игл  $I_{2n-1}$  передней и игл  $I_{2n}^*$  задней игольницы в затылок друг другу.

В 1-м цикле на каждой четвертой игле  $I_{(4+4n)}$  передней и  $I_{(2+4n)}^*$  задней игольницы осуществляется вязание дополнительного внутреннего петельного слоя переплетением ластиков 1+1.

Во 2-м цикле осуществляется перенос петель внутреннего петельного слоя с игл задней игольницы на иглы передней игольницы.

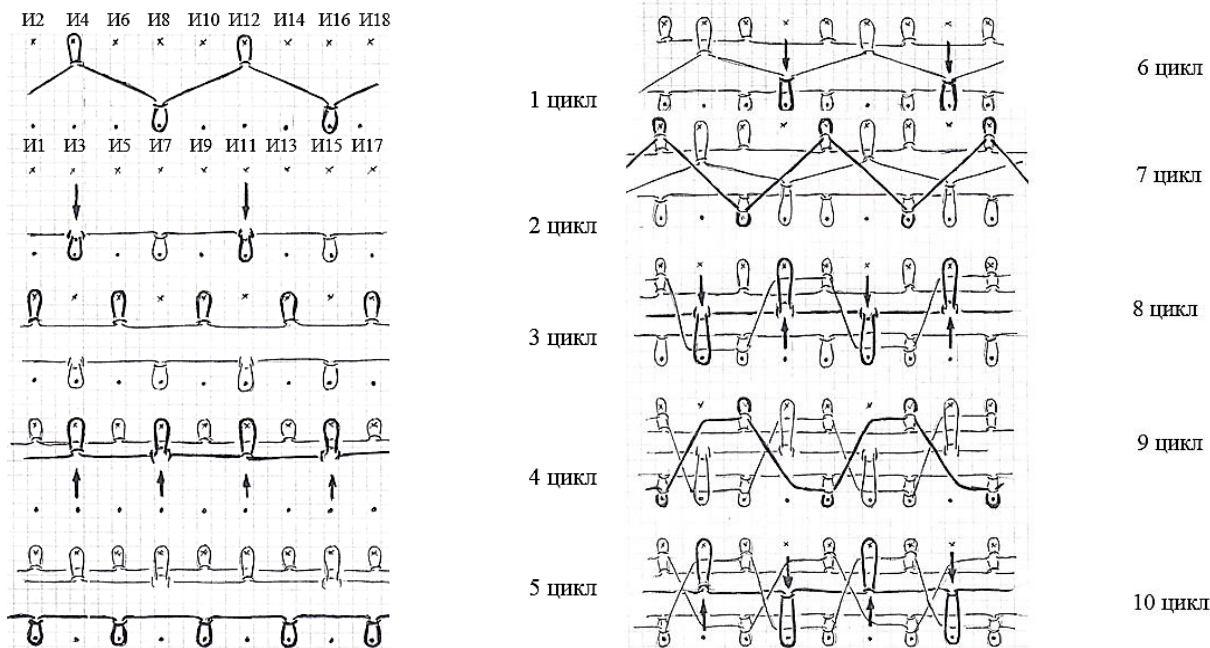


Рис. 4

В 3-м цикле на нечетных иглах  $I_{2n-1}$  задней игольницы осуществляется вязание изнаночного петельного слоя переплетением (Ги).

В 4-м цикле осуществляется перенос всех петель внутреннего петельного слоя с игл передней игольницы на иглы задней игольницы.

В 5-м цикле на иглах  $I_{2n-1}$  передней игольницы осуществляется вязание лицевого петельного слоя переплетением (Гл).

В 6-м цикле осуществляется перенос петель внутреннего петельного слоя с каждой четвертой иглы  $I_{(4+4n)}$  задней игольницы на иглы передней игольницы.

В 7-м цикле на каждой четвертой игле передней  $I_{(3+4n)}$  и задней  $I_{(1+4m)}$  игольниц осуществляется вязание соединительного петельного ряда переплетением ластик 1+1.

В 8-м цикле осуществляется перенос всех петель внутреннего петельного слоя на иглы противоположных игольниц.

В 9-м цикле на каждой четвертой игле передней  $I_{(1+4n)}$  и задней  $I_{(3+4n)}$  игольниц осуществляется вязание соединительного петельного ряда переплетением ластик 1+1.

В 10-м цикле осуществляется перенос всех петель внутреннего петельного слоя на иглы противоположных игольниц.

После этого выполнение циклов повторяется.

Рассмотренные структуры двойного трикотажа комбинированного переплетения с дополнительным внутренним петельным слоем были реализованы на плосковязальной машине "Steiger Vesta 111". Как показали экспериментальные исследования, такой трикотаж обеспечивает введение в его структуру электропроводящего петельного слоя с одновременным застилом этого слоя с лицевой и изнаночной сторон трикотажного материала.

## ВЫВОДЫ

1. Структура электропроводящего трикотажного материала должна включать в себя электропроводящий слой из металлических нитей с одновременным обеспечением его застила с лицевой и изнаночной сторон материала.

2. Разработанные структуры двойного кулирного трикотажа с дополнительным петельным слоем позволяют получать электропроводящие защитные текстильные материалы.

3. Разработанные способы вязания двойного кулирного трикотажа с дополнительным петельным слоем возможно реа-

лизовать на универсальных плосковязальных трикотажных машинах с электронным управлением.

4. Экспериментальные образцы электропроводящих материалов, выработанные на плосковязальной машине "Steiger Vesta 111", подтвердили правильность теоретических разработок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991.

2. Пospelov Е.П. Двухслойный трикотаж. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

#### REFERENCES

1. Kudrjavin L.A., Shalov I.I. Osnovy tehnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1991.

2. Pospelov E.P. Dvuhslójnyj trikotazh. – M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1982.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий.  
Поступила 03.04.17.

---

УДК 74.01/.09

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРНАМЕНТАЛЬНЫХ ТРАДИЦИЙ  
ИВАНОВСКОГО ТЕКСТИЛЬНОГО РИСУНКА  
В ПЕРИОД 1950 - 1980-х ГОДОВ**

**TRANSFORMATION  
OF IVANOV TEXTILE PATTERN ORNAMENTAL TRADITIONS  
IN THE PERIOD OF 1950 - 1980 YEARS**

*Н.В. САВИНА*  
*N.V. SAVINA*

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)  
(Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)  
E-mail: rector@sutd.ru

*В статье представлены результаты комплексного рассмотрения процесса проектирования ивановских набивных тканей второй половины XX века. Установлена тесная взаимосвязь новых направлений в искусстве оформления текстиля с традиционной орнаментикой предшествующих периодов. Выделено художественное своеобразие крупных ивановских текстильных мастерских, и определена значимость творчества отдельных художников в развитии Ивановской школы текстильного дизайна 1950-1980-х годов.*

*The article presents results of complex consideration of Ivanovo printed fabrics design process for second half of the XX century. The close relationship of new trends-in the art of textile design with traditional ornamentation for previous periods was determined. Noted artistic originality of large Ivanovo textile workshops and determined the significance of individual artists work in the development of the Ivanovo textile design school of the 1950 - 1980 years.*

**Ключевые слова:** орнаментальные традиции, ивановский текстиль, цветочный орнамент, восточный "огурец".

**Keywords:** ornamental traditions, Ivanovo textile, floral designs, oriental "cucumber".

Послевоенные годы по праву можно считать одним из ярких периодов в развитии Ивановской школы текстильного дизайна. Эти годы были отмечены активным

творческим поиском художниками оригинального способа орнаментации ткани. Перед ивановскими мастерами с особой остротой стали вставать вопросы моды,

связи тканей с костюмом, в том числе связи структуры и назначения ткани с характером рисунка. Однако, вместе с тем, художественные аспекты новых направлений в искусстве оформления текстиля второй половины XX века находились в тесной взаимосвязи с техникой и орнаментикой мастеров прошлого и являлись творческим переосмыслением сложившегося на протяжении нескольких столетий традиционного ивановского стиля [1...3].

В настоящей работе нами проанализированы работы художников в области текстильного рисунка послевоенных лет, которые в своей совокупности представляют целостную картину развития Ивановской школы текстильного дизайна 1950-1980-х гг. Выбор хронологических рамок обусловлен тем, что именно в эти годы наблюдается творческий подъем в искусстве оформления тканей, художники-текстильщики в своих работах отчетливо стали обретать свой стиль.

Особое место в изучении вопроса художественного оформления текстиля исследуемого периода занимают материалы фонда отдела "Музей ивановского ситца" Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени Д.Г. Бурulina. Прежде всего это рабочие каталоги двух крупных мастерских города – Большой Ивановской мануфактуры (БИМ) и Ивановского хлопчатобумажного комбината им. Ф.Н. Самойлова, содержащие выклейки существовавших в производстве тканей начиная с 1957 г. Нами в архиве музея были просмотрены основные текстильные коллекции периода 1970-1980-х гг. В результате выявлены и сформулированы основные классические приемы и новаторские решения в оформлении текстильной продукции исследуемых временных рамок.

К основным классическим приемам периода второй половины XX века следует отнести обращение к мотиву восточного "огурца", который принято считать основным в истории ивановского текстильного дизайна. Например, в работе А. И. Цыбиной 1975 г. рисунок решен в традиционном исполнении: тщательно проработанный мотив восточного "огурца" изображен на

красном фоне (рис. 1 – ситец, Т.А. Терентьева, 1973 г.). В работе Т.А. Терентьевой 1973 г. он вписан в композицию орнаментальных полос. Однако, возможно, что в работах он претерпевает значительную трансформацию, как по форме, так и по колористическому решению. Мотив мог быть решен обобщенно, без изящной орнаментальной проработанности, свойственной узорам дореволюционного периода. В цветовой гамме можно встретить использование коричневого, зеленого, белого, фиолетового, голубого и других цветов [4...6].

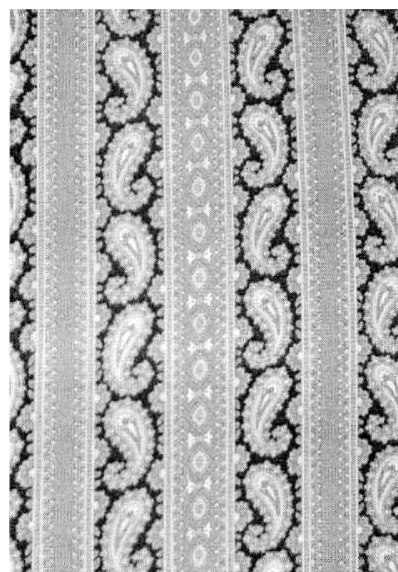


Рис. 1

Геометрический орнамент из простых форм – мелких "кругов-горохов", полос и квадратов также нашел свое отражение в творчестве художников второй половины XX века. В цветовой гамме, вместо привычного красного и черного, колористами использовался оранжевый, фиолетовый, зеленый и другие цвета. Иногда в рисунке они сочетались с небольшими растительными мотивами. Примером подобного композиционного построения служит одна из работ Н.А. Гузиковой начала 1970-х гг., где рисунок строится на основе чередующихся полос разной ширины, каждая из которых заполнена либо цветом, либо диагональными линиями и мелким горохом, либо цветочным орнаментом. В похожем направлении также работали художники А.И. Цыбина и Г.С. Соломонова [5], [6].

Период середины 1960-х - начала 1970-х годов характеризуется возросшим интересом к народному искусству. Примером подобного художественного обращения к народной культуре служат работы художников Н.С. Балагуровой и Т.А. Терентьевой. В оформлении портьерных тканей они использовали русские орнаменты, заимствованные с прялок, пряничных досок, наличников окон, резных деревянных фризов и других предметов домашнего обихода (рис. 2 – портьерная ткань, Н.С. Балагурова, нач. 1970-х гг.). Рисунок решался лаконично, в два-три цвета, крупной раппортной схемой, которая удачно сочеталась с фактурой ткани [1], [3], [7].

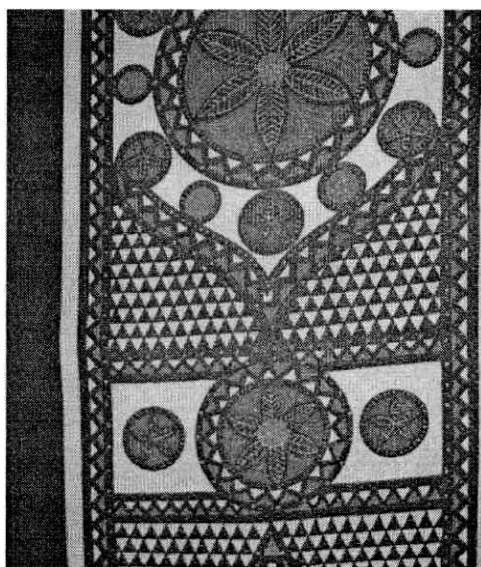


Рис. 2

Интересным периодом в развитии Ивановской школы текстильного дизайна следует назвать 1970-е гг., то время, когда художники-текстильщики в своих работах активно стали обращаться к традициям прошлого, причем не только осваивая технику и орнаменту предшественников, но и развивая, обогащая ее своими неповторимыми качествами. Современный взгляд художника и декоративные приемы прошлого в своей совокупности давали неожиданные и интересные творческие решения.

Яркими примерами обращения художников к традиционным орнаментам могут служить работы Т.К. Ананьиной "Ивановский ситец", 1974 г., где основной акцент

сосредоточен на объемных тщательно прорисованных розах, и А.А. Заикиной "Ситец народный", 1978 г., где растительный узор белого цвета по темному грунту создавал своеобразный кружевной эффект [3], [6].

Нашли свое отражение в работах мастеров-текстильщиков и типичные для ивановских ситцев мотивы европейского происхождения. Встречаются ткани с кружевными узорами и флорентийскими лилиями. Примером подобного решения служит работа Н.С. Балагуровой, 1973 г., "Декоративная", в которой традиционный европейский орнамент с кружевными узорами изображен в пастельной серо-фиолетовой цветовой гамме [7].

На тканях особенно часто изображаются розы в разных вариациях. Колористическое решение достаточно разнообразно. Например, на одной из работ Л.М. Уваровой, 1979 г., встречаются розы синего цвета, на других работах они объединены с элементами восточного орнамента или упорядочены и выстроены в композицию полос. Помимо экспериментов выпускаются ткани и с классическим решением цветочного узора [7].

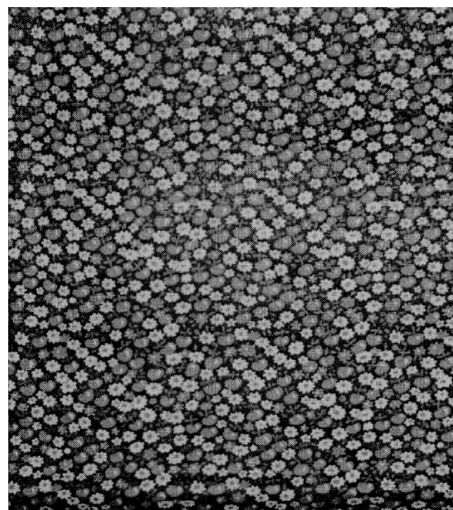


Рис. 3

Популярный европейский стиль "милфлер" получил в это время совершенно новую трактовку узора. От текстильного рисунка дореволюционного периода его отличает смелое цветовое решение и выбор растительного мотива. В основе рисунка лежат



зарисовки полевых цветов и растений, которые зачастую стилизуются и обобщаются по форме. Примером может служить работа Л.М. Уваровой "Русское поле", 1979 г. (рис. 3), где на синем фоне изображены мелкие ромашки и яблоки [7].

Однако наряду с существующими орнаментами в творчестве художников появляются совершенно новые мотивы. Художники черпают материал для своих работ из окружающей советской действительности. К основным сюжетам этого периода следует отнести символику грядущих Олимпийских игр, знаки дорожного движения, машины и трамваи, различные надписи, юбилейные клейма и др. Особенно интересны творческие сочетания старых и новых композиций. Например, в традиционный рисунок "огурцов", выполненных на белом фоне, вписана символика Олимпиады в Москве [5], [6].

Особое место в ассортименте текстильной продукции начала 1980-х гг. занимают костюмные и плательные ткани. Нередко в орнамент плательных тканей включались архитектурные мотивы и пейзажи. В рисунках тканей, рассчитанных на молодых потребителей, часто имитировалась фактура кожи, джинсовой ткани, использовались различные надписи, порой, на иностранном языке [3], [5].

Следует обратить внимание на особую область текстильного дизайна – оформление детского ассортимента тканей. Ивановские художники решают подобные рисунки достаточно оригинально. Источником вдохновения служат сказки и былины, деревня и окружающая природа. Среди основных сюжетов, используемых в оформлении текстиля – герои детских произведений, солдатики, сельские и домашние животные, матрешки, фрукты и ягоды. Встречаются сюжетные сцены, к примеру, дети, катающиеся на лыжах, санках или играющие в хоккей. С подобным ассортиментом работали такие художники, как Т.К. Ананьина, А.А. Заикина, В.А. Колесов, Г.С. Соломонова и др. [1], [5].

Особенно часто в творчестве художников в качестве раппортной схемы встречается "клетка" или "полоса". Примерами та-

кого композиционного решения рисунка служат работы А. А. Заикиной, 1961 г., где композиция из матрешек, книг и мячей вписана в схему "клетки", и Н.А. Гузиковой, 1989 г., где на синем фоне в композицию "полос" вписаны караблики различных цветов. Подобное построение текстильного рисунка встречается на протяжении всего исследуемого периода [3], [5].

Некоторые рисунки имеют познавательное значение, причем трактовка сюжета передана в доступной детскому восприятию форме. Так, например, на одном из эскизов изображены медвежата в форме ГАИ, "объясняющие" маленькому зрителю правила дорожного движения [3], [5].

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, период второй половины XX века можно считать прекрасным продолжением богатой истории Ивановской школы текстильного дизайна. Послевоенное время со своим свободным духом открыло перед мастерами текстильного орнамента новые технические и художественные возможности, постоянное стремление к самовыражению и творческим импровизациям. Вместе с тем работы художников второй половины XX века находятся в тесной взаимосвязи с традиционной орнаментикой и художественно-композиционным построением текстильного рисунка предшествующих периодов.

2. Данная нами искусствоведческая оценка богатого опыта ивановских художников исследуемого периода представляет значительную ценность для практической деятельности современных мастеров, а также для развития теории текстильного дизайна второй половины XX века.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев В.Л., Болдырева М.Д. Ивановские ситцы. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
2. Мокров К.И. Художники текстильного края. – Л.: Художник РСФСР, 1986.
3. Савина Н.В. Орнаментальные традиции и новаторство художественной мастерской Большой Ивановской Мануфактуры 1950 - начала 1980-х годов // Исторические, философские, политические и

юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – Тамбов: Грамота, 2015, №2. Ч. 1. С. 159...162.

4. Савина Н.В. Ивановский текстиль как феномен промышленного дизайна России // Изв. вузов. Гуманитарные науки. – Иваново: ИГХТУ, 2014. Том 5. № 1. С. 24...27.

5. Каталог тканей Большой Ивановской мануфактуры 1957 -2008 гг./ Фонд отдела "Музей ивановского ситца" Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени Д. Г. Бурлыгина (дата обращения: 5.02.2014).

6. Коллекция тканей Большой Ивановской мануфактуры 1970 - 1980 гг./ Фонд отдела "Музей ивановского ситца" Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени Д. Г. Бурлыгина (дата обращения: 13.02.2014).

7. Коллекция тканей Ивановского хлопчатобумажного комбината им. Ф. И. Самойлова 1970-1980 гг./ Фонд отдела "Музей ивановского ситца" Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени Д. Г. Бурлыгина (дата обращения: 25.03.2014).

#### REFERENCES

1. Solov'ev V.L., Boldyreva M.D. Ivanovskie sitcy. – М.: Legprombytizdat, 1987.

2. Mokrov K.I. Hudozhniki tekstil'nogo kraja. – L.: Hudozhnik RSFSR, 1986.

3. Savina N.V. Ornamental'nye tradicii i novatorstvo hudozhestvennoj masterskoj Bol'shoj Ivanovskoj Manufakтуры 1950-nachala 1980-h godov // Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i juridicheskie nauki, kul'turologija i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki. – Тамбов: Gramota, 2015, №2. Ч. 1. S.159...162.

4. Savina N.V. Ivanovskij tekstil' kak fenomen promyshlennogo dizajna Rossii // Izv. vuzov. Gumanitarnye nauki. – Иваново: IGHTU, 2014. Том 5. № 1. S.24...27.

5. Katalog tkanej Bol'shoj Ivanovskoj manufakтуры 1957 -2008 gg./ Fond otдела "Музей ивановского ситца" Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени D.G. Burylina (дата obrashhenija: 5.02.2014).

6. Kollekcija tkanej Bol'shoj Ivanovskoj manufakтуры 1970 - 1980 gg./ Fond otдела "Музей ивановского ситца" Ивановского государственного историко-краеведческого музея имени D. G. Burylina (дата obrashhenija: 13.02.2014).

7. Kollekcija tkanej Ivanovskogo hlopchato-bumazhnogo kombinata im. F. I. Samojlova 1970-1980 gg./ Fond otдела "Музей ивановского ситца" Ivanovskogo gosudarstvennogo istoriko-kraevedcheskogo muzeja imeni D. G. Burylina (дата obrashhenija: 25.03.2014).

Рекомендована кафедрой истории и теории искусств. Поступила 28.06.15.

УДК 687.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШКОЛЬНОЙ ФОРМЫ

## STUDY OF THE INFLUENCE OF MODEL CHARACTERISTICS ON ERGONOMIC PROPERTIES OF SCHOOL UNIFORMS

*М.А. ГУСЕВА, Г.П. ЗАРЕЦКАЯ, З.Б. БАХАДУРОВА, Д.А. АЙКЯН*  
*M.A. GUSEVA, G.P. ZARETSKAYA, Z.B. BAKHADYROVA, D.A. AIKYAN*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: guseva\_marina67@mail.ru

***В статье рассмотрены тенденции развития модельных особенностей школьной формы в России 19-20 веков и перспективные направления развития рынка одежды для школы 21 века.***

***The article considers tendencies of development of the model of characteristics of school uniform in Russia of the 19th and 20th centuries and perspective directions of development of the market of clothes for the school of the 21st century.***

**Ключевые слова:** школьная форма, мундиры, пиджаки, платья, головные уборы.

**Keywords: school uniforms, uniforms, jackets, dresses, hats.**

Задачей эргономики является создание таких условий работы для человека, которые бы способствовали сохранению здоровья, повышению эффективности труда, снижению утомляемости в течение всего рабочего дня [1]. Эргономические показатели характеризуют статическое и динамическое соответствие одежды размерам и телу человека. Дети – наиболее подвижные представители населения. Пребывание в стенах учебного заведения занимает значительную часть их времени, при этом движения большинства мальчиков и девочек характеризуются эмоциональностью и разноплановостью. От того, насколько комфортна и удобна одежда ребенка, зависит его самочувствие, а следовательно, и восприятие изучаемого материала. Школьная форма должна обеспечивать телу комфорт и удобство, как в статике, так и в динамике. Создатели школьной одежды практически на всем протяжении истории развития школьной формы старались сделать ее как комфортной, так и модной.

Многие исследователи считают, что история развития школьной формы в России начинается с 1834 г. с введением гимназических мундиров для учащихся государственных учебных заведений [2]. Шинели, мундиры и гимнастерки для мальчиков отшивались обязательно военного фасона. Отличались цветом, кантами, пуговицами и эмблемами учебных заведений. По качеству ткани и покрою можно было определить сословную принадлежность гимназиста 19 века. Украшением служили эмблемы, пуговицы, отделка серебряным галуном, а также широкие ремни с металлическими бляшками. Мальчики обязательно носили головные уборы – фуражки с лакированным козырьком. Шинели, как правило, были длинными, прямого силуэта, с двубортной застежкой на выпуклые металлические пуговицы. Воротники шинелей – стояче-отложные, с нашивками на концах. Мундиры были полуприлегающего силуэта, длиной ниже линии бедер, имели центральную застежку, воротник стойку с отделкой кантом. Шинели и мундиры отши-

вались с втачными рукавами. Покрой и силуэт верхней одежды не способствовали динамической активности гимназиста. Более комфортно ученики ощущали себя в гимнастерках. Свободу движений обеспечивали объем гимнастерки и рубашечный покррой рукавов.

Школьная форма для девочек появилась значительно позднее – в 1896 г. Это были скромные длинные платья и фартуки. Девочки-гимназистки 19 века отличались ма-нерностью, движения их были спокойны, поэтому и объем становой части платьев был незначителен. Комфортность шага обеспечивала широкая юбка.

Цветовое решение одежды для учащихся 19-20 веков – синий, серый, коричневый, цвета различных оттенков.

За многолетнюю историю разработчики школьной формы изменяли ее покррой, цвет и комплектность. Военного образца гимнастерки и широкие брюки школьники носили до 1962 г. Ничто в одежде не сковывало движений ученика. Даже широкий ремень, продетый в шлевки на линии талии, лишь фиксировал верхним краем напуск гимнастерки, обеспечивающий разнообразные движения рук. В 1973 и 1980 гг. произошли реформы школьной формы в России. Мальчиков переодели в костюмы. Но это были комфортные пиджаки или курточки с рубашечными рукавами. Необходимый объем рукава внизу фиксировали манжетами. Достаточную динамическую свободу обеспечивали вертикальные мягкие складки из-под кокетки спинки. Верхняя пуговица застежки курточек смещается вниз, к линии груди, открывая воротник сорочки.

Школьная форма для девочек мало изменилась за вековой период. Сохранилась ее комплектность (платье и фартук), классический втачной покррой рукавов, манжеты, небольшой воротник, цветовое решение, широкая юбка; изменилась лишь длина. В начале 1980-х гг. для девочек, помимо платья, вводится новая комплектность школьной формы: жакет, юбка, жилет и блузка. Жакет переходит в разряд верхней одежды,

и динамические возможности школьной формы возрастают. Жилетки с проймами достаточной глубины и блузки с рукавами рубашечного покроя не ограничивают простых движений, характерных для уроков. Движения девочек стали более активными (амплитуда размаха рук, наклоны туловища и т.д.). Большим достижением стало введение брюк в комплект школьной формы для девочек. Такому нововведению способствовала растущая эмансипация общества в конце 20 века. Кроме того, брюки незаменимы в зимнее время года.

С появлением трикотажных изделий значительно улучшились динамические характеристики одежды для школы. В настоящее время среди учащихся обоих полов популярны трикотажные джемпера, кофты, водолазки, жилетки.

Современная школьная одежда должна быть удобной, не сковывать движений ребенка, соответствовать росту, размеру, полноте. Проектирование школьной формы является многофакторной задачей. Предприятия швейной отрасли заинтересованы в расширении ассортимента детской одежды за счет введения обязательной школьной формы и нуждаются в рекомендациях, основанных на анализе отечественного рынка, с учетом предпочтений подрастающего поколения. Проведенный авторами мониторинг и анализ отечественных швейных предприятий и фабрик показал, что ассортимент изделий для школьников достаточно широк. Предприятия малого и среднего звена, как правило, ориентируются на определенного потребителя, согласовав заранее с заказчиком модели [3]. Примерный перечень изделий следующий: пиджаки, жилеты, сорочки, брюки для мальчиков; блузки, юбки, сарафаны для девочек. Популярны трикотажные жилеты, джемпера и водолазки – такие изделия носят дети обоих полов.

Государство рассматривает возможность выделения одежды для учащихся в отдельную категорию. В настоящее время школьная форма в России, выпускаемая крупными предприятиями, имеющими в штате опытных дизайнеров, обладает до-

статочно высокими эстетическими и эргономическими свойствами, качественными конструкциями. Предприятия малого и среднего бизнеса поставляют на рынок продукцию с уровнем качества несколько ниже.

В России пока нет единого стиля школьной одежды. Модная одежда для школы выбирается родителями и детьми по аналогии с современной одеждой для взрослых. В этой ситуации школьник или школьница уделяют повышенное внимание своему облику, демонстрируя себя и свой стиль. Свободная форма одежды в школе, по мнению многих, подчеркивает социальное неравенство и расслоение детского коллектива на бедных и богатых.

Мониторинг школ г. Москвы выявил, что во многих школах разработаны Положения о школьной форме, где указан желательный стиль, цветовое решение, комплектность одежды, требования к повседневной одежде учащихся, а также перечислен ассортимент одежды и обуви, запрещенных для ношения в учебное время.

В современной России актуально развитие брендовой школьной одежды. Однако, по мнению авторов, это не должны быть абстрактные модные веяния. Целесообразно введение стилевого образа, характерного для определенной школы. Это может быть регламентация покроя, цвета, отделки, аксессуаров, комплектности изделий и т.д. В некоторых школах г. Москвы введена цветовая дифференциация одежды по классам и возрастам. Единый стиль одежды способствует меньшему раздражению нервной системы за счет определенного цветового решения и фасона, что повышает концентрацию внимания школьников и приводит к уменьшению их утомляемости.

Национальный союз производителей школьной формы поддерживает идею введения единой одежды для учащихся по всей России. Эксперты считают, что это могло бы снять многие социальные вопросы, решить религиозные проблемы, помочь формированию личности ребенка, развитию хорошего вкуса, стиля, чувства меры и стать началом формирования корпоративной культуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коблякова Е.Б., Ивлева Г.И., Романов В.Е. Конструирование одежды с элементами САПР. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1988.

2. Виртуальная выставка "Из истории школьной формы в России XIX-XX вв." Сайт Департамента образования города Москвы. URL: <http://dogm.mos.ru/presscenter/news/detail/1344171.html> (дата обращения 01.10.2015)

3. Гусева М.А., Бахадурова З.Б. Анализ перспектив развития школьной формы в России // Наука, техника и образование. – 2015, № 8 (14). С. 22...24.

## REFERENCES

1. Kobljakova E.B., Ivleva G.I., Romanov V.E. Konstruirovanie odezhdy s jelementami SAPR. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Legprombytizdat, 1988.

2. Virtual'naja vystavka "Iz istorii shkol'noj formy v Rossii XIX-XX vv." Sajt Departamenta obrazovanija goroda Moskvy. URL: <http://dogm.mos.ru/presscenter/news/detail/1344171.html> (data obrashhenija 01.10.2015)

3. Guseva M.A., Bahadurova Z.B. Analiz perspektiv razvitija shkol'noj formy v Rossii // Nauka, tehnika i obrazovanie. – 2015, № 8 (14). S. 22...24.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 02.04.17.

---

УДК 677.024

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАБОЧИХ НАГРУЗОК  
В РЕМИЗЕ ТКАЦКОЙ МАШИНЫ**

**THE METHOD OF WORKLOADS CALCULATING  
IN THE HEALD OF WEAVING MACHINE**

*Е.Н. ХОЗИНА, А.Н. ГАВРИЛОВ, В.А. МАКАРОВ*  
*E.N. KHOZINA, A.N. GAVRILOV, V.A. MAKAROV*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: hozina2006@yandex.ru, gawriloff.alexej@mail.ru

*В статье предложена методика расчета кинетостатических нагрузок в опорном шарнире ремизки по восьми участкам ее движения. Установлено, что максимальная нагрузка в опорном шарнире ремизки возникает при ее подъеме от выстоя внизу до заступа и при опускании ремизки от заступа до положения выстоя внизу.*

*In article the calculation procedure of the kinetostatic loadings in the basic hinge of the heald on eight sites of her movement is offered. It is established that the maximum load in the basic hinge of the heald arises at her rise from dwell below a spade and when lowering the heald from a spade to position of dwelt below.*

**Ключевые слова:** ремизка, ведущий шарнир, кинетостатическая нагрузка.

**Keywords:** heald, leading hinge, kinetostatic loading.

Под термином "ремизка" будем понимать рабочий орган зевобразующего механизма (ЗОМа) ткацкой машины (ТМ), предназначенный для возвратно-поступательного перемещения нитей основы в направлении, перпендикулярном ее рабочему движению в процессе ткачества. Ремизка состоит из ремизной рамы (РР) с верхней и нижней планками-галевоносителями, оснащенными набором галев с пробранными в

него частью основы (стренгой) для выработки ткани определенного раппорта переплетения. В общий блок ремизок входят также ремизки, предназначенные для формирования кромок ткани.

Нагрузка в ведущем шарнире работающей ремизки ТМ зависит от: массы ремизной рамы  $m_{RR}$ ; массы галев  $m_G$ , установленных в ремизную раму; натяжения нитей основы  $T_{ЗЕВ}$  в процессе зевобразования;

числа нитей основы  $M_{СТР}$  в стренге, пробранных в одну ремизку; длины  $L_i$  переднего зева  $i$ -й ремизки; вылета зева  $i$ -й ремизки  $L_{ВЗi}$ ; вертикального перемещения  $h_{ЗЕВi}$ , нити основы галевом  $i$ -й ремизки от горизонтали ТМ; расстояния  $h_{ЗАСТi}$  положения заступа основы  $i$ -й ремизки от горизонтали ТМ; закона движения ремизки ( $S_{РЕМ}$ ;  $V_{РЕМ}$ ;  $a_{РЕМ}$ ); формы и размера частей зева основы, образуемого одной ремизкой за один цикл ее движения, углов верхней  $\alpha_{ВВЗ}$  и нижней  $\alpha_{НВЗ}$  ветвей переднего зева; числа опорных шарниров (ОШ) ремизки к меха-

низму движения; числа оборотов  $n_{ГВ}$  главного вала ТМ [1].

Влияние всех перечисленных факторов приводит к возникновению в РР и ее ОШ от:

1) весов РР и ее оснастки  $G_{РЕМ}$ :

$$G_{РЕМ} = (m_{РР} + M_{СТР} m_{Г}) g, \quad (1)$$

2) сил воздействия основы на галева ремизки и через них на ремизную раму  $N_{ОСН}$ , и определяемую как:

$$N_{ОСН} = f(T_{ЗЕВ}; M_{СТР}; \alpha_{ВВЗ}; \alpha_{НВЗ}; L_i; L_{ВЗi}; h_{РЕМi}; h_{ЗАСТi}), \quad (2)$$

3) сил инерции  $F_{ИН}^{РЕМ}$  ремизки (РР с галевами), определяемые как:

$$F_{ИН}^{РЕМ} = (m_{РР} + N_{СТР} m_{Г}) a_{РЕМ}, \quad (3)$$

где  $a_{РЕМ} = f(S_{РЕМ}; V_{РММ}; n_{ГВМ})$  ускорение ремизки,

4) сил суммарного  $\sum F_{РЕМ}$  воздействия работающей ремизки на рабочие шарниры механизма ее привода ЗОМа, определяемые как:

$$\sum F_{РЕМ} = (\pm N_{ОСН} \pm F_{ИН}^{РЕМ} + G_{РЕМ}), \quad (4)$$

5) сил воздействия  $N_{РЕМ}$  ремизки на один рабочий шарнир механизма:

$$N_{РЕМ} = [\sum F_{РЕМ}] / n_{ОШ}, \quad (5)$$

где  $n_{ОШ}$ , ед. – число ОШ РР.

Рассмотрим режим работы ЗОМа и соотношение при этом указанных сил. Полный цикл движения ремизки при полотняном переплетении происходит за два оборота главного вала машины (ГВМ). Пятая секция механизма ремизного движения (МРД) будет наиболее нагружена, так как у 9 и 10-й ремизок (нумерации от берда) наибольшая величина полного перемещения [2].

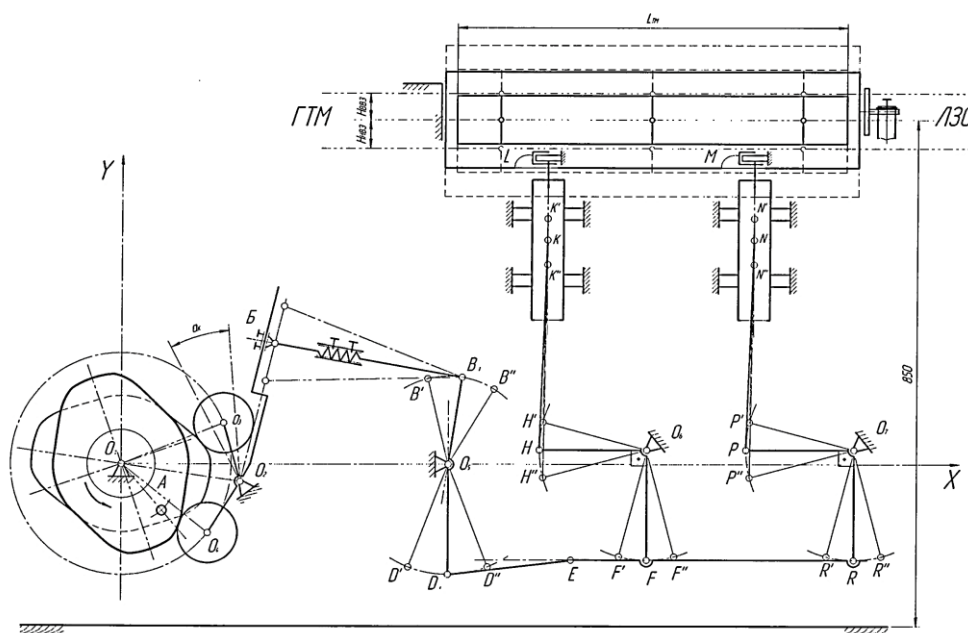


Рис. 1

За положительное направление действия силы  $N_{РЕМ}$  выбираем направление вверх по отношению к опорной плоскости ТМ, то есть по оси Y на кинематической схеме (КС) ЗОМ механизма МРД (рис. 1).

Сила  $N_{РЕМ}^{ВН}$  в шарнире РР при ее выстое внизу будет равна:

$$N_{РЕМ}^{ВН} = (N_{СТР}^{МАКС} - G_{РЕМ}) / \text{пош.} \quad (6)$$

Приближенно можно считать, что при выстое ремизки внизу на ведущие шарниры МРД действует только вес ремизной рамы:

$$N_{РЕМ}^{ВН} \approx -G_{РР} / \text{пош.} \quad (7)$$

Такое допущение возможно, так как вес галев уравнивает силу воздействия основы на ремизку, а через них она может воздействовать на РР:

$$N_{СТР} \approx G_{Г} = m_{Г} g. \quad (8)$$

При движении ремизки вверх к линии заступа вес РР и галев остается постоянным, а сила воздействия основы на галева и ремизку быстро падает до нуля, однако возникает и достигает максимума сила инерции. Сила на ведущем шарнире при максимальном ускорении ремизки (1/3...1/2 ее движения вверх к положению заступа) будет равна:

$$N_{РЕМ}^{ДНЗ} \approx -G_{РЕМ} - F_{ИН}^{РЕМ} + \Delta N_{ОСН}. \quad (9)$$

По сравнению с  $G_{РЕМ}$  и  $F_{ИН}^{РЕМ}$  сила от натяжения основы  $\Delta N_{ОСН} \approx G_{Г}$  незначительна. Можно считать, что:

$$N_{РЕМ}^{ДНЗ} \approx -(G_{РР} + F_{ИН}^{РЕМ}) / \text{пош.} \quad (10)$$

В момент прохода РР в область заступа сила инерции равна нулю, воздействие натяжения основы отсутствует или минимально. В этом случае на шарниры МРД действует только вес ремизки:

$$N_{РЕМ}^{ЗАСТ} = -G_{РЕМ} / \text{пош.} \quad (11)$$

Пройдя с максимальной скоростью положение заступа, ремизка начинает замедляться, и на 1/2...1/3 ее пути сила инерции  $F_{ИН}^{РЕМ}$  направлена против движения ремизки. Тогда сила в ведущем шарнире равна:

$$N_{РЕМ}^{ДВВ} \approx (-G_{РЕМ} + F_{ИН}^{РЕМ} - \Delta N_{ОСН}) / \text{пош.} \quad (12)$$

При подходе ремизки к положению открытого зева сила натяжения основы тормозит ее и тем самым увеличивает силу воздействия на ремизку. Примем, что  $\Delta N_{ОСН} \approx G_{Г}$ . На участке движения от заступа к выстою вверх ремизка будет воздействовать на ОШ МРД с силой:

$$N_{РЕМ}^{ДВВ} = [- (G_{РР} + 2G_{Г}) + F_{ИН}^{РЕМ}] / \text{пош.} \quad (13)$$

Дойдя до положения открытого зева, ремизка останавливается, то есть – выстой, сверху на нее действуют одновременно две силы  $G_{РЕМ}$  и  $N_{СТР}^{МАКС}$ :

$$N_{РЕМ}^{ВВ} = - (G_{РЕМ} + N_{СТР}^{МАКС}) / \text{пош.} \quad (14)$$

Условно принимая, что  $N_{СТР}^{МАКС} \approx G_{Г}$ , можно считать:

$$N_{РЕМ}^{ВВ} = - (G_{РР} + 2G_{Г}) / \text{пош.} \quad (15)$$

Из выстоя вверх ремизка начинает обратное движение вниз, и на 1/3...1/2 ее пути, не доходя до положения заступа, сила инерции ремизки и галев направлена вверх, то есть против сил веса, РР достигает максимума:

$$N_{РЕМ}^{ДНЗ} \approx (-G_{РЕМ} + F_{ИН}^{РЕМ} - \Delta N_{ОСН}) / \text{пош.} \quad (16)$$

Допустив, что  $\Delta N_{ОСН} \approx G_{Г}$ , а  $F_{ИН}^{РЕМ} = m_{РР} \cdot a_{РЕМ}$ , тогда

$$N_{РЕМ}^{ДНЗ} \approx [m_{РР} (a_{РЕМ} - g) - 2 G_{Г}] / \text{пош.} \quad (17)$$



В области застуха  $\Delta N_{\text{ОСН}} = 0$ , а ремизка движется с постоянной скоростью, то есть  $F_{\text{ИН}}^{\text{РЕМ}} = 0$ . В этом случае:

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ЗАСТ}} = -G_{\text{РЕМ}} / \text{нош}. \quad (18)$$

При движении от застуха к выстою в нижнем положении сила инерции ремизки будет максимальна и будет направлена так же, как и сила веса, но против возрастающего натяжения основы  $T_{\text{СТР}}$ , и при этом  $\Delta N_{\text{ОСН}} \approx G_{\Gamma}$ . Тогда  $N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДВВ}}$  определяется следующим образом:

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДВВ}} \approx - (G_{\text{PP}} + F_{\text{ИН}}^{\text{РЕМ}}) / \text{нош}. \quad (19)$$

Дойдя до своего нижнего положения, ремизка выстаивает при  $\Delta N_{\text{ОСН}} \approx G_{\Gamma}$ . На ведущие шарниры будет действовать сила, определяемая как:

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ВН}} \approx -G_{\text{PP}} / \text{нош}. \quad (20)$$

Нагрузка на ОШ ремизки в нижнем выстою будет минимальной:

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ВН}} < N_{\text{РЕМ}}^{\text{ЗАСТ}} < N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДВВ}}.$$

При движении ремизки от застуха вверх, к выстою в верхнее положение, и движении вниз, из выстою сверху к застуху, нагрузка на ведущий шарнир определяется соотношением веса ремизки и силы ее инерции:

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДВВ}} = - (G_{\text{PP}} - F_{\text{ИН}}^{\text{РЕМ}}) / \text{нош};$$

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДНЗ}} = - [m_{\text{PP}} (a_{\text{РЕМ}} - g) - 2 G_{\Gamma}] / \text{нош};$$

$$N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДНЗ}} \geq N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДВВ}}.$$

Масса и вес РР различных видов в зависимости от ширины заправки ТМ приведены в табл. 1 (масса\* ремизных рам для ТМ СТБ и СТБУ, поставляемых основными заводами-изготовителями: МЭЗ-1, Тэксо, Ремиз, Элитекс, Гроб).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Типоразмер станка СТБ	Масса ремизной рамы (без оснастки), кг						
		МЭЗ-1 (г. Москва)		Тэксо (г. Москва)	Ремиз (г. Иваново)		Элитекс (Чехия)	Гроб (Швейцария)
		сталь под витые галева	алюминий под пластинчатые галева	алюминий под пластинчатые галева	алюминий под пластинчатые галева	алюминий под пластинчатые галева	алюминий под пластинчатые галева	алюминий под пластинчатые галева
1	СТБ(У)-180	3,9	4,8	4,6	3,6	4,6	5,2	4,5
2	СТБ(У)-220	4,7	5,8	5,5	4,2	5,4	6,3	5,4
3	СТБ(У)-250	5,4	6,7	6,4	4,9	6,3	7,2	6,3
4	СТБ(У)-280	6,1	7,6	7,2	5,6	7,0	7,9	7,0
5	СТБ(У)-330	7,0	9,1	8,6	6,6	8,4	9,5	8,4
6	СТБ(У)-360	7,6	10,1	9,5	8,3	10,3	10,4	9,4
7	СТБ(У)-390	8,2	10,9	10,4	8,9	11,1	11,5	10,4
8	СТБ(У)-450	9,5	12,5	12,0	10,1	12,4	13,2	11,9

П р и м е ч а н и е. \*Масса указана без оснастки витыми или пластинчатыми галевами.

Масса и вес галев в ремизке зависят от вида галев (витое, пластинчатое), от плотности и раппорта вырабатываемой ткани по основе и от заправочной ширины ТМ [3]. Эти параметры приведены в табл. 2 (зави-

симость технологической нагрузки  $N_{\Gamma}$  на 10-ю ремизку ТМ СТБ(У) от заправочной ширины  $L_{\text{ТМ}}$  и вида основной пряжи; галева пластинчатые, мах галев 280 мм, вес 100 шт – 1,74...1,8 Н).

Таблица 2

$L_{TM}$ , см	180	220	250	280	330	360	390	420	450
$L_{\text{макс по берд}}$ , см	174	214	246	276	324	354	384	412	442
$M_{T3}$ , ед, число нитей в ткацкой заправке	4300	5300	6100	6900	8100	8800	9600	10300	11000
$M_{T3}$ , ед, число нитей в 1 ремизке	500	650	760	860	1000	1100	1200	1300	1400
$G_{\text{рем}}$ , Н	81,0	88,2	99,5	123,2	138,3	154,0	169,7	177,8	186,4
Вес галев $G_{\text{пг}}$ , Н	9,0	11,8	13,5	15,3	17,7	19,5	21,3	23,2	24,1
$\sum G_{\text{рем}}$ , Н	90,0	100,0	113,0	138,5	156,0	173,5	191,0	201,0	210,5
$F_T$ , Н/нить, при $N_T = G_{\text{рем}}$	0,18	0,17	0,17	1,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
$N_T$ , Н, при $\alpha_3 = 28^\circ$ , шерсть	184	290	280	315	370	405	440	475	515
$N_T$ , Н, при $\alpha_3 = 24^\circ$ , х/б	85	110	120	145	170	185	205	220	240
$N_T$ , Н, при $\alpha_3 = 18^\circ$ , лен	67,5	88,0	102,5	116,0	135,0	148,5	162,0	175,5	189,0

Примечание.  $F_T^{\text{шерсть}} = 0,368$ ;  $F_T^{\text{х/б}} = 0,17$ ;  $F_T^{\text{лен}} = 0,134$ .

По формулам (6), (10), (11), (15)...(20) определяем максимальные и текущие значения силы в ведущем шарнире МРД, на всех восьми участках ее движения, и увеличиваем расчетные их значения на 7...12%.

Для учета влияния сил трения в шарнирах и иных диссипативных сопротивлений движению ремизки, ползунам, рычагам и тягам МРД следует увеличить расчетные значения нагрузок в шарнире в МРД на 10...15% [4].

На рис. 2-а приведен график изменения расчетной, кинетостатической нагрузки в опорном шарнире, РР, шарнир L (рис. 1), когда инерционная нагрузка ремизки  $F_{\text{ин}}^{\text{РЕМ}}$  в три раза превосходит вес  $G_{\text{рем}}$  ремизки, а суммарный вес галев  $G_T$  составляет 20% от веса РР. В табл. 3 приводятся значения максимальных нагрузок в ОШ, рассчитанные относительно силы веса РР.

На рис. 2-б представлен график изменения нагрузок в ведущем шарнире привода, но с учетом собственной частоты динамической нагрузки в Р-С передаче (амплитуда

динамической составляющей 25% от максимальной расчетной, кинетостатической нагрузки  $N_{\text{РЕМ}}^{\text{ДВЗ}}$ ).

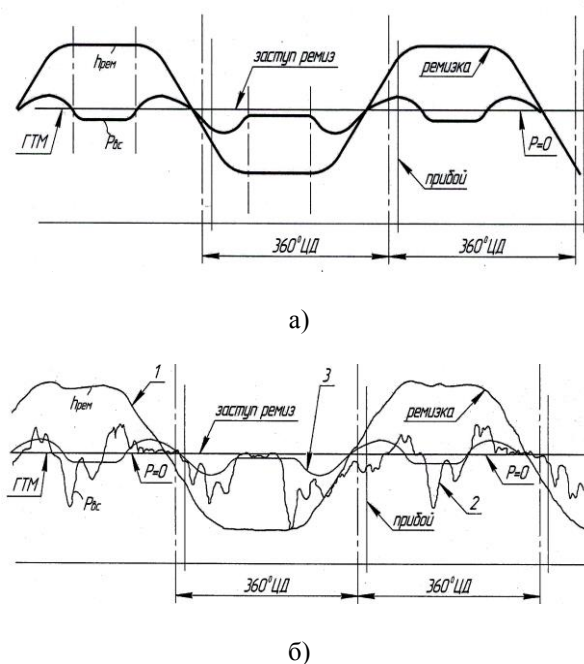


Рис. 2

Таблица 3

$L_{TM}$ , М	1,8	1,8	1,8	2,8	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5
$F$ , Н	960	810	780	950	920	955	1005	1060	1035
$a_g$	4,8g	3,6g	3,1g	2,9g	2,5g	2,4g	2,3g	2,2g	2,0g
%	100	84,4	81,3	99	96	99,5	105	110,4	108

## ВЫВОДЫ

1. Предложены формулы расчета кинестатических нагрузок в ОШ ремизки по восьми участкам ее движения.

2. Выявлено, что максимальная нагрузка в ОШ ремизки развивается при ее подъеме от выстоя внизу до заступа и при опускании ремизки от заступа до положения выстоя внизу.

3. Расчет прочности, надежности и долговечности РР и элементов их МРД следует проводить с учетом значений параметров движения 10-й ремизки (5-я секция) ЗОМа ТМ с кулачковым приводом и 18-й ремизки при кареточном приводе.

4. Для снижения обрывности кромочной основы производить заправку кромочных нитей в ремизки, первые от берда, увеличивая их ход на 25...30% от их перемещений, соответствующих установке "чистого зева".

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Лебзак А.В. О выборе закона движения, применяемого в приводе зевообразующего механизма (ЗОМ) ткацкого станка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С. 83...87.

2. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Лебзак А.В. САПР для расчета наладочных параметров кулачковой коробки по заданному технологическому зеву // В мире оборудования. – 2004, №5. С. 28...30.

3. Гордеев В.А. Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. – М.: Легкая индустрия, 1965.

4. Теория механизмов и машин / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др. / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1987.

## REFERENCES

1. Makarov V.A., Hozina E.N., Lebzak A.V. O vybere zakona dvizhenija, primenjajemogo v privode zevoobrazujushhego mehanizma (ZOM) tkackogo stan-ka // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2004, №6. S. 83...87.

2. Makarov V.A., Hozina E.N., Lebzak A.V. SAPR dlja rascheta naladochnyh parametrov kulachkovoj korobki po zadannomu tehnologicheskomu zevu // V mire oborudovanija. – 2004, № 5. S. 28...30.

3. Gordeev V.A. Dinamika mehanizmov otpuska i natjazhenija osnovy tkackih stankov. – M.: Legkaja industrija, 1965.

4. Teorija mehanizmov i mashin / K.V. Frolov, S.A. Popov, A.K. Musatov i dr. / Pod red. K.V. Frolova. – M.: Vysshaja shkola, 1987.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 15.10.15.

УДК 677.054

## МОДЕЛЬ ИЗНАШИВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ТОРМОЗА УТОЧНОЙ НИТИ СТАНКА СТБ В ПЕРИОД УСТАНОВИВШЕГОСЯ ИЗНАШИВАНИЯ

### THE MODEL WEARS STEEL PLATE BRAKE THE WEFT YARN OF THE MACHINE STB IN PERIOD STEADY-STATE WEAR

*Е.В. КРИВОШЕЙНА, Г.К. БУКАЛОВ*  
*E.V. KRIVOSHEINA, G.K. BUKALOV*

(Костромской государственной университет )  
(Kostroma State University)  
E-mail: lmdepart@kstu.edu.ru

*При изнашивании стальной пластины тормоза уточной нити ткацкого станка СТБ уточной пряжей наблюдается два периода. Первый период – изнашивание с продольным и поперечным движением уточной нити, и второй*

*период – установившееся изнашивание только с продольным движением нити. Именно в этот период происходит наиболее интенсивный износ стальной пластины тормоза уточной нити. Разработка математической модели изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити в период установившегося изнашивания представляет наибольший интерес, так как именно в это время величина износа достигает предельной величины.*

*When you wear steel plates brake the weft yarn loom STB weft yarn is observed in two periods. First period - wear with longitudinal and transverse movement of the weft yarn and the second period - only the steady-state wear with the longitudinal movement of the thread. It is in this period is the most intensive wear of the steel plate of the brake the weft yarn. Develop a mathematical model of the wear of steel plates brake the weft yarn in period steady-state wear is of greatest interest because it was at this time the amount of wear reaches the limit value.*

**Ключевые слова:** пряжа, нитепроводник, случайное поперечное перемещение, изнашивание.

**Keywords:** yarn, vice provost, accidental transverse displacement, wear.

Ранее [1...4] было показано, что изнашивание стальной пластины тормоза уточной нити ткацкого станка СТБ ведет к повышению обрывности уточной нити. Для борьбы с изнашиванием стальной пластины тормоза уточной нити используют различные методы – производственные и прочие. Для разработки методов повышения износостойкости стальной пластины тормоза уточной нити необходимо создать математические модели процессов ее изнашивания. При изнашивании стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ уточной пряжей наблюдается два периода [5]. Первый период – изнашивание с продольным и поперечным движением уточной нити по пластине, и второй период – изнашивание только с продольным движением нити. Второй период называют периодом установившегося изнашивания. Именно в этот период происходит наиболее интенсивный износ стальной пластины тормоза уточной нити. В период установившегося изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити пряжа движется в канавке износа, следовательно, ширина контакта пряжи со стальной пластиной есть величина постоянная, что используется для разработки модели изнашивания. Стальную пластину тормоза принимаем приближенно абсолютно гибким телом, так как ее толщина –

менее 0,1 мм значительно меньше ее длины 90 мм. При этом полагаем, что пряжа совершает только продольное перемещение.

Рассмотрим контакт стальной пластины тормоза уточной нити с пряжей, огибающей цилиндрический участок ситалловой накладке лапки тормоза (рис. 1 – схема взаимодействия нити с деталями уточного тормоза:  $\varphi$  – угол охвата стальной пластиной ситалловой накладке тормоза;  $T_0$  – натяжение стальной пластины в зоне набегания на ситалловую накладку;  $T_1$  – натяжение стальной пластины в зоне сбегания с ситалловой накладке;  $ds$  – элементарный участок контакта нити со стальной пластиной,  $ds \rightarrow 0$ ;  $v$  – скорость продольного движения нити;  $S$  – длина дуги контакта нити с нитепроводником;  $R$  – текущий радиус кривизны стальной пластины).

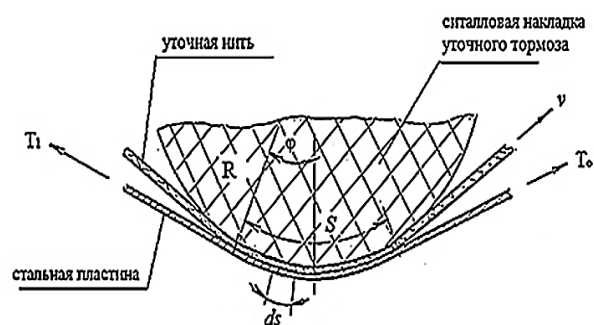


Рис. 1

Выделим участок контакта пряжи со стальной пластиной и ситалловой накладкой длиной  $ds \rightarrow 0$ , (рис. 1 и рис. 2-а) и положим, что эпюра нормальных давлений в контакте пряжи и стальной пластины описывается следующей зависимостью (рис. 2-а):

$$p = p_{\max} f(x),$$

где  $p_{\max}$  – величина максимального нормального давления в зоне контакта;  $p_{\max} = \text{const}$  для данного участка контакта;

$$p = \int_0^{d_n} p dx = \int_0^{d_n} p_{\max} f(x) dx = p_{\max} \int_0^{d_n} f(x) dx.$$

Известно, что в механике нити величина силы нормального давления, приходящаяся на единицу длины нити, рассчитывается по формуле:

$$p = \frac{T}{R} = \frac{dN}{ds},$$

где  $T$  – натяжение стальной пластины в точке;  $R$  – радиус кривизны стальной пластины в данной точке.

Для расчета максимального давления стальной пластины на поверхность пряжи, приравняем последние выражения, после простых преобразований получим:

$$p_{\max} = \frac{T}{R \int_0^{d_n} f(x) dx}.$$

Как показали эксперименты [6], ширина контакта пряжи с деталями по длине контакта меняется незначительно, поэтому допустим  $d_n = \text{const}$ . Полагая, что закон изменения давления по длине контакта не изменяется, получаем:

$$\int_0^{d_n} f(x) dx = \text{const} = B, \quad p_{\max} = \frac{T}{RB}, \quad (1)$$

где  $B$  – постоянная для данного контакта стальной пластины с пряжей, характеризующая неравномерность распределения давления по ширине контакта.

$f(x)$  – непрерывная функция, изменяющаяся от 0 до 1, при  $0 \leq x \leq b$  и, имеющая вторую производную;  $d_n$  – ширина площадки номинального контакта с нитепроводником, полагаем  $d_n$  – равняется диаметру нити.

Для вычисления силы нормального давления пластины  $p$ , приходящейся на единицу длины контакта с пряжей, необходимо последнюю формулу проинтегрировать по ширине контакта, то есть от 0 до  $d_n$ , тогда получим:

Известно, что изнашивание стальной пластины, как нитепроводящей детали, носит абразивный характер [7]:

$$U = npL,$$

где  $U$  – линейный износ пластины;  $n$  – коэффициент износа;  $L$  – путь трения.

Глубиной канавки износа считается максимальная ее глубина по длине контакта, так как выбраковка нитепроводника происходит при достижении канавкой некоторой предельной глубины, хотя бы в одной зоне. Для расчета глубины канавки износа (линейного износа) нитепроводника необходимо в последнюю формулу подставить формулу (1), так как максимальному давлению соответствует максимальный износ (изменением эпюры давлений в процессе изнашивания пренебрегаем), тогда получим:

$$U = n L \frac{T}{RB} = \frac{n}{B} L \frac{T}{R}.$$

Введем постоянную –  $K = \frac{n}{B}$ , характеризующую механические свойства пластины, пряжи и условия изнашивания. С учетом новой постоянной –  $K$  и формулы Эйлера последнее выражение можно записать в следующем виде:

$$U = \frac{KLT_0 e^{\mu\varphi}}{R}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – натяжение набегающей ветви пластины;  $\mu$  – коэффициент трения нити по стальной пластине;  $\varphi$  – угол охвата стальной пластиной ситалловой накладкой лапки тормоза.

Линейный износ стальной пластины прямо пропорционален силе нормального давления, приходящейся на единицу длины контакта с нитью.

Если пренебречь изменением эпюры нормального давления пластины, приходящейся на единицу длины контакта с нитью по длине контакта и краевыми эффектами, то величина силы нормального давления, приходящейся на единицу длины контакта (2), будет прямо пропорциональна износу стальной пластины тормоза (рис. 1).

Рассмотрим контакт пряжи со стальной пластиной при положении пряжи в канавке износа (рис. 2-б). Глубину канавки износа полагаем менее  $d_n$  – диаметра пряжи. Выделим участок контакта пряжи со стальной пластиной и ситалловой накладкой длиной  $ds \rightarrow 0$  (рис. 1). На рис. 2 представлена схема изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ скользящей пряжей: 1 – стальная пластина; 2 – лапка тормоза; 3 – нить; а) в начальной стадии, б) в стадии образования канавки.

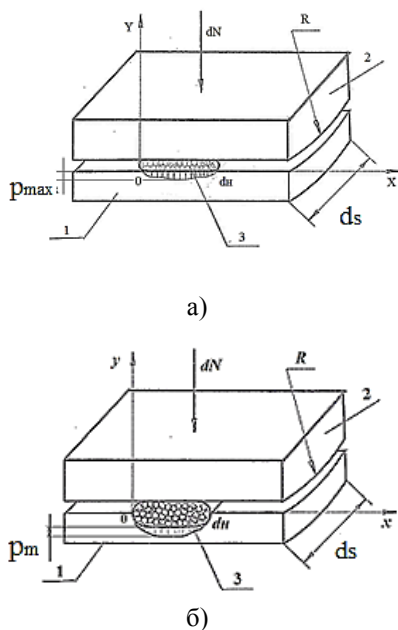


Рис. 2

Положим, что эпюра нормальных давлений в контакте описывается следующей зависимостью:

$$p = p_m f(x),$$

где  $p_m$  – величина максимального нормального давления,  $p_{max} = \text{const}$  для данного участка контакта;  $f(x)$  – непрерывная функция, изменяющаяся от 1 до 0 при  $0 \leq x \leq d_n$  и имеющая вторую производную;  $d_n$  – диаметр пряжи, равный ширине контакта пряжи со стальной пластиной тормоза уточной нити. Известно [6], что ширина канавки износа, равная ширине контакта, равна диаметру нити.

Для расчета силы нормального давления стальной пластины на пряжу, приходящейся на единицу длины  $p$ , необходимо последнюю формулу проинтегрировать от 0 до  $d_n$  по ширине контакта. После этого получим:

$$p = \int_0^{d_n} p dx = \int_0^{d_n} p_m f(x) dx = p_m \int_0^{d_n} f(x) dx.$$

Поскольку для данного участка пластины величина  $p_m = \text{const}$ , ее можно выносить за знак интеграла.

Известно, что в механике нити величина силы нормального давления, приходящаяся на единицу длины нити, рассчитывается по формуле:

$$p = \frac{T}{R}.$$

Для расчета максимального давления пластины на пряжу приравняем последние выражения и выразим отсюда  $p_m$ :

$$p_m = \frac{T}{R \int_0^{d_n} f(x) dx}.$$

Учитывая, что ширина контакта (ширина канавки износа)  $d_n$  постоянна и допуская, что закон изменения давления по ширине контакта не изменяется, приходим к следующему выражению:

$$p_m = \frac{T}{RB},$$

где  $B = \int_0^{d_n} f(x)dx = \text{const}$  – постоянная для данного контакта «стальная пластина – пряжа», характеризующая неравномерность распределения давления по ширине контакта.

Известно, что изнашивание нитепроводящих деталей носит абразивный характер, поэтому рассчитываем износ по формуле для абразивного изнашивания [7]:

$$U = npL.$$

Для расчета линейного износа стальной пластины необходимо в последнее выражение подставить значения максимального давления в контакте нити со стальной пластиной. Поскольку именно в точке, где давление максимально, и происходит максимальный износ, получим:

$$U = \frac{n}{B} L \frac{T}{R}.$$

Введем новую постоянную  $K = \frac{n}{B}$ , характеризующую механические свойства пряжи, стальной пластины и условия изнашивания. С учетом новой постоянной и формулы Эйлера последнее выражение можно записать в следующем виде:

$$U = \frac{KL T_0 e^{\mu\varphi}}{R}. \quad (3)$$

Линейный износ стальной пластины тормоза уточной нити скользящей пряжей при глубине канавки, не превышающей половину диаметра нити, прямо пропорционален силе нормального давления, приходящейся на единицу длины контакта стальной пластины с пряжей. Отметим, что выражения (2) и (3) совпадают до обозначений, то есть закономерности изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити в начальный период установившегося изнашивания, то есть изнашивания без учета поперечного движения пряжи и при нахождении пряжи в канавке изнашивания одинаковы.

1. Разработаны математические модели процесса установившегося изнашивания пластины тормоза уточной нити: а) – в начальный период установившегося изнашивания, то есть без учета износа пластины и поперечного движения пряжи и б) – в завершающий период при нахождении пряжи в канавке износа.

2. Математические модели процесса установившегося изнашивания пластины тормоза уточной нити позволят создавать новые конструкции ситалловой накладки тормоза, позволяющие повысить износостойкость стальной пластины, и, следовательно, снизить обрывность уточных нитей на станке СТБ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К., Сусоева И.В. Анализ фрикционного взаимодействия уточной нити с деталями тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С. 152...155.
2. Кривошеина Е.В. и др. Анализ изнашивания пластин тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 139...141.
3. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Повышение износостойкости пластины тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С. 120...123.
4. Кривошеина Е.В. Анализ производственных методов повышения износостойкости нитепроводящих деталей ткацких станков СТБ2-175 // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2015, №2. С. 38...40.
5. Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Математическая модель начального периода изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С. 189...193.
6. Букалов Г.К. Совершенствование формы нитепроводящих деталей с целью повышения их износостойкости: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, 1989.
7. Худых М.И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. – М.: Легкая индустрия, 1980.

## REFERENCES

1. Krivosheina E.V., Bukalov G.K., Susoeva I.V. Analiz frikcionnogo vzaimodejstvija utočnoj niti s detaljami tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S. 152...155.
2. Krivosheina E.V. i dr. Analiz iznashivaniya plastin tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.139...141.
3. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Povyshenie iznosostojkosti plastiny tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S. 120...123.
4. Krivosheina E.V. Analiz proizvodstvennyh metodov povysheniya iznosostojkosti niteprovodjashhih detalej tkackih stankov STB2-175 // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2015, №2. S. 38...40.
5. Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Matematicheskaja model' nachal'nogo perioda iznashivaniya stal'noj plastiny tormoza utočnoj niti stanka STB // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5. S. 189...193.
6. Bukalov G.K. Sovershenstvovanie formy niteprovodjashhih detalej s cel'ju povysheniya ih iznosostojkosti: Dis... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 1989.
7. Hudyh M.I. Jekspluatacionnaja nadezhnost' i dolgovechnost' oborudovaniya tekstil'nyh predpriyatij. – M.: Legkaja industrija, 1980.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 14.10.16.

УДК 69.07

## К СТАТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ПЛАСТИНЧАТО-СТЕРЖНЕВЫХ ФЕРМ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ

## TO THE STATIC CALCULATION OF PLATE-ROD TRUSSES VARIOUS CONSTRUCTIVE SYSTEMS

А.Н. ТОПИЛИН  
A.N. TOPILIN

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research University Moscow State University of Civil Engineering)  
E-mail: alex-topilin@mail.ru

*В настоящей статье рассматриваются вопросы применения пластинчато-стержневых конструкций в промышленном и гражданском строительстве, а также статический расчет основных конструктивных решений пластинчато-стержневых ферм с различными вариантами загрузки.*

*Данные конструкции отличаются экономической эффективностью, которая обусловлена тем, что элементы этих конструкций, в целом подверженных силовому воздействию, осложненному кручением, работают в условиях более простого силового воздействия. Экспериментальные исследования подтвердили правильность определения усилий в элементах пластинчато-стержневой конструкции и расчетов ее прочности и деформативности.*

*This article contains information about application of plate-stem constructions in industrial and civil engineering, as well as static design of basic types of plate-stem structures with different types of load.*

*These structures could be highly economically effective because of exchange of complicated tension force effect to their elements to simpler force effect. Experimental studies approved correctness of evaluation of the forces in the elements of plate-rod design and calculations of its strength and deformability.*



**Ключевые слова:** пластинчато-стержневая конструкция, статический расчет ферм, железобетонные конструкции.

**Keywords:** plate-stem structure, static analysis of trusses, reinforced concrete structure.

Общей особенностью пластинчато-стержневых конструкций является наличие решетки между продольными поясами, причем хотя бы один пояс и раскосы выполнены в виде пластин, ориентированных большей стороной поперечного сечения из плоскости самой конструкции [1...3].

На рис. 1 изображены пластинчато-стержневые ферма (а), колонна (б) и плита перекрытия (в).

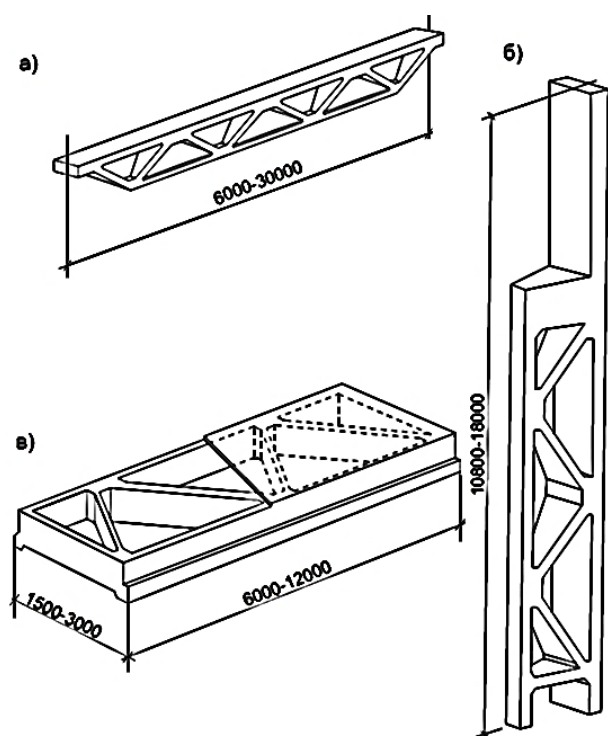


Рис. 1

Относительно гравитационных сил плоскость симметрии пластинчато-стержневых конструкций в целом может быть расположена параллельно (вертикально), как это имеет место в фермах, и перпендикулярно (горизонтально), как это имеет место в плитах покрытий и перекрытий.

Пластинчатые элементы способны сопротивляться действию изгибающих моментов, если они действуют в плоскостях этих пластин, и не сопротивляются изгибающим моментам, действующим из их плос-

кости. Благодаря этому пластинчато-стержневые конструкции в целом при внешних нагрузках, действующих в их собственных плоскостях, ведут себя как традиционные плоские фермы, но обладают высокой сопротивляемостью действию нагрузок, направленных из плоскости конструкций, и весьма высокой жесткостью на кручение, соизмеримой с жесткостью конструкций на изгиб в своей плоскости.

Пластинчато-стержневые конструкции в состоянии воспринимать крутящие моменты, если они в целом закреплены на опорах поперечными связями.

Пластинчато-стержневые конструкции следует относить к плоскостным, не пространственным конструкциям, поскольку оси симметрии сечений всех элементов располагаются в одной плоскости симметрии конструкции в целом.

Конструкция узлов соединения пластинчатых элементов в пластинчато-стержневых конструкциях отличается от узлов обычной плоской стержневой системы тем, что она обеспечивает значительно более жесткое соединение элементов в направлении из плоскости конструкции.

Пластинчато-стержневые конструкции целесообразны в тех случаях, когда на несущие конструкции действуют нагрузки большой интенсивности и расположены они вне плоскости конструкции.

В промышленных зданиях пластинчато-стержневые фермы могут быть применены в качестве главных несущих конструкций ригелей, прогонов междуэтажных перекрытий с нагрузками, передающимися с примыкающих к ним боковых грузовых площадей не равной интенсивности, а также в крайних конструкциях.

Прогноз данных по зданиям промышленного строительства показал, что наибольшее применение найдут здания с перекрытиями под нагрузки до  $50 \text{ кН/м}^2$ . Поэтому использование пластинчато-стерж-

невых ферм в промышленном строительстве в будущем вполне актуально.

В промышленном производстве часто используется подвесное крановое оборудование грузоподъемностью до 10 т. Горизонтальные и вертикальные усилия от такого оборудования предъявляют дополнительные требования к несущим строительным конструкциям. Здесь вполне уместны пластинчато-стержневые фермы.

Пластинчато-стержневые несущие конструкции могут также применяться в цехах металлургической промышленности, в цехах горячей и холодной прокатки. Кроме упомянутого ранее, здесь весьма полезно применение пластинчато-стержневых колонн и ферм в качестве: подкрановых балок кранов большой грузоподъемности, при эксплуатации которых возникают горизонтальные тормозные силы значительной интенсивности в направлениях, параллельных поперечным рамам здания; конструкций, к которым можно крепить консольно-катучие краны, которые широко применяются в металлургии.

Применение пластинчато-стержневых конструкций возможно в цехах химической промышленности, где получили распространение многоэтажные здания с верхним большепролетным помещением с мостовым краном. Нижние этажи таких зданий имеют регулярную объемно-планировочную структуру с сеткой колонн (6×6) или (6×9) м, верхний этаж имеет пролет 12, 18, 24 м и оборудуется мостовыми или подвесными кранами грузоподъемностью до 10 т. Для монтажа и демонтажа оборудования, расположенного на верхнем этаже, в междуэтажных перекрытиях оставляются специальные проемы. В этом случае элемент, находящийся на контуре проема, будет испытывать одностороннюю нагрузку, вызывающую кручение. Целесообразно применение пластинчато-стержневых ферм во многих сооружениях угольной, коксохимической, горнорудной, целлюлозобумажной, текстильной отраслях промышленности, на предприятиях цветной металлургии и т.д., где, как правило, многоэтажные промышленные здания имеют нерегулярную объемно-планировочную структуру. В этих от-

раслях промышленности технологический процесс связан с устройством встроенного оборудования, бункеров, резервуаров и других подобных сооружений больших размеров, располагаемых на разных уровнях, создающих неравномерные нагрузки большой интенсивности.

На всех перечисленных выше объектах промышленности могут быть применены пластинчато-стержневые колонны в качестве основной несущей конструкции в цехах с крановым оборудованием различной грузоподъемности и любого режима работы (рис. 1).

Наличие крутящего момента, вызываемого ветровой, температурной нагрузками и тормозной силой крана, указывает на целесообразность применения такого типа колонн.

Пластинчато-стержневые колонны обладают, кроме жесткости на кручение, высокой устойчивостью в плоскостях продольных рам благодаря развитости их пластинчатых элементов в этом направлении. Это свойство позволяет в 2...3 раза увеличить длину температурных блоков и в определенных условиях отказаться от вертикальных стальных связей.

Пластинчато-стержневые фермы могут успешно применяться в качестве главных несущих промежуточных и контурных конструкций покрытий зданий с гибким мембранным кровельным ограждением. Из-за их относительно небольшого веса пластинчато-стержневые фермы могут успешно применяться при реконструкции и надстройке зданий и сооружений [4].

Целесообразно применение пластинчато-стержневых ферм в конструкциях ангаров. В этих сооружениях к основным несущим конструкциям могут прикладываться большие местные нагрузки любого направления, вызванные различным подвесным оборудованием. Особенно уместно применение пластинчато-стержневой фермы в качестве надворотной стропильной конструкции, на которую опираются, в своей верхней части, створки ворот ангара. Ворота ангаров воспринимают большую ветровую нагрузку, основную часть кото-

рой передают на нижний пояс стропильной конструкции, вызывая в ней кручение.

В городском строительстве целесообразно устройство однобалочных эстакад и легких мостов с применением пластинчато-стержневых ферм [1].

Пластинчато-стержневые сборные плиты (рис. 1-в) могут с выгодой использоваться в перекрытиях любых многоэтажных зданий с местными нагрузками большой интенсивности. Это обусловлено тем, что они обладают большой жесткостью на кручение и большой распределительной способностью, вследствие чего вовлекают в активную работу соседние незагруженные плиты.

До настоящего времени в этих условиях считалось целесообразным применение сборных конструкций тонкостенного многозамкнутого профиля в системах покрытий и перекрытий, работающих в плане в двух направлениях [5]. В отличие от этих конструкций пластинчато-стержневые плиты обладают открытым профилем и в связи с этим более технологичны.

Особенно эффективно применение пластинчато-стержневых плит в перекрытиях, опертых по контуру. В перекрытиях этой системы совместная работа сборных плит обеспечивается заполнением мелкозернистым бетоном продольных швов между ребрами, которые в этом случае должны быть шпоночной формы. Несмотря на наличие этих швов, нагрузка, находящаяся на перекрытии, передается и в продольном (относительно ребер плит) направлении и в поперечном. Кроме того раскосная решетка принимает участие в работе отдельной плиты на поперечный изгиб, приблизительно на 10% разгружая продольные ребра.

Транспортирование и монтаж пластинчато-стержневых конструкций осуществляются известными методами, так как по габаритным размерам и весу они мало отличаются от традиционных железобетонных конструкций.

В предыдущих работах [2], [3] подробно рассмотрен статический расчет пластинчато-стержневых ферм, по результатам которого определяются изгибающие момен-

ты, поперечные и продольные силы в каждом элементе фермы, а также расчеты по второй группе предельных состояний.

Пластинчато-стержневые фермы с линейным нижним поясом, сохраняя свое главное свойство – высокую жесткость на кручение, могут иметь некоторое разнообразие в конструктивных решениях, в видах нагружения внешними крутящими моментами. Примеры расчетных схем пластинчато-стержневых ферм отличаются углами наклона раскосов, наличием стоек и видами приложения внешнего крутящего момента.

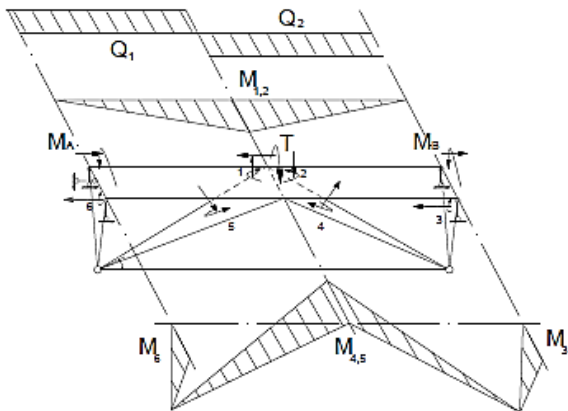
Нагрузки, приложенные в плоскости симметрии пластинчато-стержневой конструкции, вызывают в ее элементах только осевые воздействия, как в традиционных фермах [6...9].

На рис. 2 показана расчетная схема пластинчато-стержневой фермы с опорными стойками (а) – эпюры изгибающих моментов и поперечных сил; б) – диаграмма векторов моментов), в которой отсутствуют нисходящие раскосы. В опорном узле соединяются стойка и пластина верхнего пояса под углом  $90^\circ$ . Очевидно, что при такой конструкции узла опорный момент  $M_A$  уравнивается изгибающим моментом в стойке  $M_6$ , а в пластине верхнего пояса опорные моменты равны нулю. В узле нижнего пояса возникает перерезывающая сила, которую можно определить, поделив момент, возникающий в верхнем узле стойки  $M_6$ , на ее длину. Умножив полученную силу на длину раскоса, найдем максимальный изгибающий момент в раскосе  $M_5$ :

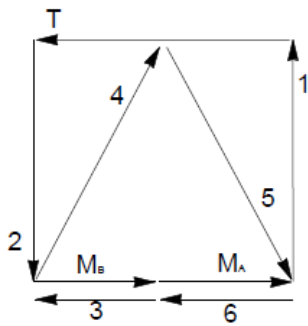
$$M_6 = M_3 = M_A = M_B = \frac{T}{2}. \quad (1)$$

Здесь и далее  $T$  – внешний крутящий момент;  $M_i$  – изгибающий момент в  $i$ -м элементе фермы.

Перерезывающая сила в нижнем узле, равная поперечной силе  $Q_6$ , равна  $\frac{T}{2h}$ , где  $h$  – расстояние между продольными осями верхнего и нижнего поясов (рис. 2-а).



а)



б)

Рис. 2

Длина раскоса составит:

$$l^g = \frac{h}{\sin \alpha}.$$

Изгибающий момент в раскосе, вблизи верхнего узла, следующий:

$$M_5 = M_4 = Q_6 l^g = \frac{T}{2 \sin \alpha}. \quad (2)$$

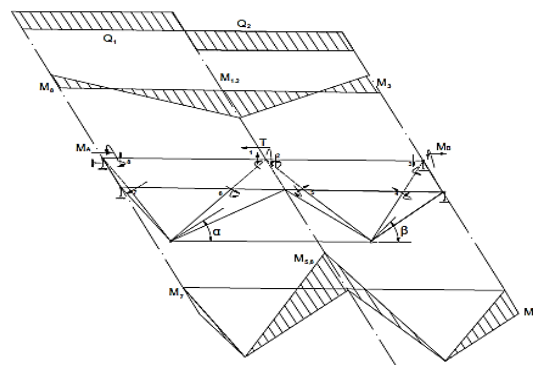
Проецируя этот момент на плоскость пластины верхнего пояса, находим изгибающий момент  $M_1$ :

$$M_1 = M_2 = M_5 \cos \alpha = \frac{T}{2 \operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

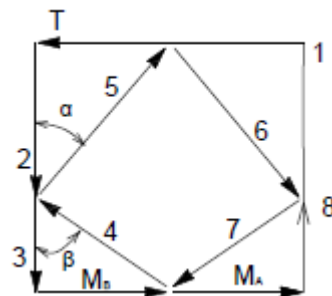
Изгибающие моменты в пластинчатых элементах данной фермы можно определить графически, путем построения диаграммы векторов моментов (рис. 2-б).

Следующий пример пластинчато-стержневой фермы отличается тем, что раскосы имеют разный угол наклона по отношению к поясам (рис. 3 – расчетная схема

пластинчато-стержневой фермы с различным углом наклона раскосов: а – эпюры изгибающих моментов и поперечных сил; б – диаграмма векторов моментов).



а)



б)

Рис. 3

В этом случае, как видно из диаграммы векторов моментов, в нисходящих и восходящих раскосах будут возникать различные по величине изгибающие моменты:

$$M_4 = M_7 = \frac{T}{2 \sin \beta}; \quad (4)$$

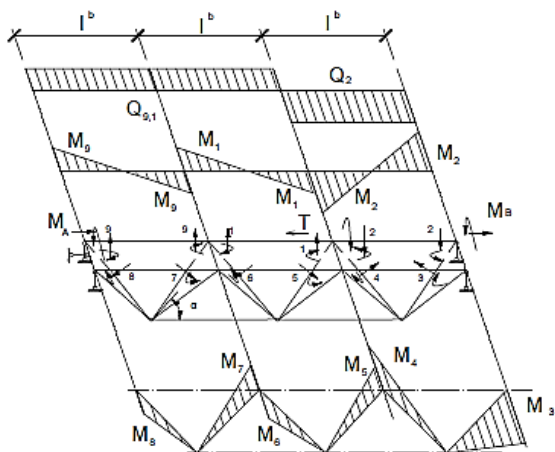
$$M_5 = M_6 = \frac{T}{2 \sin \alpha}; \quad (5)$$

$$M_1 = M_2 = \frac{T}{2 \operatorname{tg} \alpha}; \quad (6)$$

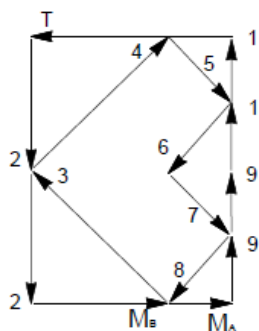
$$M_3 = M_8 = \frac{2T}{3}. \quad (7)$$

На рис. 4 (расчетная схема пластинчато-стержневой фермы с несимметричным нагружением крутящим моментом: а – эпюры изгибающих моментов и поперечных сил; б – диаграмма векторов моментов) показана пластинчато-стержневая ферма с двумя промежуточными узлами, из которых

только один загружен внешним крутящим моментом.



а)



б)

Рис. 4

На рисунке приведены эпюры изгибающих моментов, возникающих во всех элементах фермы, и поперечные силы в верхнем поясе, построена диаграмма векторов моментов. В этом случае опорные реакции не равны между собой, а связаны зависимостью:

$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{l^b}{l^b + l^b} = \frac{1}{2}, \quad 2M_A = M_B = \frac{2T}{3}, \quad (8)$$

где  $l^b$  – длина панели верхнего пояса.

В соответствии с этим и изгибающие моменты в раскосах, а также в элементах верхнего пояса будут разными:

$$M_2 = 2M_1 = 2M_9 = \frac{2T}{3 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (9)$$

$$M_3 = M_4 = 2M_6 = 2M_7 = 2M_8 = \frac{2T}{3 \sin \alpha}. \quad (10)$$

Возможен вариант пластинчато-стержневой фермы с раскосами и стойками. В тех случаях, когда крутящие моменты приложены к узлам сопряжения верхнего пояса с раскосами, стойки не принимают участия в общей работе конструкции, изгибающие моменты в них равны нулю. В случае приложения момента к узлу сопряжения верхнего пояса и стойки в последней возникает изгибающий момент, равный по величине внешнему крутящему моменту, но обратно направленный  $M_7 = T$ .

Диаграмма векторов моментов показывает, что изгибающие моменты в раскосах равны между собой:

$$M_4 = M_5 = M_6 = M_8 = M_9 = M_{10} = \frac{T}{2 \sin \alpha}. \quad (11)$$

В панелях верхнего пояса максимальные изгибающие моменты тоже равны между собой:

$$M_1 = M_2 = M_3 = M_{11} = \frac{T}{2 \operatorname{tg} \alpha}. \quad (12)$$

Во всех перечисленных примерах поперечные силы в элементах пластинчато-стержневых ферм определяются по соответствующим эпюрам изгибающих моментов [2], [3].

## ВЫВОДЫ

Пластинчато-стержневые конструкции отличаются экономической эффективностью, которая обусловлена тем, что элементы этих конструкций, в целом подверженных силовому воздействию, осложненному кручением, работают в условиях более простого силового воздействия. Нагрузки, приложенные вне плоскости симметрии конструкции, воздействуют на конструкцию в целом, вызывая кручение. При этом пластинчатые элементы кроме осевых воздействий испытывают поперечный изгиб. Перечисленные особенности данных конструкций позволяют им найти широкое применение в промышленном и гражданском строительстве.

1. *Иванчев И.И., Топуров К.Х., Топилин А.Н., Иваненко Н.И.* Железобетонные автодорожные мосты. – М.: АСВ, 2008.

2. *Топилин А.Н.* Пластинчато-стержневые железобетонные конструкции с повышенной сопротивляемостью кручению // Вестник МГСУ. – 2011, №2-1. С. 105...109.

3. *Топилин А.Н.* Расчет пластинчато-стержневых ферм по второй группе предельных состояний // Промышленное и гражданское строительство. – 2016, № 7. С. 61...64.

4. *Алексеев Ю.В., Топилин А.Н., Комарова И.М.* Учет силовых воздействий надстроек и мансард ломаного очертания на жилые дома постройки 1950-х-1960-х годов // Промышленное и гражданское строительство. – 2001, № 3. С. 39...40.

5. *Chanakya Arya.* Design of Structural Elements. Concrete, steelwork, masonry and timber designs to British Standards and Eurocodes. Taylor&Francis e-Library, GB, 2009. P.502.

6. *Алмазов В.О., Топилин А.Н.* Руководство для проектировщиков к Еврокоду 4: проектирование сталежелезобетонных конструкций EN 1994-1-1. / Пер. с англ. В.О. Алмазов, А.Н. Топилин. – Изд. 2-е. – МГСУ, 2012.

7. *Тамразян А.Г., Мкртычев О.В., Дорожинский В.Б.* Расчет большепролетной конструкции на аварийные воздействия методами нелинейной динамики // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012, № 5. С. 331...334.

8. *Клюева Н.В., Тамразян А.Г.* Основополагающие свойства конструктивных систем, понижающих риск отказа элементов здания // Изв. Юго-Западн. гос. ун-та. – 2012, № 5-2 (44). С. 126...131.

9. *Tamrazyan A.G.* The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures. XXV Polish-Russia-Slovak seminar-theoretical foundation of civil engineering. Procedia Engineering. – V.153. P.715-720. 2016. Zilina, SLOVAKIA.

1. *Ivanchev I.I., Topurov K.H., Topilin A.N., Ivanenko N.I.* Zhelezobetonnnye avtodorozhnye mosty. – M.: ASV, 2008.

2. *Topilin A.N.* Plastinchato-sterzhnevye zhelezobetonnnye konstrukcii s povyshennoj soprotivljaemost'ju krucheniju // Vestnik MGSU. – 2011, №2-1. S.105...109.

3. *Topilin A.N.* Raschet plastinchato-sterzhnevyyh ferm po vtoroj gruppe predel'nyh sostojanij // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2016, № 7. S.61...64.

4. *Alekseev Ju.V., Topilin A.N., Komarova I.M.* Uchet silovyh vozdeystvij nadstroek i mansard lomnogo ochertanija na zhilye doma postrojki 1950-h-1960-h godov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2001, № 3. S. 39...40.

5. *Chanakya Arya.* Design of Structural Elements. Concrete, steelwork, masonry and timber designs to British Standards and Eurocodes. Taylor&Francis e-Library, GB, 2009. P.502.

6. *Almazov V.O., Topilin A.N.* Rukovodstvo dlja proektirovshhikov k Evrokodu 4: proektirovanie stalezhelezobetonnnyh konstrukcij EN 1994-1-1. / Per. s angl. V.O. Almazov, A.N. Topilin. – Izd. 2-e. – MGSU, 2012.

7. *Tamrazjan A.G., Mkrtychev O.V., Dorozhinskij V.B.* Raschet bol'sheproletnoj konstrukcii na avariynye vozdeystvija metodami nelinejnoj dinamiki // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2012, № 5. S.331...334.

8. *Kljueva N.V., Tamrazjan A.G.* Osnovopolagajushhie svojstva konstruktivnyh sistem, ponizhajushhih risk otказа jelementov zdanija // Izv. Jugo-Zapadn. gos. un-ta. – 2012, № 5-2 (44). S. 126...131.

9. *Tamrazyan A.G.* The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures. XXV Polish-Russia-Slovak seminar-theoretical foundation of civil engineering. Procedia Engineering. – V.153. P.715-720. 2016. Zilina, SLOVAKIA.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 18.04.17.

УДК 677.01

**АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА ИСПЫТАНИЯ  
НА УДАРНУЮ ПРОЧНОСТЬ  
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**AUTOMATION TEST METHOD ON IMPACT RESISTANCE  
GEOSYNTHETICS FOR ROAD CONSTRUCTION**

*Ю.С. ГРУШИНА, А.В. ИВАНОВ, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, Б.Н. ГУСЕВ  
YU.S. GRUSHINA, A.V. IVANOV, N.A. GRUZINTSEVA, B.N. GUSEV*

**(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: mtsm@ivgpu.com**

*В работе предложен вариант автоматизации метода по определению прочности геотекстильных материалов при ударе конусом.*

*In this paper we propose a method of automation option to determine the strength of geotextiles with cone impact.*

**Ключевые слова:** тканые и нетканые геотекстильные материалы, качество, прочность при ударе, измерение.

**Keywords:** woven and nonwoven geotextiles, quality, impact strength, measurement.

Для продления межремонтных сроков службы автомобильных дорог идут по пути улучшения состояния грунтов дорожного земляного полотна и подстилающих оснований как с использованием тканой геосетки от несущего слоя из щебня, так и с дополнительной прокладкой нетканого геосинтетического (геотекстильного) материала в качестве разделительного слоя между земляным и песчаным грунтом [1]. При производстве геосинтетических материалов (ГТМ) заключительной операцией является количественная оценка отдельных

показателей качества [2...4]. При выделенной номенклатуре показателей качества ГТМ [5] определяющим является показатель, отражающий стойкость к ударной нагрузке материалов. Существующий подход к испытанию на ударную прочность в соответствии с нормативным документом [6] предусматривает использование двух конусов (ударного и измерительного), что увеличивает затраты времени на осуществление самого процесса измерения. Кроме этого, измерительный конус имеет массу, отличную от ударного (падающего) конуса,

что обуславливает дополнительную погрешность при измерении искомого показателя качества.

Для автоматизации стандартного метода [6], где испытываемый геосинтетический материал расположен в зажимном устройстве 2, предложено удлинить цилиндрическую часть 4 ударного конуса 3, на которой размещен ферромагнитный сердечник 5 в форме полого цилиндра (рис. 1). Кроме этого установлен защитный экран 6, выполненный из немагнитного материала, инертного к электромагнитным волнам. На внешней стороне защитного экрана размещена катушка индуктивности 7.

Таким образом, катушка индуктивности 7, цилиндрическая часть 4 ударного конуса 3 и ферромагнитный сердечник 5 образуют индуктивный датчик перемещения плунжерного типа. В свою очередь, катушка индуктивности 7 включена в измерительную

цепь (рис. 2), где она электрически соединена с мостовой измерительной схемой, к входу которой подключен генератор сигналов, а к выходу – усилитель-детектор и последовательно соединенные между собой квадратор, нормирующий преобразователь и измерительный прибор.

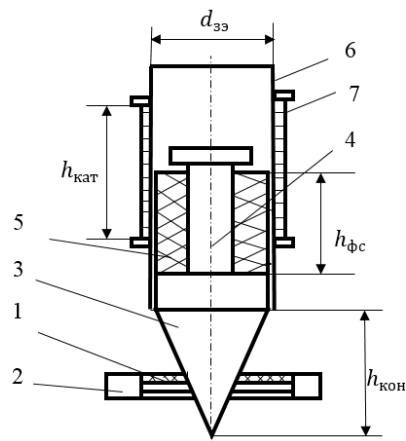


Рис. 1



Рис. 2

Диаметр защитного экрана  $d_{зэ}$  принят равным 55 мм с учетом допускаемого зазора 2,5 мм при диаметре ударного конуса 50 мм в соответствии с [6]. Рабочее перемещение конуса при полном погружении его в испытуемый материал соответствует  $h_{кон} = 60$  мм. Поэтому для обеспечения максимальной чувствительности индуктивного датчика и получения линейного участка его статической характеристики [7] высоту катушки  $h_{кат}$  индуктивности увеличили в полтора раза относительно высоты конуса ( $h_{кат} = 90$  мм). При этом высота ферромагнитного сердечника соответствовала  $h_{фс} = h_{кат} = 90$  мм.

Количество витков  $n$  катушки определяли из условия  $n = h_{кат}/(\tau d_{пр})$ , где  $d_{пр}$  – диаметр провода, равный 0,18 мм;  $\tau$  – коэффициент, учитывающий неплотность на-

мотки. Для провода указанного диаметра рекомендуемое значение  $\tau$  в соответствии с [8] равно 1,25. В итоге имеем  $n = 90/(1,25 \cdot 0,18) = 400$  витков.

Индуктивность катушки без ферромагнитного сердечника определяли из выражения:  $L_{кат} = L_0 N^2 d_{кат} \cdot 10^{-3}$ , где  $d_{кат}$  – диаметр катушки,  $L_0 = f(h_{кат}/d_{кат}) = 4,4$  – значение поправочного коэффициента [8]. В результате  $L_{кат} = 4,4 \cdot 400^2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} = 3872$  мкГн = 3,872 мГн.

Ферромагнитный сердечник изготовлен из феррита марки 2000НМ1 с начальной магнитной проницаемостью  $\mu_0 = 2000$ . Действующая магнитная проницаемость  $\mu_c$  определена экспериментально и для принятых геометрических размеров катушки и ферромагнитного сердечника составляла  $\mu_c = 112$ . Соответственно индуктивность ка-



тушки с введенным сердечником (максимальное погружение ударного конуса 3 в испытуемый материал 1) будет иметь значение  $L = \mu_c L_0 N^2 D \cdot 10^{-3} = 432,96$  мГн.

Рассмотрим основные этапы функционирования устройства для испытания ГТМ более подробно.

При падении (перемещении) ударного конуса 3 в направлении испытуемого геосинтетического материала индуктивность катушки 7 (ось ординат) будет изменяться в зависимости от положения ферромагнитного сердечника в катушке (ось абсцисс), где  $h_{нач}$  – величина начальной фазы вхождения ферритового сердечника в зону катушки индуктивности;  $h_{кон}$  – величина полного вхождения ферритового сердечника в зону катушки индуктивности (рис. 3-а), практически по линейному закону в рабочем диапазоне  $\Delta h_{раб} = 60$  мм. В дальнейшем мостовая измерительная схема преобразует значение индуктивности  $L$  в соответствующее напряжение  $U_{мис}$ , где после усиления сигнала в блоке "усилитель-детектор" он поступает в квадратор и нормирующий преобразователь, которые в дальнейшем позволяют сформировать выходной сигнал нормирующего преобразователя, пропор-

циональный площади сечения ударного конуса, и произвести дополнительную коррекцию линейности зависимости  $U_{нп} = \varphi(S)$  (рис. 3-б, где  $U_{нп}$  – выходное напряжение нормирующего преобразователя,  $S$  – площадь сечения ударного конуса, отражающая площадь поверхности отверстия испытуемого образца ГТМ при завершении его испытания).

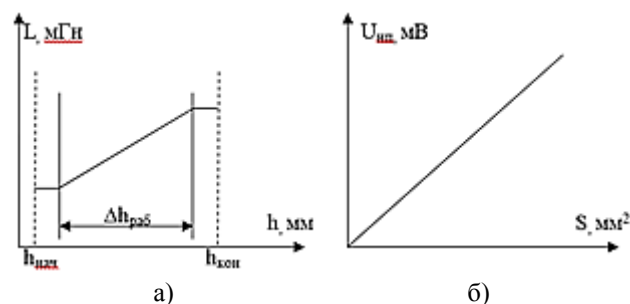


Рис. 3

Испытания опытного образца модернизированного измерительного устройства позволили установить фактическую зависимость  $L = \varphi(h)$  (рис. 4) и осуществить ее (рис. 5, зависимость 1) последующую линеаризацию рабочего диапазона ( $\Delta h_{раб} = 60$  мм) с помощью аппроксимирующей функции  $L = 0,64h + 380,3$  (рис. 5, зависимость 2).

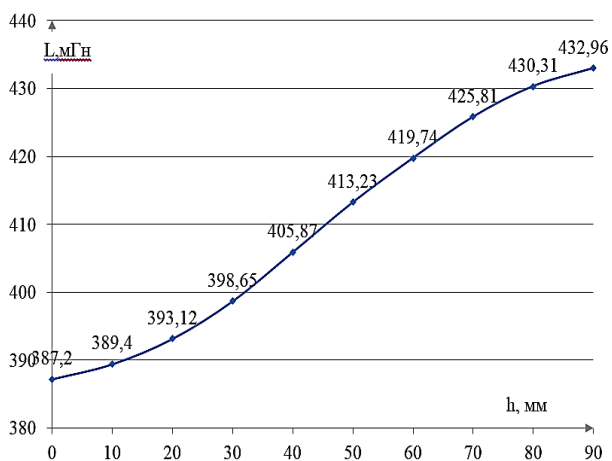


Рис. 4

Таким образом, вместо известного стандартного устройства [6] испытания геосинтетических материалов на ударную прочность предложено более совершенное устройство, позволяющее улучшить его основные метрологические характеристики.

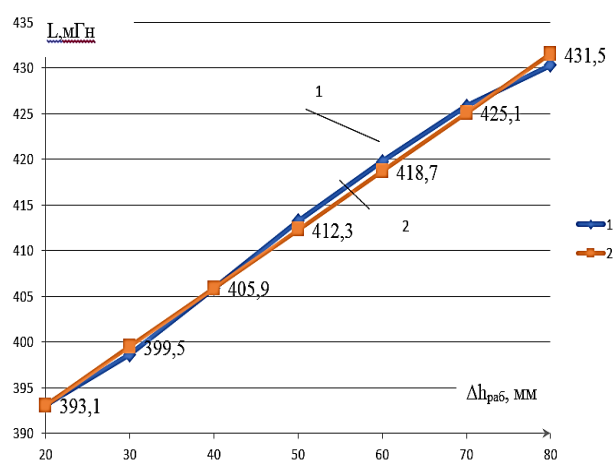


Рис. 5

## В Ы В О Д Ы

Предложено и обосновано техническое решение для автоматизации процесса измерения на ударную прочность геосинтетических материалов, используемых для дорож-

ного строительства, которое относительно технического решения [6] позволяет повысить быстродействие процесса измерения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кулижников А.М. Пути повышения межремонтных сроков службы автомобильных дорог // Дорожная держава. – 2016, №6. С. 47...51.

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

3. Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Москвитина Т.В., Гусев Б.Н. Обеспечение требуемого уровня качества геотекстильных материалов для дорожного строительства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 19...22.

4. Федосов С.В., Поспелов П.И., Гойс Т.О., Грузинцева Н.А., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. Проблемы оценки качества и стандартизации геосинтетических материалов в дорожном строительстве // Academia. Архитектура и строительство. – 2016, №1. С.101...106.

5. СТО 63165618-002–2010. Полотна нетканые геотекстильные марок "Геоманит" для дорожного строительства. Технические условия.

6. ГОСТ Р ИСО 13433–2014. Материалы геосинтетические. Метод определения перфорации при динамической нагрузке (испытание падающим конусом). – М.: Стандартинформ, 2014.

7. Федотов А.В. Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011.

8. Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Изд-во "Энергия", 1967.

#### REFERENCES

1. Kulizhnikov A.M. Puti povysheniya mezhremontnykh srokov sluzhby avtomobil'nykh dorog // Dorozhnaja derzhava. – 2016, №6. S. 47...51.

2. Gruzinceva N.A., Ovchinnikov A.A., Lysova M.A., Gusev B.N. Sovershenstvovanie nomenklatury pokazatelej i ocenki kachestva geotekstil'nykh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №3. S. 28...32.

3. Gruzinceva N.A., Lysova M.A., Moskvitina T.V., Gusev B.N. Obespechenie trebuemogo urovnja kachestva geotekstil'nykh materialov dlja dorozhnogo stroitel'stva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 19...22.

4. Fedosov S.V., Pospelov P.I., Gojs T.O., Gruzinceva N.A., Matrohin A.Ju., Gusev B.N. Problemy ocenki kachestva i standartizacii geosinteticheskikh materialov v dorozhnom stroitel'stve // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2016, №1. S.101...106.

5. СТО 63165618-002–2010. Polotna netkanye geotekstil'nye marok "Geomanit" dlja dorozhnogo stroitel'stva. Tehnicheskie uslovija.

6. GOST R ISO 13433–2014. Materialy geosinteticheskie. Metod opredelenija perforacii pri dinamicheskoi nagruzke (ispytanie padajushhim konusom). – М.: Standartinform, 2014.

7. Fedotov A.V. Teorija i raschet induktivnykh datchikov peremeshhenij dlja sistem avtomaticheskogo kontrolja. – Omsk: Izd-vo OmGTU, 2011.

8. Volgov V.A. Detali i uzly radiojelektronnoj apparatury. – М.: Изд-во "Энергия", 1967.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии. Поступила 30.01.17.

УДК 624.075.23

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА  
НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН**

**PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE CALCULATION  
OF THE BEARING CAPACITY TRUMPET-CONCRETE COLUMN**

*А.Л. КРИШАН, В.И. РИМШИН, В.И. ТЕЛИЧЕНКО, В.А. РАХМАНОВ, М.Ю. НАРКЕВИЧ*  
*A.L. KRISHAN, V.I. RIMSHIN, V.I. TELICHENKO, V.A. RAKHMANOV, M.YU. NARKEVICH*

(Магнитогорский государственный технический университет,  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
АО "ВНИИЖелезобетон")

(Magnitogorsk State Technical University,  
National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
JSC "VNIJzhbeton")

E-mail: kris\_al@mail.ru; v.rimshin@vniizhbeton.ru; president@mgsu.ru;  
l.kuzmina@plehanova7.ru; narkevich\_mu@mail.ru

*Приведены результаты сопоставления значений теоретических и опытных разрушающих нагрузок, выполненных для 110 центрально сжатых и 72 внецентренно сжатых образцов трубобетонных колонн круглого поперечного сечения. Предложенная методика позволяет достоверно оценивать их напряженно-деформированное состояние на любом уровне загрузки. Методика приемлема для колонн, изготовленных по разным технологиям из бетонов различной прочности и вида используемых при реконструкции предприятий текстильной промышленности.*

*The results of comparing the values of theoretical and experimental failure loads performed for 110 and 72 centrally compressed eccentrically compressed concrete filled steel tube columns of circular cross-section of samples. The proposed method can reliably evaluate their stress-strain state at any level-of uploaded. The technique is acceptable for pipe-concrete columns, made by different techniques of concrete with different strength and appearance used in the reconstruction of the textile industry enterprises.*

**Ключевые слова:** трубобетонные колонны, несущая способность, объемное напряженное состояние, нелинейная деформационная модель, текстильная промышленность.

**Keywords: concrete filled steel tube columns, bearing capacity, triaxial stress state, nonlinear deformation model, of the textile industry enterprises.**

В последние годы у строителей существенно вырос интерес к трубобетонным колоннам. Данное обстоятельство объясняется многочисленными достоинствами этих конструкций [1]. При проектировании многоэтажных зданий текстильной промышленности с увеличенной сеткой таких колонн можно получить ощутимый экономический эффект [2], [22].

Однако широкое практическое использование трубобетонных колонн сдерживается отсутствием надежных методик расчета, адекватно оценивающих особенности их силового сопротивления. Современные предложения по расчету несущей способности сжатых трубобетонных элементов [3...12] в своей основе имеют эмпирические зависимости. Поэтому каждая из них имеет ограниченную область применения. В связи с этим возникла необходимость в разработке универсальной методики расчета, основанной на использовании нелинейной деформационной модели и теоретических положениях механики твердого тела.

Рассмотрим расчет прочности короткой внецентренно сжатой колонны круглого поперечного сечения. На первом этапе расчетным путем строятся диаграммы деформирования бетонного ядра и стальной оболочки. Практическая реализация данного этапа заключается в постепенном увеличении с малым шагом  $\Delta \varepsilon_{pz} = \Delta \varepsilon_{bz}$  относительных осевых деформаций укорочения стальной оболочки и бетонного ядра короткой центрально сжатой колонны. На каждом шаге необходимые параметры диаграмм деформирования рассчитываются из совместного решения систем уравнений, представляющих собой физические соотношения между напряжениями и деформациями в форме обобщенного закона Гука. При этом бетон рассматривается как трансверсально изотропный материал, а стальная оболочка – как изотропный.

Связь между деформациями и напряжениями для любой точки внешней стальной оболочки выражается системой уравнений:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{pz} \\ \varepsilon_{pt} \\ \varepsilon_{pr} \end{Bmatrix} = \frac{1}{\nu_p E_{s,p}} \begin{bmatrix} 1 & -\nu_p & -\nu_p \\ -\nu_p & 1 & -\nu_p \\ -\nu_p & -\nu_p & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{pz} \\ \sigma_{pt} \\ \sigma_{pr} \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

В системе (1)  $\sigma_{pz}$ ,  $\sigma_{pt}$ ,  $\sigma_{pr}$  – нормальные (главные) напряжения в трубе в осевом, тангенциальном и радиальном направлениях;  $\varepsilon_{pz}$ ,  $\varepsilon_{pt}$ ,  $\varepsilon_{pr}$  – относительные деформации стальной оболочки по соответствующим направлениям;  $E_{s,p}$  – начальный модуль упругости стали;  $\nu_p$  – коэффициент упругости стали;  $\nu_p$  – коэффициент поперечной деформации стали трубы.

Основываясь на экспериментальных данных (направление линий Чернова-Людерса на поверхности стальной трубы), напряжения и деформации здесь приняты действующими по главным площадкам, то есть касательные напряжения и сдвиговые деформации равны нулю.

Для производства стальных труб в РФ в основном используются трубы из "мягких" сталей, имеющих площадку текучести. Поэтому диаграмма деформирования стали принимается двухлинейной.

В предлагаемой методике нелинейного расчета с целью исключения одновременного применения двух итераций неупругие свойства стали рекомендуется учитывать с помощью одного переменного параметра – коэффициента упругости  $\nu_p$ , по которому определяется значение коэффициента поперечных деформаций  $\nu_p$ .

Для вычисления коэффициента  $\nu_p$  предлагается формула [13]:

$$\nu_p = 0,48 - (0,48 - \nu_0) \left( \frac{\nu_p - \nu_{pu}}{\nu_{po} - \nu_{pu}} \right), \quad (2)$$

в которой  $\nu_0$  – коэффициент Пуассона для стали трубы;  $\nu_{pu}$  – коэффициент упругости в конце площадки текучести.

Система уравнений, описывающих связь между напряжениями и деформациями для любой точки трансверсально-изотропного бетонного ядра в упругой и упруго-пластической стадиях, имеет вид:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{bz} \\ \varepsilon_{br} \end{Bmatrix} = \frac{1}{E_b} \begin{bmatrix} \nu_{bz}^{-1} & -2\nu_{zr}\nu_{bi}^{-1} \\ -\nu_{zr}\nu_{bi}^{-1} & (\nu_{br}^{-1} - \nu_{r}\nu_{bi}^{-1}) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{bz} \\ \sigma_{br} \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

где  $E_b$  – начальный модуль упругости бетона.

Значение  $E_b$  для практических расчетов удобно вычислять по одной из формул, предложенных в работе [14].

Учет неупругих свойств объемно сжатого бетонного ядра производится путем использования переменных коэффициентов упругости  $\nu_{bj}$  ( $j = z, r, i$ ) и поперечной деформации  $\nu_{zr}$ ,  $\nu_{r}$  бетона. Причем коэффициент упругости с индексом  $j=i$  определяется в зависимости от интенсивности напряжений и интенсивности деформаций в бетоне.

Так как рост напряжений  $\sigma_{bz}$  и  $\sigma_{br}$  в процессе нагружения происходит не пропорционально (сложный режим загрузки), коэффициенты упругости для разных направлений имеют различные значения. Для их вычисления можно принимать любые известные зависимости, обеспечивающие достаточную точность оценки напряженно-деформированного состояния конструкции, например, предложенную в работе [15].

Для определения текущих значений коэффициентов поперечных деформаций  $\nu_{jr}$  ( $j = z, r$ ) предлагается формула [13]:

$$\nu_{jr} = \nu_{jru} - (\nu_{jru} - \nu_b) \left( \frac{\nu_{bi} - \nu_{biu}}{\nu_{oj} - \nu_{biu}} \right)^{0,5}, \quad (4)$$

в которой  $\nu_b = 0,18 \dots 0,25$  – коэффициент Пуассона для бетона (при отсутствии точных данных рекомендуется принимать  $\nu_b = 0,2$ );  $\nu_{jru}$  – предельное значение коэффициента поперечной деформации  $\nu_{jr}$ , определяемое по рекомендациям работы [15].

Из решения систем уравнений (1) и (3), уравнений совместности деформирования бетона и стали в осевом и трансверсальном направлениях, с учетом условий равновесия элемента получаем формулу для определения бокового давления на каждом шаге наращивания относительных осевых деформаций:

$$\sigma_{br} = \frac{\left( \nu_p - \beta_r \nu_{zr} \frac{\nu_{bz}}{\nu_{bi}} \right) \varepsilon_{bz}}{K_p + K_b}, \quad (5)$$

где параметры  $K_p$  и  $K_b$  вычисляются по формулам, приведенным в работе [1].

При известной величине  $\sigma_{br}$  из решения систем (1) и (3) вычисляют напряжения  $\sigma_{bz}$ ,  $\sigma_{pz}$ , после чего происходит дальнейшее наращивание относительных осевых деформаций бетонного ядра  $\varepsilon_{bz}$ . Расчет выполняют до достижения напряжениями  $\sigma_{bz}$  предварительно найденной прочности объемно сжатого бетона  $R_{bz}$  [16].

После этого уточняют соответствие последнего значения относительной деформации  $\varepsilon_{bz}$  предварительно вычисленной деформации в вершине диаграммы деформирования бетона  $\varepsilon_{b00}$  [17]. При величине невязки больше заданной расчетчиком  $|\varepsilon_{bz} - \varepsilon_{b00}| > \Delta_\varepsilon$  уточняют значение  $\varepsilon_{b00}$  и все расчеты повторяют.

На втором этапе расчета определяется несущая способность колонны. Расчетная схема нормального сечения, внецентренно сжатого трубобетонного элемента, изображена на рис. 1.

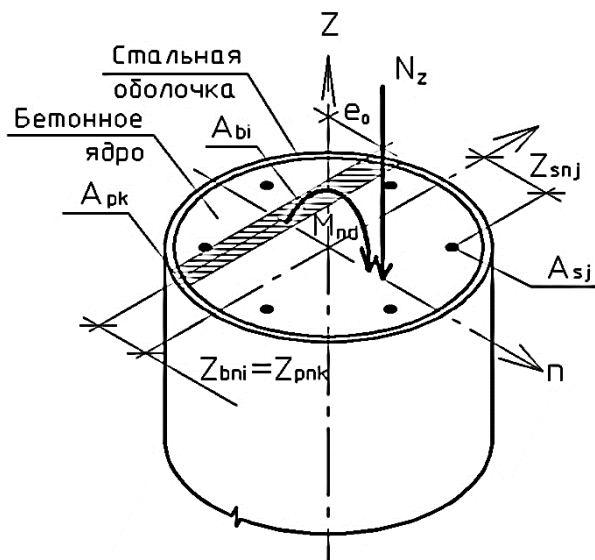


Рис. 1

Переход от эпюры напряжений в бетоне, стальной обложке и стержневой арматуре (при наличии) к обобщенным внутренним усилиям производят с использованием процедуры численного интегрирования напряжений по нормальному сечению. Для этого нормальное сечение условно разбивают на малые участки с площадями бетона  $A_{bi}$ , стальной оболочки  $A_{pk}$  и стержневой арматуры  $A_{sj}$ . Начало координат можно совмещать с геометрическим центром поперечного сечения. Эпюра деформаций принимается соответствующей гипотезе Бернулли. Используя результаты первого этапа, для каждой из соответствующих деформаций в центре рассматриваемого участка определяются напряжения в бетоне и стали. В пределах каждого участка напряжения принимают равномерно распределенными (усредненными).

Суть расчета сводится к построению эпюры относительных деформаций нормального сечения, соответствующей стадии предельного равновесия рассматриваемого элемента. Построение такой эпюры осуществляется в следующей последовательности.

Принимается достаточно малое значение относительной деформации равномерного сжатия конструкции. Затем осуществляется пошаговая трансформация эпюры относительных деформаций от прямо-

угольной до искомой трапецевидной, отвечающей условию равновесия внецентренно сжатого элемента. Находят соответствующие продольное усилие и изгибающий момент. Далее пошагово наращивается деформация со стороны наиболее сжатого волокна, и вся процедура повторяется. Разрушающая нагрузка соответствует максимальной величине найденных таким образом продольных усилий.

Для реализации предложенной методики расчета разработана компьютерная программа, с помощью которой были определены теоретические разрушающие нагрузки  $N_u$  для трубобетонных элементов, испытанных ранее на центральное и внецентренное сжатие. Исходные данные для расчетов принимались по материалам публикаций наиболее известных в СССР и РФ научных школ в области исследования трубобетонных колонн, возглавляемых Л.И. Стороженко [18], И.Г. Людковым [19], А.Л. Кришаном и В.И. Римшиным [1], [20], [21], а также экспериментов японских ученых [2].

Для большей наглядности и объективности проводимого сопоставления теории и практики трубобетонные элементы принимались с самыми различными геометрическими и конструктивными параметрами:

- наружным диаметром внешней стальной оболочки от 93 до 1020 мм;
- толщиной стенки внешней стальной оболочки от 0,8 до 13,3 мм;
- пределом текучести стали оболочки от 240 до 440 МПа;
- призменной прочностью бетона от 11,7 до 104 МПа;
- относительными эксцентриситетами сжимающей нагрузки от 0 до 1.

Сопоставление теоретических и опытных значений разрушающих нагрузок выполнено для 110 центрально сжатых и 72 внецентренно сжатых образцов колонн. Результаты свидетельствуют об их удовлетворительном совпадении: для центрально сжатых образцов наибольшие расхождения составляют +17...-9 % при величине коэффициента вариации вектора ошибок  $V_s = 0,04$ ; для внецентренно сжатых образцов наибольшие расхождения составили +18...-14 % при  $V_s = 0,08$ . Расчеты по методике евро-

пейских норм (EN 1994-1-1) дают при осевом сжатии  $V_8 = 0,13$  и максимальные расхождения +42...-19 %, а при внецентренном сжатии заметны большие расхождения. Преимущества предлагаемой методики очевидны.

## ВЫВОДЫ

Разработанная методика расчета несущей способности внецентренно сжатой трубобетонной колонны основана на использовании нелинейной деформационной модели, учитывает объемное напряженно-деформированное состояние и совместную работу бетонного ядра и стальной оболочки. Она позволяет достоверно оценивать напряженно-деформированное состояние колонн на любом уровне нагружения, что полезно для практики проектирования новых и реконструкции действующих предприятий текстильной промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым бетонным ядром. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2011.
2. Nishiyama I., Morino S., Sakino K., Nakahara H. Summary of Research on Concrete-Filled Structural Steel Tube Column System Carried Out Under The US-JAPAN Cooperative Research Program on Composite and Hybrid Structures. – Japan, 2002.
3. Baig M.N., Fan J., Nie J. Strength of Concrete-Filled Steel Tubular Columns // Journal of Tsinghua Science and Tehnology. – 11 (6), 2006. P. 657...666.
4. Georgios G. and Lam D. Axial capacity of circular concrete-filled tube columns // Journal of Constructional Steel Research. – 60, 2004. P. 1049...1068.
5. Fattah A.M. Behaviour of concrete columns under various confinement effects: A dissertation doctor of philosophy. – Kansas, USA: Kansas State University, 2012.
6. Masoudnia R., Amiri S., WanBadaruzzaman W.H. An Analytical model of short steel box columns with concrete in-fill (part I) // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. – № 5, 2011. P.1715...1721.
7. Tao Z., Uy B., Han L.H., He H.S. Design of concrete-filled steel tubular members according to the Australian Standard AS 5100 model and calibration // Australian Journal of Structural Engineering. – №8(3), 2008. P. 197...214.
8. Tsuda K., Matsui C., Fujinaga T. Simplified Design Formula of Slender Concrete-Filled Steel Tubular

Beam-Columns. In the Proceedings 6th ASCCS Conference on Composite and Hybrid Structures. – Los Angeles, 2000. P. 457...464.

9. Wey Y.Y., Wu Y.F. Unified stress-strain model of concrete for FRP confined columns // Construction Building Materials. – Vol. 26, № 1, 2012. P. 381...392.
10. Yang Y.F., Han L.H. Behavior of concrete-filled steel tubular (CFST) stub columns under eccentric partial compression // Thin-Walled Structures. – Vol. 49, №2, 2011. P. 379...395.
11. Yu T., Teng J.G. Behavior of hybrid FRP-concrete-steel double-skin tubular columns with a square outer tube and a circular inner tube subjected to axial compression // Journal of Composites for Construction. – Vol. 17, 2013. P. 271...279.
12. Zaghi A.E., Saidi M., Mirmiran A. Shake table response and analysis of a concrete-filled FRP tube bridge column // Composite structures, Elsevier. – Vol. 94, № 5, 2012. P. 1564...1574.
13. Кришан А.Л., Заикин А.И. Расчет прочности трубобетонных колонн // Бетон и железобетон. – 2011, № 3. С.17...19.
14. Кришан А.Л., Римшин В.И., Астафьева М.А., Наркевич М.Ю. Определение деформационных характеристик бетона // Естественные и технические науки. – 2014, № 9-10 (77). С. 367...369.
15. Модель деформирования железобетона в приращениях и расчет балок-стенок и изгибаемых плит с трещинами / Н.И.Карпенко, С.Н. Карпенко, А.Н.Петров, С.Н.Палювина. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013.
16. Krishan A.L. Power resistance of compressed concrete elements with confinement reinforcement by means of meshes // Electronic magazine "Advances of Environmental Biology". – Vol. 8, № 6, May 2014. P. 1987...1990 [http:// www.aensiweb.com/aeb\\_online.html](http://www.aensiweb.com/aeb_online.html)
17. Кришан А.Л., Заикин А.И., Сабиров Р.Р. Новая формула для определения относительных деформаций в вершине диаграммы "σ– ε" бетонного ядра трубобетонной колонны // Мат. 72-й межрегион. научн. конф.: Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. Т.2. С.30...33.
18. Storozhenko L.I., Ermolenko D.A., Lapenko O.I. 2010: Concrete filled steel tube, Poltava: TOV ACMI, 2010.
19. Людковский И.Г., Фонов В.М., Макаричева Н.В. Исследование сжатых трубобетонных элементов, армированных высокопрочной продольной арматурой // Бетон и железобетон. – 1980, № 7. С.17...19.
20. Кришан А.Л., Римшин В.И., Заикин А.И. Расчет прочности сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием. Бетон и железобетон – взгляд в будущее // Научн. тр. III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. Т.1. Теория железобетона. Железобетонные конструкции. Расчет и конструирование. – М.: МГСУ, 2014. С. 308...313.

21. Krishan A.L., Rimshin V.I., Erofeev V., Kurbatov V., Markov S. The energy integrity resistance to the destruction of the long-term strength concrete // *Procedia Engineering*. – 117(1), 2015. P.211...217, <http://www.scopus.com/inward/record/url>

22. Теличенко В.И., Римшин В.И. Критические технологии в строительстве // *Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук*. – 1998, № 4. С. 16...18.

## REFERENCES

1. Krishan A.L. Trubobetonnnye kolonny s predvaritel'no obzhatym betonnym jadrom. – Rostov-na-Donu: Rost. gos. stroit. un-t, 2011.

2. Nishiyama I., Morino S., Sakino K., Nakahara H. Summary of Research on Concrete-Filled Structural Steel Tube Column System Carried Out Under The US-JAPAN Cooperative Research Program on Composite and Hybrid Structures. – Japan. 2002.

3. Baig M.N., Fan J., Nie J. Strength of Concrete-Filled Steel Tubular Columns // *Journal of Tsinghua Science and Tehnology*. –11 (6), 2006. P. 657...666.

4. Georgios G. and Lam D. Axial capacity of circular concrete-filled tube columns // *Journal of Constructional Steel Research*. – 60, 2004. P. 1049...1068.

5. Fattah A.M. Behaviour of concrete columns under various confinement effects: A dissertation doctor of philosophy. – Kansas, USA: Kansas State University, 2012.

6. Masoudnia R., Amiri S., WanBadaruzzaman W.H. An Analytical model of short steel box columns with concrete infill (part I) // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. – № 5, 2011. R.1715...1721.

7. Tao Z., Uy B., Han L.H., He H.S. Design of concrete-filled steel tubular members according to the Australian Standard AS 5100 model and calibration // *Australian Journal of Structural Engineering*. – №8(3), 2008. P. 197...214.

8. Tsuda K., Matsui C., Fujinaga T. Simplified Design Formula of Slender Concrete-Filled Steel Tubular Beam-Columns. In the Proceedings 6th ASCCS Conference on Composite and Hybrid Structures. – Los Angeles, 2000. P. 457...464.

9. Wey Y.Y., Wu Y.F. Unified stress-strain model of concrete for FRP confined columns // *Construction Building Materials*. – Vol. 26, № 1, 2012. P. 381...392.

10. Yang Y.F., Han L.H. Behavior of concrete-filled steel tubular (CFST) stub columns under eccentric partial compression // *Thin-Walled Structures*. – Vol. 49, №2, 2011. P. 379...395.

11. Yu T., Teng J.G. Behavior of hybrid FRP-concrete-steel double-skin tubular columns with a square outer tube and a circular inner tube subjected to axial compression // *Journal of Composites for Construction*. – Vol. 17, 2013. R. 271...279.

12. Zaghi A.E., Saiidi M., Mirmiran A. Shake table response and analysis of a concrete-filled FRP tube bridge column // *Composite structures*, Elsevier. – Vol.94, № 5, 2012. P. 1564...1574.

13. Krishan A.L., Zaikin A.I. Raschet prochnosti trubobetonnnyh kolonn // *Beton i zhelezobeton*. – 2011, № 3. S.17...19.

14. Krishan A.L., Rimshin V.I., Astaf'eva M.A., Narkevich M.Ju. Opredelenie deformacionnyh harakteristik betona // *Estestvennye i tehnicheckie nauki*. – 2014, № 9-10 (77). S. 367...369.

15. Model' deformirovaniya zhelezobetona v prirashhenijah i raschet balok-stenok i izgibaemyh plit s treshhinami / N.I.Karpenko, S.N. Karpenko, A.N.Petrov, S.N.Paljuvina. – Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2013.

16. Krishan A.L. Power resistance of compressed concrete elements with confinement reinforcement by means of meshes // *Electronic magazine "Advances of Environmental Biology"*. – Vol. 8, № 6, May 2014. P.1987...1990 <http://www.aensiweb.com/aebonline.html>

17. Krishan A.L., Zaikin A.I., Sabirov R.R. Novaja formula dlja opredelenija odnositel'nyh deformacij v vershine diagrammy " $\sigma-\epsilon$ " betonnoho jadra trubobetonnnoj kolonny // *Mat. 72-j mezhregion. nauchn. konf.: Aktual'nye problemy sovremennoj nauki, tehniki i obrazovaniya*. – Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. tehn. un-ta im. G.I.Nosova, 2014. T.2. S.30...33.

18. Storozhenko L.I., Ermolenko D.A., Lapenko O.I. 2010: Concrete filled steel tube, Poltava: TOV ASMI, 2010.

19. Ljudkovskij I.G., Fonov V.M., Makaricheva N.V. Issledovanie szhatyh trubobetonnnyh jelementov, armirovannyh vysokoprochnoj prodol'noj armaturoj // *Beton i zhelezobeton*. – 1980, № 7. S.17...19.

20. Krishan A.L., Rimshin V.I., Zaikin A.I. Raschet prochnosti szhatyh zhelezobetonnnyh jelementov s kosvennym armirovanijem. *Beton i zhelezobeton – vzgljad v budushhee* // *Nauchn. tr. III Vserossijskoj (II Mezhdunarodnoj) konferencii po betonu i zhelezobetonu. T.1. Teorija zhelezobetona. Zhelezobetonnnye konstrukcii. Raschet i konstruirovanie*. – M.: MGSU, 2014. С. 308...313.

21. Krishan A.L., Rimshin V.I., Erofeev V., Kurbatov V., Markov S. The energy integrity resistance to the destruction of the long-term strength concrete // *Procedia Engineering*. – 117(1), 2015. P.211...217, <http://www.scopus.com/inward/record/url>

22. Теличенко В.И., Римшин В.И. Критические технологии в строител'stve // *Vestnik Otdelenija stroitel'nyh nauk Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk*. – 1998, № 4. С. 16...18.

Рекомендована кафедрой проектирования зданий и строительных конструкций МГТУ. Поступила 21.11.16.



## ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ УВЛАЖНЕНИЯ

### THE CHARACTER OF CHANGES IN THE CELLULOSE SUPRAMOLECULAR STRUCTURE DURING HYDRATION

Ю.Б. ГРУНИН, Л.Ю. ГРУНИН, Н.Н. ШЕВЕЛЕВА, Д.С. МАСАС, С.В. ФЕДОСОВ, В.Г. КОТЛОВ  
YU.B. GRUNIN, L.YU. GRUNIN, N.N. SHEVELEVA, D.S. MASAS, S.V. FEDOSOV, V.G. KOTLOV

(Поволжский государственный технологический университет,  
Марийский государственный университет,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(Volga State Technology University,  
Mari State University,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: GruninYB@volgatech.net

*Методами <sup>1</sup>H-ЯМР релаксации и сорбционных измерений исследован характер вариаций надмолекулярной структуры и гидрофильных свойств хлопковой и древесной целлюлозы в процессе увлажнения. Полученные результаты свидетельствуют о диспергировании кристаллитов, формировании дополнительной капиллярно-пористой системы, что, в свою очередь, приводит к увеличению удельной поверхности целлюлозы в ходе адсорбционного процесса.*

*The character of variations in the supramolecular structure and hydrophilic properties of the cotton and wood celluloses during its moistening was investigated using methods <sup>1</sup>H-NMR relaxation and sorption measurements. The results indicate the dispersion of the cellulose crystallites and formation of additional capillary-porous system, which leads to increasing in the specific surface during the adsorption process.*

**Ключевые слова:** целлюлоза, микрофибрилла, ядерный магнитный резонанс, адсорбция, константа равновесия, удельная поверхность, емкость монослоя.

**Keywords:** cellulose, microfibril, nuclear magnetic resonance, adsorption, adsorption equilibrium constant, specific surface, monolayer capacity.

Целлюлоза, начиная с процесса образования, а в дальнейшем и материалы, полученные на ее основе, постоянно контактируют с водой и растворенными в ней реагентами. Однако, несмотря на многочисленные исследования системы “целлюлоза – вода”, вопросы о состоянии и свойствах ее компонентов, о характере взаимодействий между ними до настоящего времени являются предметом дискуссии [1], [2]. В течение последнего десятилетия усилия многих исследователей целлюлозы были

направлены, в частности, на разработку научно обоснованных и коммерчески надежных процессов диспергирования целлюлозных волокон до нанофибриллярного уровня, позволяющих получать материалы с уникальными свойствами.

Объектом исследования являлись образцы хлопковой целлюлозы (ГОСТ 595–79), сульфитная (ГОСТ 5982–84) и сульфатная древесная (ГОСТ 9571–89) целлюлозы. Для получения изотерм адсорбции во-

ды целлюлозой использовали метод изопиестических серий. Предварительно высушенные при температуре 105°C в течение 12 часов образцы целлюлоз одинаковой массы выдерживали в эксикаторах при различных значениях относительной влажности паров воды до постоянной массы. Влагосодержа-

ние определяли весовым способом. ЯМР измерения выполняли на релаксметре Spin Track с рабочей частотой 20 МГц. Время спин-решеточной релаксации  $T_1$  определяли при помощи импульсной последовательности  $90^\circ$ - $\tau$ - $90^\circ$ . Сигналы спада свободной индукции (ССИ) аппроксимировались следующей функцией [3]:

$$\text{FID}(t) = a_1 \exp\left(-\left[\frac{t}{T_2^1}\right]^{b_1}\right) \cos \omega_1 t + a_2 \exp\left(-\left[\frac{t}{T_2^2}\right]^{b_2}\right) + a_3 \exp\left(-\left[\frac{t}{T_2^3}\right]^{b_3}\right), \quad (1)$$

где  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – амплитуды широкой, средней и узкой компонент сигнала, соответствующие протонным населенностям внутренних областей кристаллитов, их поверхностей и молекул адсорбированной воды;  $T_2^1$ ,  $T_2^2$ ,  $T_2^3$  – их характеристические времена поперечной  $^1\text{H}$ -ЯМР релаксации соответственно;  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  – коэффициенты, учитывающие распределение времен корреляции.

Поскольку к аморфным областям растительного полимера относятся поверхностные молекулы с протонной населенностью  $a_2$ , принадлежащие цепочкам, непосредственно взаимодействующим с адсорбатом, а к кристаллическим относятся молекулы с протонной населенностью  $a_1$ , находящиеся внутри кристаллитов, в которые адсорбат не проникает [3], то степень кристалличности образцов  $k$  рассчитывают по соотношению амплитуды широкой компоненты  $a_1$  к сумме амплитуд средней и широкой компонент ССИ [2]:

$$k = \frac{a_1}{a_1 + a_2}. \quad (2)$$

В работе [4] было установлено, что при адсорбции паров воды на целлюлозе на одну ее поверхностную молекулу приходится в среднем одна молекула моноадсорбированной воды. Это дает основание связать степень кристалличности целлюлозы с емкостью адсорбционного монослоя воды  $w_m$ , величина которого определяется на основе предварительно снятой изотермы адсорбции с помощью решения уравнения БЭТ в линейной форме. В результате степень кристалличности определяется с помощью следующего соотношения:

$$k = 1 - 9w_m. \quad (3)$$

Экспериментально полученные изотермы адсорбции паров воды на образцах хлопковой и древесных видов целлюлозы представлены на рис. 1 (1 – хлопковая, 2 – древесная сульфитная, 3 – древесная сульфатная целлюлозы).

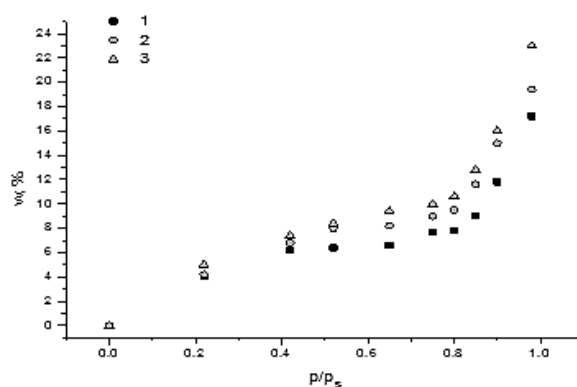


Рис. 1

Согласно современным представлениям об адсорбционных процессах применительно к биополимерам с изменяющейся поверхностью раздела следует полагать, что первый крутой подъем на графике изотермы характеризует начальный этап мономолекулярной адсорбции, который обычно связывают с гидратацией активных центров (АЦ) стенок микропор, образованных поверхностью соседних элементарных фибрилл (ЭФ), входящих в состав микрофибрилл [5]. В этих микропорах электрические поля, создаваемые АЦ противоположных стенок пор, перекрываются, что создает высокий адсорбционный потенциал (АП) [6]. В рамках теории Дубинина [7] вышесказанное объясняет причину интенсивного проникновения молекул воды в полость узких пор целлюлозы с последующим фазовым

переходом квази насыщенного пара в жидкость со специфическими свойствами [8]. Возникающее при этом расклинивающее давление приводит к диспергированию кристаллических микрофибрилл на ЭФ, а также к расширению существующих пор и возникновению дополнительной капиллярно-пористой системы в целлюлозном материале [2], [9].

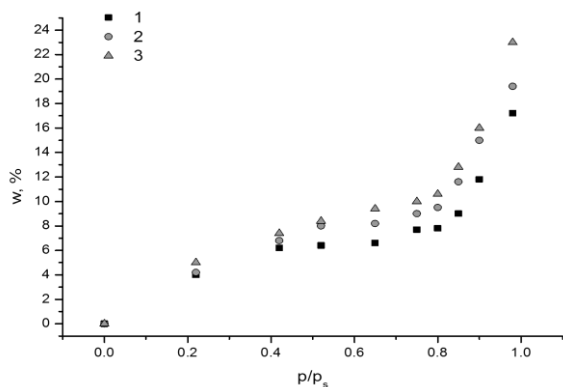


Рис. 2

Иллюстрацией к вышесказанному является поведение левой ветви зависимости скорости спин-решеточной релаксации  $R_1$  от абсолютного влагосодержания образцов целлюлозы: 1 – хлопковой, 2 – древесной сульфитной, 3 – древесной сульфатной (рис. 2). Максимум зависимостей приходится на область влагосодержания 8...10%. При сравнении с соответствующими изотермами адсорбции это может свидетельствовать о завершении заполнения микропор молекулами адсорбата и начале капиллярной конденсации в более крупных порах [3]. Верхний предел указанного интервала значений  $w$  изотермы адсорбции воды на большинстве образцов целлюлозы обычно приходится на 73...75% относительной влажности паров воды ( $p/p_s$ ), что соответ-

ствует заполнению микропор размером до  $15\text{\AA}$  [10].

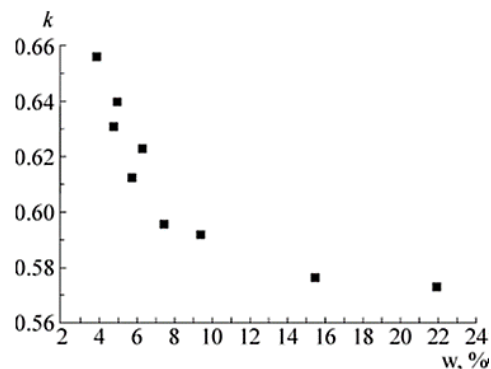


Рис. 3

Характер связи степени кристалличности, рассчитанной по соотношению (2), от влагосодержания (рис. 3) свидетельствует о дефибриллировании целлюлозы, начинающемся еще на ранней стадии увлажнения, что коррелирует с поведением левой ветви зависимости скорости спин-решеточной релаксации от влагосодержания. В данном случае выбор образца хлопковой целлюлозы обусловлен ее высокой химической чистотой по сравнению с древесными видами.

Нами были рассчитаны значения емкости мономолекулярного слоя  $w_m$ , а также константы адсорбционного равновесия  $C$  и удельные поверхности  $S_{уд}$  у исследуемых образцов целлюлозы. Величина удельной поверхности определялась по соотношению [2], [8]:

$$S_{уд} = 3500w_m. \quad (4)$$

Результаты расчетов сорбционных характеристик системы биополимер – вода приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Название образца	$w_m, 10^{-2}, \text{г/г}$	$C$	$S_{уд}, \text{м}^2/\text{г}$
Хлопковая целлюлоза ГОСТ 595–79	3,8	19	133
Сульфатная древесная целлюлоза ГОСТ 9571–89	4,9	23	171
Сульфитная древесная целлюлоза ГОСТ 5982–84	4,5	36	157

Согласно данным табл. 1 образцы хлопковой целлюлозы обладают большей степенью кристалличности по сравнению с древесными видами. Более развитая удельная

поверхность последних обеспечивает их высокую гидрофильность. Значения константы адсорбционного равновесия  $C$ , которая характеризует чистую теплоту ад-

сорбции воды, выше у древесных видов целлюлозы, что связано с наличием гемицеллюлоз и лигнина, не полностью удаляющихся в ходе варочного процесса. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о более прочных связях молекул адсорбированной воды с активной поверхностью древесных видов целлюлозы.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в процессе увлажнения целлюлозы происходит диспергирование ее микрофибрилл на элементарные фибриллы под действием расклинивающего давления со стороны адсорбированной воды.

2. Показано, что при относительном давлении паров воды 73...75% происходит заполнение микропор в образцах хлопковой и древесной целлюлозы.

3. Выраженные гидрофильные свойства исследуемых образцов древесных видов целлюлозы обусловлены более развитой удельной поверхностью и содержанием гемицеллюлоз.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Glasser W.G., Atalla R.H., Blackwell J., Brown Jr. R.M., Burchard W., French A.D., Klemm D.O., Nishiyama Y. About the structure of cellulose: debating the Lindman hypothesis // *Cellulose*. – №19, 2012. P.589...598.
2. Grunin Yu.B., Grunin L.Yu., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I., Gogelashvili G.Sh. Features of the sorption of water vapor and nitrogen on cellulose // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. – V. 87, №1, 213. P. 100...103.
3. Grunin Y.B., Grunin L.Yu., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I., Masas D.S. Supramolecular reorganizations in cellulose during hydration // *Biophysics*. – V. 60, № 1, 2015. P. 43...52.
4. Grunin Y.B., Grunin L.Y., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I. Microstructure of cellulose: NMR relaxation study // *Polymer Science. Series A*. – V. 54. № 3, 2012. P. 201...208.
5. Nishiyama Y. Structure and properties of the cellulose microfibril // *Journal of Wood Science*. – V. 55, 2009. P. 241...249.
6. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1984.
7. Дубинин М.М. Новое в области физической адсорбции паров микропорами адсорбентов

// *Журнал физической химии*. – 1987, № 5. С.1301...1305.

8. Грунин Ю.Б. Анализ системы целлюлоза – вода модифицированными методами протонного резонанса: Дис...докт. хим. наук. – Рига, 1988.

9. Grunin Y.B., Grunin L.Y., Masas D.S., Talantsev V.I., Sheveleva N.N. Proton magnetic relaxation study of the thermodynamic characteristics of water adsorbed by cellulose fibers // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. – V. 90, № 11, 2016. С.2249...2253.

10. Grunin L.Yu., Grunin Y.B., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I., Masas D.S. Features of the structural organization and sorption properties of cellulose // *Polymer Science Series A*. – V.57, Iss. 1, 2015. P.43...51.

## REFERENCES

1. Glasser W.G., Atalla R.H., Blackwell J., Brown Jr. R.M., Burchard W., French A.D., Klemm D.O., Nishiyama Y. About the structure of cellulose: debating the Lindman hypothesis // *Cellulose*. – №19, 2012. P.589...598.
2. Grunin Yu.B., Grunin L.Yu., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I., Gogelashvili G.Sh. Features of the sorption of water vapor and nitrogen on cellulose // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. – V. 87, № 1, 213. P.100...103.
3. Grunin Y.B., Grunin L.Yu., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I., Masas D.S. Supramolecular reorganizations in cellulose during hydration // *Biophysics*. – V.60, № 1, 2015. P. 43...52.
4. Grunin Y.B., Grunin L.Y., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I. Microstructure of cellulose: NMR relaxation study // *Polymer Science. Series A*. – V. 54. № 3, 2012. P. 201...208.
5. Nishiyama Y. Structure and properties of the cellulose microfibril // *Journal of Wood Science*. – V.55, 2009. P. 241...249.
6. Greg S., Sing K. Adsorbicija, udel'naja poverhnost', poristost'. – M.: Mir, 1984.
7. Dubinin M.M. Novoe v oblasti fizicheskoj adsorbicii parov mikroporami adsorbentov // *Zhurnal fizicheskoj himii*. – 1987, № 5. S.1301...1305.
8. Grunin Ju.B. Analiz sistemy celljuloza – voda modifitsirovannymi metodami protonnogo rezonansa: Dis...dokt. him. nauk. – Riga, 1988.
9. Grunin Y.B., Grunin L.Y., Masas D.S., Talantsev V.I., Sheveleva N.N. Proton magnetic relaxation study of the thermodynamic characteristics of water adsorbed by cellulose fibers // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. – V. 90, № 11, 2016. S.2249...2253.
10. Grunin L.Yu., Grunin Y.B., Nikolskaya E.A., Talantsev V.I., Masas D.S. Features of the structural organization and sorption properties of cellulose // *Polymer Science Series A*. – V.57, Iss. 1, 2015. P.43...51.

Рекомендована кафедрой физики ПГТУ. Поступила 15.04.17.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ И НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
ЗДАНИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ "УИКСС"**

**RECONSTRUCTION AND CONSTRUCTION  
OF BUILDINGS OF LIGHT INDUSTRY  
WITH BEARING SYSTEM "UIKSS"**

*Б.С. СОКОЛОВ, Е.О. ТРОШКОВ*  
*B.S. SOKOLOV, E.O. TROSHKOV*

(Казанский государственный архитектурно-строительный университет,  
Поволжский государственный технологический университет)  
(Kazan State Architectural and Construction University,  
Volga State Technological University)  
E-mail: sokolov@kgasu.ru; troshkoveo@mail.ru

*В статье рассматривается возможность применения разрабатываемой железобетонной несущей системы "Универсальная индустриальная каркасная система строительства" ("УИКСС") в сфере реконструкции и нового строительства зданий легкой промышленности. Приведены конструктивные схемы, применимые при реконструкции, и представлены основные выражения расчета прочности стыка "плита-колонна", полученные по результатам компьютерного моделирования и физических экспериментов.*

*The article discusses the possibility of applying the developed reinforced concrete framework "Universal industrial frame system construction" in the field of reconstruction and of new construction of light industry buildings. Particular attention in the article is paid to applicable constructive schemes in the reconstruction. The basic calculation expression of "plate-column" joint strength, obtained from the results of computer modeling and physical experiments, are outlined.*

**Ключевые слова:** железобетонный каркас, штепсельный стык, безбалочные перекрытия, расчет прочности, реконструкция зданий.

**Keywords:** reinforced concrete frame, socket joints, girderless slab, calculation of strength, reconstruction of buildings.

В настоящее время по разным причинам производится реконструкция зданий легкой промышленности, в том числе с изменением их функционального назначения. Нередко это приводит к смене условий эксплуатации и повышению нагрузок, передающихся на перекрытия. Ограждающие конструкции таких зданий, как правило, находятся в удовлетворительном состоянии, что позволяет осуществлять реконструкцию путем замены внутренних стен и перекрытий несущей системой.

Сравнение каркасов из монолитного и сборного железобетона по технологичности производства работ, расходу материалов, скорости и удобству монтажа, в условиях реконструкции и нового строительства, показывают значительные преимущества последних, особенно при производстве работ в зимнее время.

Одной из эффективных несущих систем из сборного железобетона с безбалочными бескапитальными перекрытиями является "Универсальная индустриальная каркасная

система строительства" ("УИКСС") [7], общий вид которой представлен на рис. 1. Главная отличительная особенность данного каркаса состоит в применении штепсельных стыков в узлах соединения плит перекрытия с колоннами каркаса (рис. 2).

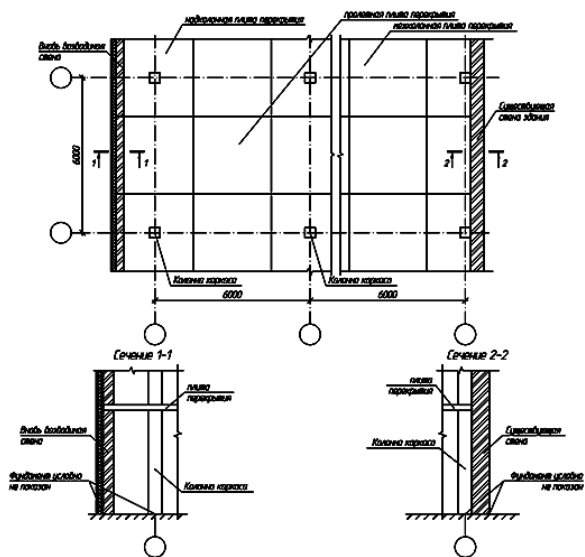


Рис. 1

Для внедрения предлагаемого каркаса при новом строительстве и реконструкции зданий необходима разработка методики расчета данных стыков, которая позволит выполнять проектирование каркаса, соблюдая условия обеспечения конструктивной безопасности соединений и несущей системы в целом. В [2] сформулированы теоретические основы расчета данных стыков, в соответствии с которыми расчет необходимо проводить отдельно для двух стадий – монтажа и эксплуатации.

В монтажной стадии прочность стыка предлагается определять прочностью контактной зоны верхней колонны, нижней колонны и плиты перекрытия на базе теории силового сопротивления анизотропных материалов сжатию [4].

В эксплуатационной стадии, при действии на стык продольных, поперечных сил

и изгибающих моментов, прочностные расчеты должны включать:

- расчет контактной зоны колонн с плитой перекрытия при действии сжимающих нагрузок со случайным эксцентриситетом и внецентренном сжатии;
- расчет на действие сдвигающих усилий в колоннах и плите перекрытия.

Для выявления действительного напряженно-деформированного состояния конструкций стыка и разработки методики расчета выполнены многофакторные численные исследования и физические эксперименты, методика проведения которых описана в работах [1], [6].

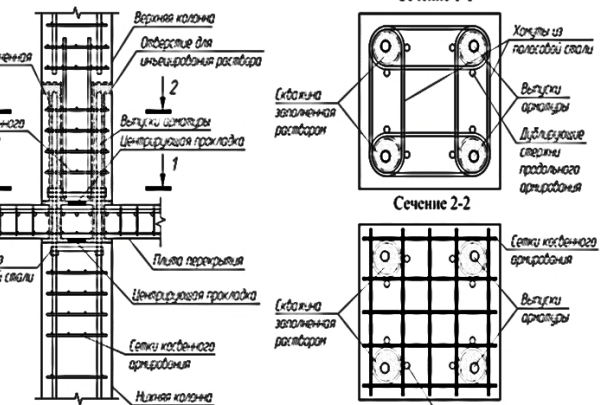


Рис. 2

и изгибающих моментов, прочностные расчеты должны включать:

- расчет контактной зоны колонн с плитой перекрытия при действии сжимающих нагрузок со случайным эксцентриситетом и внецентренном сжатии;
- расчет на действие сдвигающих усилий в колоннах и плите перекрытия.

Для выявления действительного напряженно-деформированного состояния конструкций стыка и разработки методики расчета выполнены многофакторные численные исследования и физические эксперименты, методика проведения которых описана в работах [1], [6].

Численные исследования работы стыка в монтажной стадии позволили уточнить методику расчета и записать условие прочности оголовков колонн:

$$N \leq N_{ult} = \left( \frac{[(N_{bt} + N_{sw}) \cos \alpha + N_{sh}]}{\sin \alpha} + N_{ef} + Q_{sd} + \gamma_s N_s \right), \quad (1)$$

где  $N_{bt}$ ,  $N_{sh}$ ,  $N_{ef}$ ,  $N_{sw}$ ,  $Q_{sd}$ ,  $N_s$  – сопротивление бетона отрыву, сдвигу, раздавливанию,

стержней сеток косвенного армирования растяжению [2], хомутов из полосовой

стали при изгибе, продольной арматуры;  $\alpha$  – угол наклона грани клина к грузовой площадке;  $\gamma_s$  – коэффициент условия работы продольной арматуры.

При выполнении условия  $L_{loc} \leq \frac{1}{3}a$   $\gamma_s = 0$ ; при  $L_{loc} > \frac{1}{3}a$   $\gamma_s$  определяется по формуле:

$$\gamma_s = -0,75 \left( \frac{L_{loc}}{a} \right)^2 + 2 \left( \frac{L_{loc}}{a} \right) - 0,25, \quad (2)$$

где  $L_{loc}$  – ширина зоны передачи нагрузки;  $a$  – размер сечения квадратной колонны.

Условие прочности плиты перекрытия в монтажной стадии:

$$N \leq N_{ult} = \left( \frac{[N_{bt} \cos \alpha + N_{sh}]}{\sin \alpha} + N_{ef} + \omega_1(Q_{sd1} + Q_{sd2}) \right), \quad (3)$$

$$N_{bt} = \gamma_{bt} R_{bt} (4hL_{loc}), \quad (4)$$

$$\gamma_{bt} = \frac{2,7h}{L_{loc}} + 0,8, \quad (5)$$

$$Q_{sd1(2)} = 0,75 \sum_{i=1}^n R_s A_{s,i} \sin \alpha, \quad (6)$$

где  $Q_{sd1}$ ,  $Q_{sd2}$  – сопротивление стержней верхней и нижней сетки армирования (возникает в стержнях, расположенных на ширине, равной  $1,8L_{loc}$ );  $\gamma_{bt}$  – коэффициент условий работы бетона в стесненных условиях;  $\omega_1=0,35$  – коэффициент условия работы стержней продольного армирования плиты;  $h$  – высота плиты.

Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния стыков в эксплуатационной стадии, с варьированием параметрами модели и силовыми воздействиями, позволило определить схемы разрушения стыка, факторы, в наибольшей мере оказывающие влияние на напряженно-деформированное состояние, получить данные о работе материалов и отдельных элементов узла, а также оптимизировать программу физических экспериментов. Численные исследования показали, что

в эксплуатационной стадии разрушение соединения также может происходить от продавливания и достижения предела прочности нормального сечения плиты. Эти вопросы широко изучены и в проводимых исследованиях не рассматривались.

Физические эксперименты проводились на моделях стыка, отвечающих критериям физического и геометрического подобия (1/2). В исследованиях изучалась работа стыка в эксплуатационной стадии, что позволило определить схемы разрушения стыка, получить данные о деформативности, построить графики "внешняя нагрузка - деформации" как для стыка в сборе, так и для его отдельных элементов.

По результатам компьютерного моделирования и физических экспериментов, на базе теоретических основ расчета, получены выражения для определения прочности стыка при действии эксплуатационных нагрузок, которые приведены ниже.

Прочность при сжатии со случайным эксцентриситетом определяется расчетом контактной зоны нижней колонны по выражению (1) при ширине передачи нагрузки  $L_{loc}$ , равной геометрическому размеру сечения квадратной колонны  $a$ . Прочность плиты перекрытия определяется расчетами по нормальным сечениям и продавливанию, регламентированными нормами [5]. Расчет прочности контактной зоны верхней колонны проводится аналогично нижней, но с добавлением в выражение сопротивления продольного армирования, расположенного в скважинах ( $N'_{ck}$ ) с понижающим коэффициентом ( $\gamma_{ck}=0,6$ ) [2].

Расчет прочности при внецентренном сжатии также ограничивается определением несущей способности контактной зоны колонн на основе теории силового сопротивления анизотропных материалов сжатию:

$$N \leq N_{ult} = \gamma_e \left( \frac{[(N_{bt} + N_{sw}) \cos \alpha + N_{sh}]}{\sin \alpha} + N_{ef} + Q_{sd} + N'_s \right), \quad (7)$$

$$\gamma_e = 1 - 0,55 \frac{e_0}{a}, \quad (8)$$

где  $\gamma_e$  – коэффициент, учитывающий влияние величины эксцентриситета  $e_0$ .

$$N_{bt} = 2R_{bt}a(h_p - 0,25L_{loc} \sin 2\alpha), \quad (9)$$

$$h_p = 0,75x + 0,67a, \quad (10)$$

где  $h_p$  – рабочая высота стыка;  $L_{loc}$  – ширина зоны передачи нагрузки, равная высоте сжатой зоны бетона ( $x$ ).

$$N_{sw} = \omega \gamma_{sw} q_{sw} l_{sw}, \quad (11)$$

$$N_{sh} = R_{sh} A_{sh} = 3 R_{bt} a L_{loc} \cos \alpha, \quad (12)$$

$$N_{ef} = R_b a L_{loc} \sin^2 \alpha, \quad (13)$$

$$Q_{sd} = 0,667 \sum_{i=1}^n R_s A_{swx,i} \sin \alpha, \quad (14)$$

$$N_s = R_s A'_s, \quad (15)$$

где  $A_{swx}$  – площадь сечения хомута из полосовой стали;  $A'_s$  – площадь сжатых стержней продольного армирования;  $n$  – количество сечений хомутов из полосовой стали, пересекающих плоскости сдвига в глубине тела колонны.

Параметры, входящие в расчетные выражения, но не описанные в данной статье, определяются согласно [2].

Расчет прочности при действии сдвигающих усилий оценивается прочностью оголовков верхней и нижней колонн в отдельности. В общем виде предел прочности одного оголовка колонны на сдвиг с учетом вертикального обжатия оценивается суммой следующих характеристик:

$$Q \leq Q_{ult} = Q_{bt} + Q_{sw1} + Q_{sw2} + Q_s + N\mu, \quad (16)$$

где  $Q_{bt}$ ,  $Q_{sw1}$ ,  $Q_{sw2}$ ,  $Q_s$  – сопротивление бетона на отрыв, сеток косвенного армирования в зоне отрыва, хомутов из полосовой стали, продольного армирования при возникновении "нагельного эффекта";  $N$  – продольное усилие в колонне;  $\mu$  – коэффициент трения по контакту раствор – бетон.

$$Q_{bt} = A_{bt} R_{bt} = a L R_{bt}, \quad (17)$$

где  $L$  – рабочая высота стыка при сдвиге ( $5d_s$  при использовании хомутов из полосовой стали).

$$Q_{sw1(2)} = k_{1(2)} \sum_{i=1}^{n(k)} R_{s1(2)} A_{sw1(2),i}, \quad (18)$$

где  $k_1$ ,  $k_2$  – коэффициент полноты эпюры растягивающих напряжений в сетках косвенного армирования и хомутах из полосовой стали ( $k_1 = 0,45$  для нижней и верхней колонны;  $k_2 = 0,5$  для верхней колонны,  $k_2 = 1$  для нижней колонны);  $R_{s1}$ ,  $R_{s2}$  – расчетное

сопротивление растяжению стержней сеток и хомутов из полосовой стали;  $A_{sw1,i}$ ,  $A_{sw2,i}$  – площадь одного стержня сетки и сечения хомута;  $n$ ,  $k$  – количество стержней и сечений хомутов, попадающих в зону отрыва.

Исследования показали, что в стержнях продольного армирования колонны, расположенных в зоне отрыва бетона, возникают растягивающие напряжения, достигающие предела текучести, а угол их изгиба составляет  $25^\circ$ , что позволило привести выражение определения сопротивления  $Q_s$  к следующему виду:

$$Q_s = 0,45 \sum_{i=1}^m R_s A_{s,i}, \quad (19)$$

где  $R_s$  – расчетное сопротивление стержней продольного армирования растяжению;  $A_{s,i}$  – площадь одного стержня продольного армирования;  $m$  – количество стержней, попадающих в зону отрыва бетона колонны.

## ВЫВОДЫ

1. Для нового строительства и реконструкции существующих зданий и сооружений, в том числе легкой промышленности, является целесообразным применение каркасной системы "УИКСС", представляющей собой сборный железобетонный безбалочный каркас с плоскими плитами перекрытия и штепсельными стыками конструктивных элементов.

2. При проектировании зданий с использованием несущей системы "УИКСС" для обеспечения конструктивной безопасности необходимо выполнение прочностных расчетов штепсельного стыка "плита-колонна" по описанным методикам для монтажной и эксплуатационной стадий.

3. На основе полученных экспериментальных данных предполагается разработка методик расчета осевой и сдвиговой податливости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Б.С., Трошков Е.О. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния штепсельных стыков железобетонных колонн второго типа // Мат. VIII Всероссийской (II Международ.) конф.: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции



(НАСКР-2014). – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С.206...212.

2. Соколов Б.С., Латыпов Р.Р. Прочность и податливость штепсельных стыков железобетонных колонн при действии статических и сейсмических нагрузок. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010.

3. Соколов Б.С., Поздеев В.М., Трошков Е.О. Технично-экономическое обоснование целесообразности использования нового решения узла сопряжения колонн с надколонной плитой в сборных железобетонных безбалочных перекрытиях // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. – 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 58...61.

4. Соколов Б.С. Теория силового сопротивления анизотропных материалов сжатию и ее практическое применение. – М.: Изд-во АСВ, 2011.

5. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01–2003. – М., 2012.

6. Трошков Е.О. К проведению физических экспериментов над моделями штепсельных стыков колонн и плит перекрытия // Тр. Поволжского гос. технолог. ун-та: Серия: Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. С. 236...241.

7. Пат. 141473 Российская Федерация: МПК E04B1/20 / Соколов Б.С. Универсальная индустриальная каркасная система строительства Татарстан (УИКСС-Татарстан); заявитель и патентообладатель Соколов Б.С. – №2013128714/03; заявл. 24.06.2013; опубл. 10.06.2014.

janija shtepsel'nyh stykov zhelezobetonnyh kolonn второго типа // Mat. VIII Vserossijskoj (II Mezhdunar.) konf.: Novoe v arhitekture, proektirovanii stroitel'nyh konstrukcij i rekonstrukcii (NASKR-2014). – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С.206...212.

2. Sokolov B.S., Latypov R.R. Prochnost' i podatlivost' shtepsel'nyh stykov zhelezobetonnyh kolonn pri dejstvii staticheskih i sejsmicheskih nagruzok. – М.: Изд-во Ассоциаций строител'nyh vuzov, 2010.

3. Sokolov B.S., Pozdeev V.M., Troshkov E.O. Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie celesoobraznosti ispol'zovanija novogo reshenija uzla soprjazhenija kolonn s nadkolonnoj plitoy v sbornyh zhelezobetonnyh bezbalochnyh perekrytijah // Vestnik Volgogr. gos. arhit.-stroit. un-ta. Ser.: Str-vo i arhit. – 2013. Vyp. 31(50). Ch. 2. Stroitel'nye nauki. S. 58...61.

4. Sokolov B.S. Teorija silovogo soprotivlenija anizotropnyh materialov szhatiju i ee prakticheskoe primenenie. – М.: Изд-во ASV, 2011.

5. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNIIP 52-01–2003. – М., 2012.

6. Troshkov E.O. K provedeniju fizicheskikh jeksperimentov nad modeljami shtepsel'nyh stykov kolonn i plit perekrytija // Tr. Povolzhskogo gos. tehnolog. un-ta: Serija: Tehnologicheskaja. – Yoshkar-Ola: PGTU, 2015. S. 236...241.

7. Pat. 141473 Rossijskaja Federacija: MPK E04V1/20 / Sokolov B.S. Universal'naja industrial'naja karkasnaja sistema stroitel'stva Tatarstan (UIKSS-Tatarstan); zajavitel' i patentoobladatel' Sokolov B.S. – №2013128714/03; zajavl. 24.06.2013; opubl. 10.06.2014.

#### REFERENCES

1. Sokolov B.S., Troshkov E.O. Komp'juternoe modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sosto-

Рекомендована кафедрой строительных конструкций и водоснабжения ПГТУ. Поступила 25.10.16.

УДК 543.833:621

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ЩЕБЕНОЧНОЙ ЗАСЫПКИ

### PERFORMANCE EVALUATION OF VIBRATION REDUCTION OF GRAVEL BACKFILL

*В.А. СМИРНОВ, М.Ю. СМОЛЯКОВ, И.Е. ЦУКЕРНИКОВ*  
V.A. SMIRNOV, M.YU. SMOLYAKOV, I.E. TSUKERNIKOV

(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: belohvost@list.ru; smolyakovmu@gmail.com; 3342488@mail.ru

*В строительной практике наметился интерес к использованию прослоек из натурального или искусственного щебня в качестве виброизоляционных засыпок в конструкциях. Благодаря своей структуре подушка, выполненная*

из сыпучего материала, может применяться для снижения амплитуд динамического воздействия на здания и сооружения. Происходит значительная потеря энергии за счет сухого трения между частицами и многократного отражения волны на границах раздела сред. Однако пока в отечественной нормативной документации отсутствует методика определения динамических свойств крупнообломочных материалов. В настоящей работе, основываясь на положениях существующей нормативной базы, описан испытательный стенд и предложена методика определения динамических характеристик упругого слоя из крупнообломочного материала.

*There is an interest in building practice to an application of natural or artificial crushed stone layers as a vibration isolation filling inside structures. Due to its structure, the pillow consisting of such material can be applied for the reduction of dynamic excitation amplitudes acting on buildings. The significant loss of energy occurs due to dry friction between the particles and multiple reflections of waves at boundaries of media. However, at the moment, the domestic standards lack the method for determining the dynamic properties of coarse-grained materials. In this paper, according to existing standards, a test setup and a methodology is described for the determination of dynamic properties of gravel backfill elastic layers.*

**Ключевые слова:** щебеночная засыпка, эффективность виброизоляции, испытательный стенд.

**Keywords:** gravel backfill, effectiveness of vibration isolation, test bench.

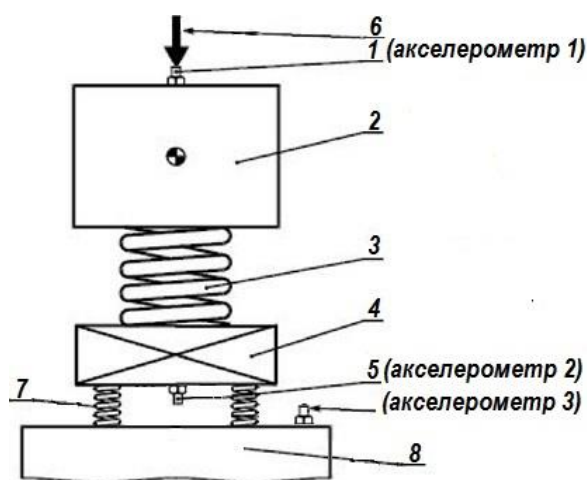
В настоящее время в строительстве все больше обращаются к использованию щебеночных засыпок в конструкциях зданий для снижения вибраций, передаваемых по грунту, по аналогии с широко применяемым методом сейсмоизоляции [1...8].

В работе предлагается новая инженерная методика экспериментального определения характеристик таких засыпок. Оценку эффективности снижения вибраций упругим слоем пеностекольного щебня

определяли путем анализа переходной функции, показывающей отношение между подводимым к динамической системе воздействием и ее откликом [1]. Такое допущение правомерно в случае динамической системы с одной степенью свободы. Для реализации указанного принципа разработан динамический стенд [2], общий вид которого представлен на рис. 1-а, а принцип действия поясняется схемой на рис. 1-б.



а)



б)

Рис. 1

Цифрой 3 на рис. 1-б обозначено виброизолирующее устройство, в данном случае – упругий слой щебня, который пригружается массой 2 для создания предварительного статического нагружения и распределения по всей поверхности исследуемого образца передаваемой на него вибрации. На массу 2 действует возмущение в виде широкополосной поступательной вибрации, создаваемой вибровозбудителем 6, которое регистрируется с помощью импедансной головки 1. Для устранения влияния колебаний основания стенда 8 на результаты испытаний в динамический стенд введена масса 4, которая опирается на виброизоляторы 7. Для определения ускорений элементов стенда в характерных точках установлены датчики ускорений (акселерометры 1, 2 и 3), показания которых фиксируются многоканальной измерительной аппаратурой.

Измерение передаточной функции упругого слоя щебня осуществляется путем определения спада виброускорений массы 4 относительно массы 2 с помощью двух акселерометров 1 и 2, установленных соответственно на входе и выходе динамической системы масса–упругий слой–основание. Контроль отсутствия влияния поддерживающей конструкции на результат измерений осуществляется путем сопоставления уровней вибрации массы 4 и основания стенда 8, при этом спад уровней колебаний должен быть не менее 15...20 дБ, что регистрировалось в ходе испытаний.

Для испытаний использовали цилиндрическую емкость большого радиуса, в которую послойно засыпали щебень с уплотнением до 10...15%. Испытания проводили на слоях щебня толщиной 60, 120, 180 и 240 мм. Конструкция стенда позволяет проводить испытания и при больших толщинах засыпок.

Испытания упругого слоя пеностеклового щебня проводили при малой величине предварительного статического нагружения, что моделировало свободную засыпку материала в конструкцию. Величина предварительной нагрузки на слой щебня составила 1286,74 Па. В импедансную головку

вворачивали передаточную штангу от вибровозбудителя RFTSESE-201, который был подвешен за перекрытия и непосредственно с объектом исследования не связан.

Испытания проводили при действии на утрамбованный щебень широкополосного шума, наиболее точно моделирующего широкополосное воздействие метрополитена [3], [5], который задавался генератором колебаний RFT 03004 (розовый шум), подключенный через усилитель RFT LV-102 к вибровозбудителю. Показания акселерометров 1...3, установленных на испытательном стенде, синхронно регистрировали с помощью многоканальной аппаратуры. Измерения проводили не менее 2-х мин, результаты усредняли в процессе обработки.

Измеренные акселерограммы  $a_1(t)$ ,  $a_2(t)$ ,  $a_3(t)$  подвергали частотному анализу для получения спектральных характеристик по каждому из каналов  $a_1(f)$ ,  $a_2(f)$ ,  $a_3(f)$ . Передаточную функцию определяли как отношение спектральных характеристик виброускорений, полученных на массе 4 (рис. 1-б), к спектральным характеристикам виброускорений, зарегистрированных на массе 2 (рис. 1-б):

$$\text{Tr}(f) = \left| \frac{a_2(f)}{a_1(f)} \right|, \quad (1)$$

где  $f$  – частота воздействия, Гц.

Эффективность виброизоляции упругого слоя  $\Delta L$ , дБ, определяли по формуле:

$$\Delta L(f) = 20 \log(\text{Tr}(f)). \quad (2)$$

Резонансная частота определяется частотой, соответствующей максимальному пику на графике передаточной функции, а коэффициент потерь – по ширине резонансной кривой [2], [7].

На рис. 2 представлен один из графиков эффективности виброизоляции упругого слоя пеностеклового щебня. Тонкими цветными линиями отмечена эффективность виброизоляции упругого слоя для каждого из пяти образцов. Разброс результатов (резонансная частота упругого слоя,

эффективность виброизоляции) связан с неоднородным прилеганием металлического диска к образцам из-за крупности щебня (фракция 30...60 мм).

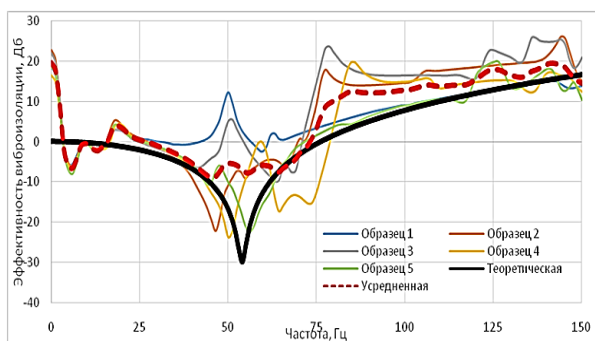


Рис. 2

Черной жирной сплошной линией показана теоретическая кривая эффективности виброизоляции, определяемая следующей формулой [1]:

$$\Delta L = 20 \log \left( \sqrt{\frac{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \eta^2}{1 + \eta^2}} \right), \quad (3)$$

где  $f_0$  – собственная частота виброзащитной системы, Гц;  $\eta$  – коэффициент потерь виброзащитной системы.

В качестве  $f_0$  и  $\eta$  в рассматриваемой формуле принималось усредненное значение по выборке из 5 образцов одной толщины.

Красной жирной пунктирной линией на графиках рис. 2 показана кривая эффективности виброизоляции, полученная по результатам усреднения экспериментальных кривых. Усредненная кривая с достаточной точностью аппроксимируется теоретической кривой эффективности. Наибольшие различия наблюдаются вблизи резонансных частот, что связано с тем, что теоретическая кривая эффективности не учитывает все особенности рассеяния колебательной энергии, которые наблюдаются в упругом слое щебня.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика проведения испытаний и измерительный стенд, позволяющий определять эффективность виброизоляции упругого слоя пеностеклянного щебня различной толщины.

2. Испытания проводили при малой величине статического пригруза, что моделировало свободную засыпку пеностеклянного щебня в конструкцию. Для определения теоретической эффективности виброизоляции упругого слоя при большей величине статического пригруза можно воспользоваться методикой пересчета. Предполагая, что в интересующем диапазоне нагрузок упругая прослойка щебня имеет постоянную жесткостную характеристику, можно определить резонансную частоту прослойки той же толщины, но при действии большей нагрузки, воспользовавшись соотношением  $f_{m2} = f_{m1} \sqrt{m_1/m_2}$ , где  $f_{m1}$  – измеренная резонансная частота упругого слоя, Гц, при нагрузке  $m_1$ , кг;  $f_{m2}$  – определяемая резонансная частота при новой величине нагрузки  $m_2$ , кг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Челомей В.Н. Вибрации в технике. – Т.6. Защита от вибрации и ударов / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1981.
2. ГОСТ Р 56353–2015. Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов.
3. СП 23-105–2004. Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена.
4. СП 120.133300.2012. Метрополитены.
5. Цукерников И.Е., Смирнов В.А. Экспериментальные исследования уровней вибрации перекрытий жилых зданий, вызванных движением поездов метрополитена // Строительство и реконструкция. – 2016, №4(66). С. 85...93.
6. Smirnov V., Tsukernikov I. To the Question of Vibration Levels Prediction Inside Residential Buildings Caused by Underground Traffic // Proc. Eng. – Vol. 176, 2017. P. 371...380.
7. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний / Пер. с англ. – М.: Мир, 1988.
8. Vanicek I., Vanicek M. Static foundation analysis study for nuclear power plant // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2014, №4. С. 9...18.

## REFERENCES

1. Chelomej V.N. Vibracii v tehnike. – Т.6. Zashchita ot vibracii i udarov / Pod red. K.V. Frolova. – М.: Mashinostroenie, 1981.
2. GOST R 56353–2015. Grunty. Metody laboratornogo opredelenija dinamičeskikh svojstv dispersnyh gruntov.
3. SP 23-105–2004. Ocenka vibracii pri proektirovanii, stroitel'stve i jekspluatácii ob'ektov metropolitena.
4. SP 120.133300.2012. Metropoliteny.
5. Cukernikov I.E., Smirnov V.A. Jeksperimental'nye issledovanija urovnej vibracii perekrytij zhi-lyh zdanij, vyzvannyh dvizheniem poezdov metropolitena // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2016, №4(66). S. 85...93.
6. Smirnov V., Tsukernikov I. To the Question of Vibration Levels Prediction Inside Residential Buildings Caused by Underground Traffic // Proc. Eng. – Vol. 176, 2017. P. 371...380.
7. Nashif A., Dzhouns D., Henderson Dzh. Dempfirovanie kolebanij / Per. s angl. – М.: Mir, 1988.
8. Vanicek I., Vanicek M. Static foundation analysis study for nuclear power plant // Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2014, №4. S. 9...18.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 04.03.17.

УДК 699.8

### АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ С ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЬЮ В РЫХЛЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПЕСКАХ

### PROCESS SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION DURING CONSTRUCTION AND RENOVATION OF BUILDINGS WITH UNDERGROUND SPACE IN LOW-DENSITY SATURATED SANDS

*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)  
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)  
E-mail: n.s.nikiforova@mail.ru

*Приводится анализ указаний нормативных документов по строительству зданий и сооружений с подземной частью на рыхлых водонасыщенных песках, описываются негативные ситуации при возведении некоторых объектов, сравниваются усилия в "стене в грунте" в песках рыхлого и плотного сложений, даются рекомендации по преобразованию оснований, сложенных рыхлыми водонасыщенными песками.*

*Paper contains analysis of standards' instructions on buildings and structures construction with underground space on low-density saturated sands, noteworthy construction cases, comparison of forces in diaphragm wall made in low or high density sands, recommendations on soil improvement.*

**Ключевые слова:** производственная и экологическая безопасность, подземные сооружения, реконструкция, рыхлые водонасыщенные пески.

**Keywords:** process safety and environmental protection, underground structures, renovation, low-density saturated sands.

Строительство и реконструкция промышленных объектов, в том числе текстильной промышленности, может предусматривать устройство подземных частей сооружений. Особенно сложно решать вопросы безопасности подземного строительства и соблюдения экологических норм в рыхлых водонасыщенных песках. Академик РАН В.И.Осипов [1] указывает, что важной особенностью инженерно-геологического строения основания территории г. Москвы является наличие древних эрозионных долин, заполненных, как правило, тонкозернистыми пылеватыми песками, которые легко переходят в плавунное состояние и приводят к критическим ситуациям при подземном строительстве. Вследствие воздействия вибраций при работе оборудования текстильной промышленности возможно как доуплотнение рыхлых песков, так и виброползучесть. Как показывает опыт, подземное строительство в этих случаях требует преобразования свойств проблемных грунтов. Нормативная база по подземному строительству в рыхлых водонасыщенных песках содержит следующие положения.

В Приложении А (п.А.9) СП 248.1325800.2016. Сооружения подземные. Правила проектирования указывается на то, что рыхлые водонасыщенные пески четвертичного возраста, залегающие, например, на северо-западе Москвы, неблагоприятны для подземного строительства. Такие грунты способны доуплотняться при вибрационных или фильтрационных воздействиях, склонны к проявлению плавунных свойств и опасны своей способностью заполнять подземные полости и пространства при наличии в них доступа. В 5.14 ТСН50-304-2001. Основания, фундаменты и подземные сооружения отмечается, что к специфическим грунтам на территории Москвы относятся рыхлые пески. В соответствии с п 7.7 для объектов геотехнической категории 3, к которой относятся сооружения с подземной частью, следует проводить опытные работы по преобразованию свойств грунтов выбранным методом. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге запрещает

применение свай и шпунтовых стен в зонах примыкания, погружаемых механическими или дизельными молотами, а также вибропогружателем, даже за пределами 20-метровой зоны от контура соседнего здания в случае, если в естественном основании существующего здания есть рыхлые пески (п. 13.4). Вопросы виброползучести рассмотрены в [5].

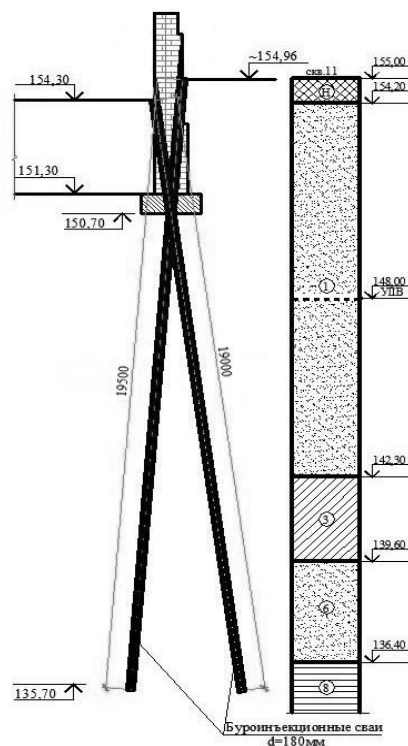


Рис. 1

Имеющийся опыт позволяет сделать вывод о том, что применение свай усиления в качестве защитных мероприятий для зданий в зоне влияния подземного строительства в рыхлых водонасыщенных песках может оказаться неэффективным [2]. При устройстве ограждения котлована на северо-западе Москвы методом непрерывного проходного шнека (НПШ) для пристройки к существующему зданию, фундаменты которого были предварительно усилены буроинъекционными сваями (рис. 1 – схема усиления буроинъекционными сваями фундамента здания на рыхлых песках в северо-западном районе Москвы [2]: н – насыпные грунты; 1 – пески от мелких до средней крупности, рыхлые (вся толща после устройства ограждения котлована); 3 –

суглинки полутвердые; 6 – пески от мелких до средней крупности, средней плотности; 8 – глины полутвердые), произошло еще большее разуплотнение песков. При этом у рыхлых песков модуль деформации уменьшился с 17,0 до 13,5 МПа, а угол внутреннего трения песков снизился с 31 до 28 град. Вследствие этого возникли сверхнормативные деформации основания здания. Это было вызвано разуплотнением грунта вокруг свай усиления его фундаментов примерно на половине их длины, что привело к снижению их несущей способности. Проф. Ван Импе также отмечает разуплотнение рыхлых песков при устройстве свай СФА (НПШ) [3].

Кроме того, при прогнозировании осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства в рыхлых водонасыщенных песках необходимо учитывать осадку, обусловленную технологией производства работ "нулевого цикла". Так, на вышеописанном объекте на северо-западе Москвы при устройстве фундаментов в котловане для пристройки из буронабивных свай Ø 600 мм под защитой обсадных труб и бетонировании методом вертикально перемещающейся трубы технологическая осадка существующего здания на буроинъекционных сваях от устройства буронабивных свай с опережающим погружением обсадной трубы с грунтовой пробкой достигла 2...8 мм (рис. 2 – технологические осадки здания на рыхлых песках в северо-западном районе Москвы при устройстве ограждения котлована: 1 – методом погружения обсадной трубы со шнеком, 2 – то же вдоль здания; 3,4 – методом НПШ и 5 – буронабивных свай Ø 600 мм под пристройку (НИИСФ РААСН, 2014)).

Для обеспечения сохранности окружающей застройки в зоне влияния подземных объектов, строящихся открытым способом, при наличии в ее основании рыхлых водонасыщенных песков также рекомендуется использовать активные защитные мероприятия, например, распорки с домкратами. Численные исследования, проведенные в [4] для исторического здания по адресу ул.1-я Брестская, 66 в Москве, установили,

что их применение снижает осадку до нормативного значения, равного 5 мм.

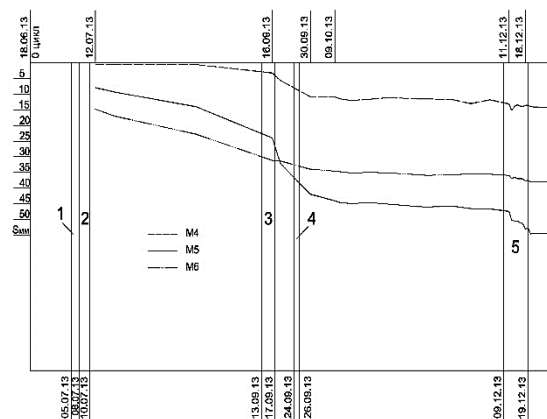


Рис. 2

Численные расчеты, выполненные в программе PLAXIS 2D Незамаевым В.М. (МГСУ), показали, что при строительстве здания с подземной частью методом "top-down" в рыхлых мелких песках момент в "стене в грунте" толщиной 0,6 м в 2,9...2,4 раза больше, чем в плотных песках (соответственно 274 и 92 кНм на стадии откопки котлована и 253 и 104 кНм на стадии завершения строительства), а осадка здания на расстоянии 4,0 м от котлована – в 2 раза, то есть 10 и 5 мм соответственно (рис. 3 – общие перемещения грунтового массива, сложенного рыхлыми водонасыщенными песками, на стадии завершения строительства). При методе строительства с распорками в рыхлых песках возникали сверхнормативные осадки окружающей застройки.

Предпочтительно осуществлять преобразование грунтов (например, закрепление) каким-либо методом для предотвращения их выноса в полость при устройстве ограждения котлована (из "стены в грунте", буровых свай), или уплотнения вследствие динамических воздействий от работающих механизмов. Рекомендации по строительству подземных сооружений в рыхлых песках содержатся в *СТО НОСТРОЙ 2.3.18–2011. Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами*. Согласно п.6.5.3 Однокомпонентный

способ (Jet-1) обработки грунта рекомендуется применять для укрепления рыхлых (крупно- и среднезернистых песков), а двух (Jet-2)- и трехкомпонентный (Jet-3) для укрепления мелкозернистых песков.

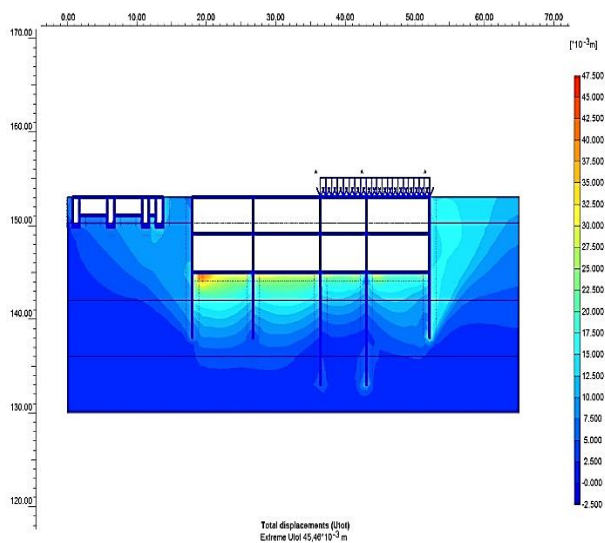


Рис. 3

Положения по закреплению рыхлых песков содержатся в СТО 17466563-001–2011. Рекомендации по инъекционному закреплению грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) "Микродур". Правила проектирования и производства работ (М., 2011) (Стандарт организации НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, разработан совместно с ООО "Веста инж").

Инъекция быстротвердеющего цементного раствора в рыхлые водонасыщенные пески и последующая их кольматация может привести к высокой степени фильтрационной неоднородности водонасыщенных песков и вызвать суффозионные процессы, загрязнение подземных вод и ухудшение экологической ситуации. Суффозия, в свою очередь, провоцирует развитие дополнительных осадков окружающей застройки. Примером вышесказанного является строительство Алабяно-Балтийского тоннеля в Москве в рыхлых водонасыщенных песках, потребовавшего усиления фундаментов зданий в зоне его влияния.

## ВЫВОДЫ

1. Наличие рыхлых водонасыщенных песков по сравнению с песками средней плотности существенно увеличивает момент в ограждении котлована и осадку соседних зданий.

2. При строительстве и реконструкции зданий и сооружений с подземной частью в рыхлых водонасыщенных песках необходимо учитывать технологические осадки окружающей застройки, вызванные уплотнением рыхлых песков вследствие ряда факторов: понижения уровня подземных вод, динамических воздействий от работающих механизмов и транспорта, возможного выноса песков в полость обсадной трубы или траншею для устройства "стены в грунте" и пр.

3. Применение свай усиления в качестве защитных мероприятий для зданий в зоне влияния подземного строительства в рыхлых водонасыщенных песках может оказаться неэффективным. Предпочтительно осуществлять преобразование грунтов (например, закрепление, в том числе по технологии струйной цементации).

4. Вопросы строительства подземных сооружений в рыхлых водонасыщенных песках требуют дополнительной проработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Осипов В.И. Геологические условия градостроительного развития г. Москвы. – М.: Комитет по телекоммуникациям и средствам массовой информации г. Москвы. Издательская программа Правительства Москвы, 2005.
2. Никифорова Н.С. Обеспечение сохранности зданий в зоне влияния подземного строительства. – 2-е изд. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2016.
3. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. – СПб: Стройиздат Северо-Запад, 2010.
4. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Готман Ю.А., Тупиков М.М., Трофимов Е.Ю. Анализ применения активных и пассивных методов защиты при подземном строительстве // Жилищное строительство. – 2013, №6. С.25...27.
5. Справочник геотехника. – 2-е изд., доп. и перераб. / Под ред. В.А.Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: АСВ, 2016.



## REFERENCES

1. Osipov V.I. Geologicheskie uslovija gradostroitel'nogo razvitiya g. Moskvy. – M.: Komitet po telekommunikacijam i sredstvam massovoj informacii g. Moskvy. Izdatel'skaja programma Pravitel'stva Moskvy, 2005.
2. Nikiforova N.S. Obespechenie sohrannosti zdaniy v zone vlijanija podzemnogo stroitel'stva. – 2-e izd. – M.: Izd-vo MISI-MGSU, 2016.
3. Ulickij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotehnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov. – SPb: Strojizdat Severo-Zapad, 2010.

4. Il'ichev V.A., Nikiforova N.S., Gotman Ju.A., Tupikov M.M., Trofimov E.Ju. Analiz primeneniya aktivnyh i passivnyh metodov zashhity pri podzemnom stroitel'stve // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2013, №6. S.25...27.

5. Spravochnik geotekhnika. – 2-e izd., dop. i pere-rab. / Pod red. V.A.Il'icheva i R.A. Mangusheva. – M.: ASV, 2016.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 03.04.17.

УДК 697.922

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

### METHODOLOGY OF ASSESSMENT OF SOUND ABSORPTION COEFFICIENTS IN INDUSTRIAL SPACES WITH TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

*В.И. ЛЕДЕНЕВ, А.М. МАКАРОВ, И.В. МАТВЕЕВА, И.Л. ШУБИН*  
V.I. LEDENEV, A.M. MAKAROV, 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 Building Sciences)  
E-mail: gsiad@mail.tambov.ru

*Размещаемое в производственных помещениях технологическое оборудование оказывает влияние на формирование шумового режима. Наличие оборудования приводит к дополнительному рассеиванию звуковой энергии. В результате этого уменьшаются длины среднего свободного пробега звуковых лучей. Данное обстоятельство в свою очередь приводит к изменению средних коэффициентов звукопоглощения помещения, что в конечном итоге оказывает влияние на распределение отраженной звуковой энергии. В статье приводятся методика определения средних коэффициентов звукопоглощения в производственных зданиях с технологическим оборудованием на основе компьютерных технологий, а также формулы для расчета коэффициентов звукопоглощения в помещениях с рассеивателями.*

*The technological equipment placed in the production facilities influences the formation of the noise regime. The presence of equipment leads to an additional dissipation of sound energy. As a result, the average mean free path of the sound rays is reduced. This circumstance in turn leads to a change in the average coefficients of sound absorption of the room, which ultimately affects the distribution of reflected sound energy. The article provides a technique for determining average sound absorption coefficients in industrial buildings with technological equipment*

*based on computer technologies, as well as formulas for calculating the sound absorption coefficients in rooms with scatterers.*

**Ключевые слова:** шумовой режим, звукопоглощение помещений, длина пробега звуковых лучей, время реверберации, технологическое оборудование.

**Keywords:** noise regime, sound absorption of rooms, length of run of sound beams, reverberation time, technological equipment.

Обеспечение нормального шумового режима в производственных помещениях является задачей, решение которой должно выполняться на всех стадиях проектирования производственных зданий, а также при реконструкции действующих производств. Для снижения шума разработаны различные методы и средства и в том числе строительно-акустические меры. Среди них широкое применение имеют звукопоглощающие облицовки. Оценка эффективности снижения шума звукопоглощением производится путем сравнения результатов расчета уровней шума до и после устройства облицовок. Точность расчетов зависит от достоверности сведений об используемых при расчетах коэффициентах звукопоглощения помещений. Производственные помещения, как правило, заполнены технологическим оборудованием, которое рассеивает и частично поглощает излучаемую источником шума звуковую энергию [1], [2]. Наличие оборудования приводит к изменению длин пробега звуковых лучей в помещениях, времени реверберации и, как следствие, звукопоглощающих характеристик помещения. Неучет изменений звукопоглощения может приводить к снижению точности расчетов. В статье дана методика оценки акустических характеристик помещений при наличии в них технологического оборудования и других рассеивающих звук предметов.

В производственных помещениях отражение звуковой энергии от ограждений и оборудования имеет диффузный характер. В этом случае для расчетов энергетических характеристик шума используются методы, основанные на положениях статистической теории акустики и статистического энергетического подхода [3], [4]. В их расчетные

модели входит статистический параметр отраженного звукового поля – средняя длина свободного пробега звуковых лучей, зависящий от планировочных параметров помещения и наличия в нем рассеивателей звука [5]. При расчетах используются также диффузные коэффициенты звукопоглощения, для определения которых необходимы данные о средних длинах пробега лучей и о времени реверберации.

Средняя длина пробега и время реверберации являются величинами, зависящими от большого количества факторов. Для оценки их влияния на длину пробега и время реверберации разработаны методики, обеспечивающие возможность исследования указанных параметров в квазидиффузном звуковом поле при диффузном характере отражения звука. Для ее реализации разработана компьютерная программа. Программа позволяет на основе метода прослеживания лучей определять энергетические характеристики отраженного звукового поля и находить время реверберации и длину среднего пробега при отсутствии и наличии в помещении рассеивателей. Программа состоит из двух модулей по расчету средней длины свободного пробега лучей и определению времени реверберации. При вычислении средней длины учитывается их реальное энергетическое состояние. Методика такого подхода изложена в [6]. В модуле по определению времени реверберации осуществляется вычисление энергетических параметров отраженного звукового поля после отключения источника шума и установление времени затухания отраженной энергии на 60 дБ относительно первоначального уровня.

Исследования проводили в помещениях различных пропорций.

Установлено, что при диффузном характере отражения и изотропном распределении лучей расчетная длина среднего пробега  $l_{\text{ср.ray}}$  в пустых помещениях может незначительно отличаться от длины пробега, определяемой по классической формуле:

$$l_{\text{ср}} = 4V/S_{\text{огр}}, \quad (1)$$

где  $V$  и  $S_{\text{огр}}$  – объем и площадь ограждений помещения.

Расчеты показали, что в пустых помещениях величина  $l_{\text{ср.ray}}$  отличается от  $l_{\text{ср}}$  не более чем на  $\pm 5\%$ , независимо от расположения источника и величины звукопоглощения ограждений. Следовательно, в этом случае в расчетных методах можно использовать длину  $l_{\text{ср}}$ , определяемую по формуле (1).

В помещениях с рассеивателями (технологическим оборудованием) длина среднего свободного пробега  $l_{\text{ср.ray}}^{\text{P}}$  зависит от рассеивателей, звукопоглощения потолка, пропорций помещения, места размещения источника и может существенно (на 20...30%) отличаться от длины  $l_{\text{ср}}$ . На основании расчетов  $l_{\text{ср.ray}}^{\text{P}}$  установлено, что при диффузном характере отражения звука от ограждений и рассеивателей (технологического оборудования) длину можно определять по формуле:

$$l_{\text{ср}}^{\text{P}} = 4k(V - V_{\text{рас}}) / (S_{\text{огр}} + S_{\text{рас}}), \quad (2)$$

где  $V_{\text{рас}}$  и  $S_{\text{рас}}$  – объем и площадь поверхностей рассеивателей, размещенных в помещении;  $k$  – коэффициент, учитывающий влияние пропорций помещений на длину пробега. Для соразмерных и плоских помещений  $k = 1,03$ , а для длинных – зависит от места положения источника: у торца  $k = 0,97$ , в центре  $k = 1,03$ . Расхождения между расчетной величиной  $l_{\text{ср.ray}}^{\text{P}}$  и длиной  $l_{\text{ср}}^{\text{P}}$  не превышают  $\pm 3\%$ . Пример изменений длины пробега в плоском помещении дан на рис. 1 (зависимость средней длины свободного пробега в плоском помещении размерами  $36 \times 36 \times 6$  м от коэффициента звукопоглощения потолка ( $\alpha_{\text{пот}}$ ) и количества

рассеивателей ( $N_{\text{рас}}$ ). Видно, что звукопоглощение потолка не оказывает существенного влияния на изменение  $l_{\text{ср.ray}}^{\text{P}}$ . С ростом количества рассеивателей это влияние уменьшается еще больше, а точность формулы (2) возрастает.

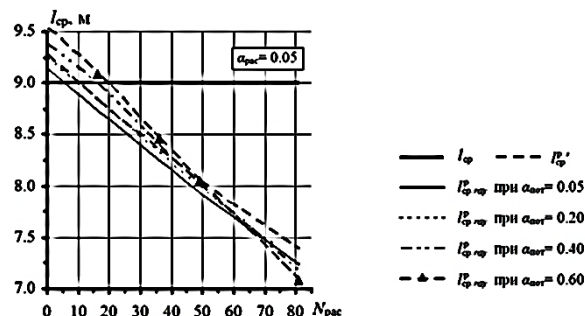


Рис. 1

Время реверберации помещений зависит от их объемно-планировочных и акустических параметров, а также от количества и звукопоглощающих свойств рассеивателей, находящихся в помещении. Факторы действуют комплексно и потому трудноразделимы. Для выявления наиболее значимых из них произведен регрессионный анализ результатов математического моделирования акустических процессов в помещениях с рассеивателями [7]. Установлено, что наибольшее влияние на время реверберации оказывает звукопоглощение потолка. При этом его влияние неодинаково. При изменении  $\alpha_{\text{пот}}$  от 0,03 до 0,60 происходит значительное уменьшение времени, а при дальнейшем росте  $\alpha_{\text{пот}}$  оно практически перестает изменяться. Влияние  $\alpha_{\text{пот}}$  зависит от количества и звукопоглощения рассеивателей. С ростом  $\alpha_{\text{рас}}$  наблюдается незначительное уменьшение времени реверберации. В свою очередь, рост количества рассеивателей приводит к увеличению времени при малых коэффициентах  $\alpha_{\text{пот}}$  и практически перестает влиять на него при  $\alpha_{\text{пот}} > 0,3$ . В целом установлено, что для уменьшения гулкости помещений с оборудованием можно принимать звукопоглощающие облицовки с коэффициентом  $\alpha_{\text{пот}} < 0,6$ . Дальнейшее повышение  $\alpha_{\text{пот}}$  для этой цели нецелесообразно. Это обстоятельство

позволяет использовать более широкий набор звукопоглощающих конструкций.

Основываясь на результатах регрессионного анализа, проведены исследования влияния наиболее значимых параметров на время реверберации и дана оценка применимости формулы Эйринга для расчета времени реверберации в помещениях с рассеивателями. Расчеты времени  $T_{\text{ray}}^p$  сравнивались с расчетами по формуле Эйринга без учета рассеивателей:

$$T = 0,041 \ell_{\text{cp}} / (-\ln(1 - \alpha_{\text{cp}})) \quad (3)$$

и с учетом влияния рассеивателей на длину среднего пробега лучей

$$T^p = 0,041 \ell_{\text{cp}}^p / (-\ln(1 - \alpha_{\text{cp}}^p)). \quad (4)$$

Здесь  $\ell_{\text{cp}}$  и  $\ell_{\text{cp}}^p$  – длины, определяемые по формулам (1) и (2);  $\alpha_{\text{cp}}$  и  $\alpha_{\text{cp}}^p$  – коэффициенты звукопоглощения помещения, определяемые как:

$$\alpha_{\text{cp}} = (\sum_i \alpha_i S_i + \alpha_{\text{рас}} S_{\text{рас}}) / S_{\text{отр}}, \quad (5)$$

$$\alpha_{\text{cp}}^p = (\sum_i \alpha_i S_i + \alpha_{\text{рас}} S_{\text{рас}}) / S_{\text{общ}}; \quad (6)$$

$\alpha_i$ ,  $S_i$ ,  $\alpha_{\text{рас}}$ ,  $S_{\text{рас}}$  – коэффициенты звукопоглощения и площади ограждений помещения и рассеивателей;  $S_{\text{общ}}$  – общая площадь ограждений и рассеивателей.

Установлено, что время реверберации, вычисленное по формулам (3) и (4), оказывается ниже времени  $T_{\text{ray}}^p$ . Наибольшие расхождения наблюдаются в незаглушенных помещениях при большом количестве рассеивателей и высоких коэффициентах  $\alpha_{\text{рас}}$ . Расхождения могут составлять 8...15%. При этом большие расхождения наблюдаются между  $T_{\text{ray}}^p$  и  $T$ . Для повышения точности формулы (4) проведена ее корректировка. Формула имеет вид:

$$T^p = 1,1 \exp(-0,1 \alpha_{\text{пот}}) 0,041 \ell_{\text{cp}}^p / (-\ln(1 - \alpha_{\text{cp}}^p)). \quad (7)$$

Исследована зависимость времени реверберации от расстояния между источником звука и местом определения времени в помещениях с рассеивателями. Установлено, что время мало зависит от положения расчетной точки и этим фактором при расчетах можно пренебречь.

Существует мнение о том, что размещаемое в помещениях оборудование имеет более высокие звукопоглощающие характеристики, чем они могут быть у его материалов. Для исследования реального звукопоглощения оборудования и его влияния на звукопоглощение помещения разработана методика, основанная на реверберационном подходе, суть которого заключается в компьютерном определении в помещении с рассеивателями времени реверберации  $T_{\text{ray}}^p$  и длины пробега  $\ell_{\text{cp.ray}}^p$  и последующем вычислении коэффициента звукопоглощения помещения  $\alpha_{\text{cp.ray}}^p$  по формуле:

$$T_{\text{ray}}^p = 0,041 \ell_{\text{cp.ray}}^p / (-\ln(1 - \alpha_{\text{cp.ray}}^p)). \quad (8)$$

При анализе влияния оборудования на средние коэффициенты звукопоглощения сравнивались значения коэффициентов  $\alpha_{\text{cp.ray}}^p$ , определяемых из формулы (8), со значениями коэффициентов, вычисленных по формулам (5) и (6) –  $\alpha_{\text{cp}}$  и  $\alpha_{\text{cp}}^p$ , и с коэффициентами, определяемыми из формул (3) и (4) –  $\alpha_{\text{cp}(3)}$  и  $\alpha_{\text{cp}(4)}^p$ . Сравнения выполнялись в помещениях разных пропорций при различном количестве в них рассеивателей с разными коэффициентами  $\alpha_{\text{рас}}$ . Пример с равнения дан на рис. 2 (средние коэффициенты звукопоглощения в плоском помещении размерами 36×36×6 м с рассеивателями при различных коэффициентах звукопоглощения потолка ( $\alpha_{\text{пот}}$ ). Установлено, что наибольшие расхождения (10...20%) с расчетной величиной  $\alpha_{\text{cp.ray}}^p$  имеют коэффициенты  $\alpha_{\text{cp}}$  и  $\alpha_{\text{cp}(3)}$ , а наиболее близки к  $\alpha_{\text{cp.ray}}^p$  значения  $\alpha_{\text{cp}(4)}^p$  (расхождения менее 5%).

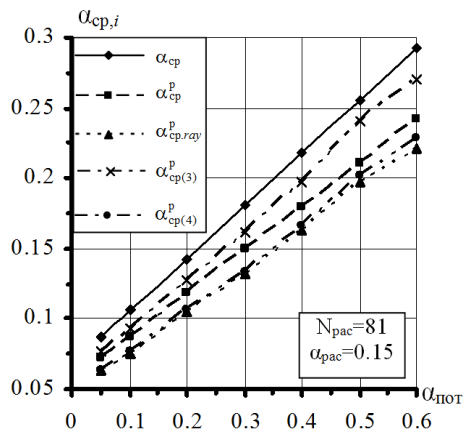


Рис. 2

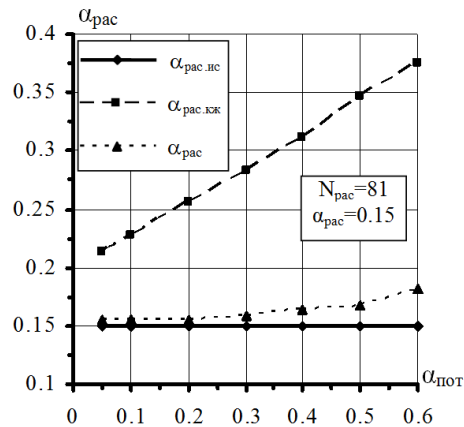


Рис. 3

Выполненные исследования показали, что увеличения звукопоглощения помещения на величину, большую, чем  $\alpha_{рас}S_{рас}$ , не наблюдается, то есть звукопоглощение оборудования соответствует звукопоглощению его поверхностей. Следовательно, в качестве расчетных коэффициентов  $\alpha_{рас}$  необходимо принимать коэффициенты звукопоглощения поверхностей оборудования.

Кажущийся более высоким рост звукопоглощения связан с увеличением количества актов поглощения энергии за счет уменьшения средней длины пробега лучей. Неучет уменьшения средней длины пробега приводит к существенному кажущемуся росту коэффициента звукопоглощения оборудования  $\alpha_{рас,кж}$ . При учете изменения длины пробега расчетная величина  $\alpha_{рас}$  близка к его истинному значению  $\alpha_{рас,ис}$ . Пример соотношения значений  $\alpha_{рас,кж}$ ,  $\alpha_{рас}$  и  $\alpha_{рас,ис}$  дан на рис. 3 (коэффициенты звукопоглощения рассеивателей в плоском помещении размерами  $36 \times 36 \times 6$  м при различных коэффициентах звукопоглощения потолка ( $\alpha_{пот}$ )).

## ВЫВОДЫ

1. Таким образом, на стадии проектирования в производственных зданиях звукопоглощающих облицовок при оценке среднего коэффициента звукопоглощения помещения с технологическим оборудованием следует использовать формулу (8), подставляя в нее значения времени реверберации и длины среднего пробега

звуковых лучей, определяемые методом прослеживания лучей.

2. При большом количестве рассеивателей с достаточной для практики точностью с целью расчета среднего коэффициента звукопоглощения помещения можно также использовать формулу (7). В этом случае длина среднего свободного пробега  $\ell_{ср}^p$  может определяться по формуле (2).

3. При экспериментальном определении среднего коэффициента звукопоглощения в качестве  $T^p$  в формуле (7) должна использоваться измеренная величина времени  $T_{изм}^p$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крышов С.И., Макаров А.М., Демин О.Б. Пространственное затухание и рассеяние звуковой энергии в производственных помещениях на рассеивающем звук оборудовании // Academia. Архитектура и строительство. – 2009, № 5. С.196...199.
2. Макаров А.М., Демин О.Б., Дидицкий В.А. Влияние рассеивающего звук оборудования на звукопоглощающие характеристики помещений // Academia. Архитектура и строительство. – 2010, № 3. С. 219...222.
3. Соломатин Е.О., Антонов А.И., Леденев В.И., Гусев В.П. Метод оценки шумового режима в производственных помещениях энергетических объектов // Academia. Архитектура и строительство. – 2009, № 5. С. 250...252.
4. Леденев В.И., Антонов А.И., Жданов А.Е. Статистические энергетические методы расчета отраженных шумовых полей помещений // Вестник Тамбовского гос. техн. ун-та. – 2003, Т. 9, № 4. С.713...717.
5. Гиясов Б.И., Леденев В.И., Макаров А.М. Компьютерный анализ влияния технологического

оборудования на акустические характеристики производственных помещений // Вестник МГСУ. – 2012, № 11. С. 271...277.

6. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Acoustic Characteristics Analysis of Industrial Premises with Process Equipment // Journal of Applied Mathematics and Physics. – V.4, 2016. P.206...210

7. Езерский В.А., Макаров А.М. Анализ времени реверберации производственных помещений с рассеивающими звук предметами // Научный вестник Воронежского гос. архитектур.-строит. ун-та: Строительство и архитектура. – 2008, № 2. С. 102...109.

#### REFERENCES

1. Kryshov S.I., Makarov A.M., Demin O.B. Prostranstvennoe zatuhanie i rassejanie zvukovoj jenerгии v proizvodstvennyh pomeshhenijah na rasseivajushhem zvuk oborudovanii // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2009, № 5. S. 196...199.

2. Makarov A.M., Demin O.B., Didickij V.A. Vlijanie rasseivajushhego zvuk oborudovanija na zvukopogloshhajushhie karakteristiki pomeshhenij // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2010, № 3. S.219...222.

3. Solomatin E.O., Antonov A.I., Ledenev V.I., Gusev V.P. Metod ocenki shumovogo rezhima v

proizvodstvennyh pomeshhenijah jenergeticheskikh ob'ektov // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2009, № 5. S. 250...252.

4. Ledenev V.I., Antonov A.I., Zhdanov A.E. Staticheskie jenergeticheskie metody rascheta otrazhennyh shumovyh polej pomeshhenij // Vestnik Tambovskogo gos. tehn. un-ta. – 2003, T. 9, № 4. S.713...717.

5. Gijasov B.I., Ledenev V.I., Makarov A.M. Komp'juternyj analiz vlijanija tehnologicheskogo oborudovanija na akusticheskie karakteristiki proizvodstvennyh pomeshhenij // Vestnik MGSU. – 2012, №11. S. 271...277.

6. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Acoustic Characteristics Analysis of Industrial Premises with Process Equipment // Journal of Applied Mathematics and Physics. – V.4, 2016. P. 206...210

7. Ezerskij V.A., Makarov A.M. Analiz vremeni reverberacii proizvodstvennyh pomeshhenij s rasseivajushhimi zvuk predmetami // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gos. arhitekt.-stroit. un-ta: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008, № 2. S. 102...109.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

УДК 628.517.2

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ КАНАЛОВ

### DESIGNING OF SOUND INSULATION OF LARGE-SIZED VENTILATION CHANNELS

*В.П. ГУСЕВ, А.В. СИДОРИНА, А.И. АНТОНОВ, В.И. ЛЕДЕНЕВ*  
*V.P. GUSEV, A.V. SIDORINA, A.I. ANTONOV, V.I. LEDENEV*

(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: gsiad@mail.tambov.ru

***Шум, распространяющийся по крупногабаритным вентиляционным каналам, проникает через их ограждения и негативно воздействует на окружающую их среду. Для защиты от него необходимо проектирование стенок каналов как звукоизолирующих конструкций, исходя из уровней шума, возникающего внутри каналов, и требований к шумовому режиму в окружающей***

*их среде. В статье рассмотрены методы расчета шума внутри каналов и в окружающей их среде, принципы определения требуемой звукоизоляции стенок каналов и ее практического обеспечения.*

*Noise, spreading through large ventilation ducts, penetrates through their fences and adversely affects their environment. To protect against it, it is necessary to design the channel walls as sound-insulating structures, based on the noise levels occurring within the channels and the noise regime requirements in their environment. In the article methods of calculation of noise inside channels and in their environment are considered, principles of definition of required sound insulation of channel walls and its practical support.*

**Ключевые слова:** вентиляционный канал, распространение звуковой энергии, расчет уровней шума, звукоизоляция стенок канала.

**Keywords:** ventilation duct, sound energy distribution, calculation of noise levels, soundproofing of the channel walls.

Крупногабаритные, преимущественно прямоугольные вентиляционные каналы применяют в вентиляционных системах промышленных объектов, включая объекты текстильной промышленности. По этим, как правило, транзитным каналам распространяется повышенный шум, возникающий в них при работе мощных вентиляторов. Когда звукоизоляция стенок каналов недостаточна, шум проникает через них в окружающее пространство. Для защиты от этого шума при проектировании каналов необходимы сведения об их требуемой звукоизоляции.

Для получения этих сведений вначале при известной мощности источника шума необходимо найти распределение внутри канала звуковой энергии и затем определить ее интенсивность, падающую на внутреннюю поверхность канала. Зная эту интенсивность и допустимые уровни звукового давления защищаемой от шума зоны помещения или на прилегающей к каналу территории, можно вычислить требуемые величины звукоизоляции стенок канала.

Для оценки распространения звуковой энергии в каналах можно использовать метод, предложенный в работе [1]. Метод основан на комбинированной расчетной модели, в которой в отличие от других расчетных моделей, например, от модели, рассмотренной в [2], зеркальная и рассеянная

составляющие отраженной энергии определяются отдельно [3]. В этом случае суммарный уровень звукового давления в  $i$ -й точке канала вычисляется по формуле:

$$L_i = 10 \lg [c(\varepsilon_i^{pp} + \varepsilon_i^3 + \varepsilon_i^d) / I_0], \quad (1)$$

где  $I_0$  – интенсивность звука на пороге слышимости;  $c$  – скорость звука;  $\varepsilon_i^{pp}$ ,  $\varepsilon_i^3$ ,  $\varepsilon_i^d$  – плотности прямой звуковой энергии, зеркальной и рассеянной составляющих отраженной энергии.

Для определения плотностей прямой и зеркально отраженной энергий использован метод прослеживания лучей, а для диффузно отраженной энергии – статистический энергетический метод.

Известно, что распределение диффузно отраженной звуковой энергии в каналах одномерное [4]. В этом случае методика расчета шума в канале комбинированным методом включает следующие основные операции: канал разбивается на элементарные объемы со сторонами  $a$ ,  $b$  и  $h$  (рис. 1) и определяются узловые точки одномерной сетки; для каждой точки определяются плотности  $\varepsilon_i^{pp}$  и  $\varepsilon_i^3$ ; находят величины диффузно отраженной энергии, вносимые при рассеянии отражаемых от поверхности звуковых лучей; для всех объемов записываются уравнения балансов диффузной отраженной энергии с учетом граничных

условий; осуществляется решение полученной системы уравнений, в результате которого определяются величины  $\epsilon_i^d$ ; находится суммарная плотность энергии по формуле (1).

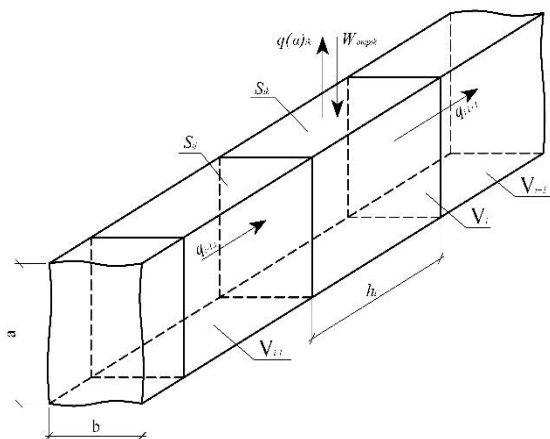


Рис. 1

При расчете энергии прямого звука методом прослеживания лучей звуковая мощность, переносимая каждым  $k$ -м лучом, от места излучения до  $i$ -й расчетной точки канала составляет:

$$W_{ki}^{np} = \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{ki}), \quad (2)$$

плотность прямой энергии в  $i$ -м объеме определяется по формуле:

$$\epsilon_i^{np} = \sum_{k=1}^{K_{np}} W_{ki}^{np} / cS_{np}. \quad (3)$$

Звуковая мощность  $k$ -х зеркально отраженных лучей находится по формуле:

$$W_{ki}^3 = \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{ki}) \prod_{p=1}^P [(1 - \alpha_p) \xi_p]^{D_p} \quad (4)$$

и ее плотность определяется как

$$\epsilon_i^3 = \sum_{k=1}^{K_3} W_{ki}^3 / cS_{np}. \quad (5)$$

В формулах (2)...(5):  $W$  – звуковая мощность источника, Вт;  $N$  – количество лучей, исходящих из источника;  $m_b$  – пространственный коэффициент затухания звука в воздухе,  $m^{-1}$ ;  $R_{ki}$  – расстояние, проходимое  $k$ -м лучом от источника звука до  $i$ -го элементарного объема, м;  $\alpha_p$  – коэффициент звукопоглощения  $p$ -й поверхности ограждения, на которую падал  $k$ -й луч;  $P$  – общее число актов отражения  $k$ -го луча от всех поверхностей, встречающихся при распространении его на расстояние  $R_{ki}$  до  $i$ -го объема;  $D_p$  – число актов падения  $k$ -го луча на  $p$ -ю поверхность при распространении его на расстояние  $R_{ki}$ ;  $\xi_p$  – доля энергии, направляемая по  $k$ -му лучу после его отражения от  $p$ -й поверхности;  $S_{np}$  – приведенная площадь сечения элементарного объема, равная площади поперечного сечения сферы, заменяющей этот объем;  $K_{np}$ ,  $K_3$  – количество лучей прямого звука и зеркально отраженных лучей, прошедших через  $i$ -й объем.

Плотность диффузно отраженной энергии  $\epsilon_i^d$  определяется численным статистическим энергетическим методом [5]. Суть его заключается в составлении уравнений баланса диффузно отраженной энергии для каждого объема канала и последующего решения системы уравнений.

Для  $i$ -го элементарного объема уравнение записывается как

$$(q_{i-1,i} - q_{i,i+1})S + \sum_{m=1}^4 W_{mi}^d - \sum_{m=1}^4 q_{(\alpha)mi} S_{mi} - cm_b \epsilon_i^d V_i = 0. \quad (6)$$

Здесь  $(q_{i-1,i} - q_{i,i+1})$  – разность плотностей потоков энергии, входящих в  $i$ -й объем и выходящих через сечение  $S=ab$ ;  $q_{(\alpha)mi}$  – плотность потока диффузно отраженной энергии, поглощаемой на  $m$ -й поверхности  $i$ -го объема, являющейся поверхностью канала с площадью  $S_{mi}$ ;  $W_{mi}^d$  – диффузная энергия, поступающая в  $i$ -й объем после отражения зеркальных лучей от  $m$ -й поверхности  $i$ -го объема и перехода части их энер-



гии в диффузную;  $V_i = abh$  – объем  $i$ -го элемента;  $\varepsilon_i^d$  – плотность диффузно отраженной энергии в  $i$ -м объеме.

Потоки энергии  $q_{i-1,i}$  и  $q_{i,i+1}$  определяются как

$$\begin{aligned} q_{i-1,i} &= -\eta(\varepsilon_{i-1}^d - \varepsilon_i^d) / h_i, \\ q_{i,i+1} &= -\eta(\varepsilon_i^d - \varepsilon_{i+1}^d) / h_i, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\eta = 0,5c\ell_{cp}$  – коэффициент связи плотности потока и градиента плотности в квазидиффузном звуковом поле [5];  $\ell_{cp}$  – длина среднего пробега звуковых лучей в канале.

Величина потоков  $q_{(\alpha)mi}$  вычисляется по формуле:

$$q_{(\alpha)mi} = \frac{\alpha_{mi} c \varepsilon_i^d}{2(2 - \alpha_{mi})}, \quad (8)$$

$$I_{\text{пад}i}^{\text{пр}} = \left( \sum_{m=1}^M \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{mi}) \cos \theta_{mi} \right) / S_{mi}, \quad (10)$$

$$I_{\text{пад}i}^z = \left( \sum_{m=1}^M \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{mi}) \prod_{p=1}^P [(1 - \alpha_p) \xi_p]^{D_p} \cos \theta_{mi} \right) / S_{mi}. \quad (11)$$

Интенсивность диффузно отраженной энергии вычисляется по формуле:

$$I_{\text{пад}i}^d = \varepsilon_i^d c / 2(2 - \alpha_{mi}). \quad (12)$$

В формулах (10)...(12):  $M$  – количество прямых или зеркально отраженных лучей, падающих на поверхность  $S_{mi}$  стенки канала  $i$ -го объема;  $\theta_{mi}$  – угол между падающим на стенку  $m$ -м лучом и нормалью к стенке в  $i$ -м объеме.

Суммарная падающая интенсивность звуковой энергии  $I_{\text{пад}i}^{\text{сум}}$  и интенсивность энергии, излучаемой с поверхности канала в окружающую среду  $I_{\text{из}i}$ , равны:

$$I_{\text{пад}i}^{\text{сум}} = I_{\text{пад}i}^{\text{пр}} + I_{\text{пад}i}^z + I_{\text{пад}i}^d, \quad I_{\text{из}i} = I_{\text{пад}i}^{\text{сум}} \tau, \quad (13)$$

где  $\tau$  – коэффициент звукопроницаемости стенок канала.

где  $\alpha_{mi}$  – коэффициент звукопоглощения  $m$ -й поверхности  $i$ -го объема.

Величина  $W_m^d$  определяется по формуле:

$$W_{mi}^d = (1 - \alpha_{mi})(1 - \xi_{mi}) \left( \sum_{k=1}^{K_z} W_{ki}^z + \sum_{k=1}^{K_{\text{пр}}} W_{ki}^{\text{пр}} \right), \quad (9)$$

где  $\xi_{mi}$  – доля зеркальной энергии, направляемая по лучу после его отражения от  $m$ -й поверхности.

Оценка точности метода выполнена в работе [1].

Величины интенсивностей падающих на стенки канала прямой и зеркально отраженной энергий определяются по формулам:

При известной интенсивности  $I_{\text{из}i}$  проводится расчет распространения звуковой энергии от канала как от линейного источника шума. Так как каналы имеют сечения, близкие к квадрату, интенсивность излучаемой с их поверхностей звуковой энергии может быть принята одинаковой по всем граням. В канале с сечением  $a \times a$  погонная мощность излучения с каждой стенки составляет  $p' = I_{\text{из}i} a$ , Вт/м. Поскольку по длине канала величина  $p$  переменная, при расчете длина канала разделяется на участки, в пределах которых мощность принимается равной средней мощности участка  $p'_{\text{ср}} = a I_{\text{палср}}^{\text{сум}} \tau$ .

Ниже дана формула для определения плотности звуковой энергии в расчетных точках окружающей канал среды для участка канала, представленного на рис. 2 (схема к расчету прямого звука от квадратного канала).

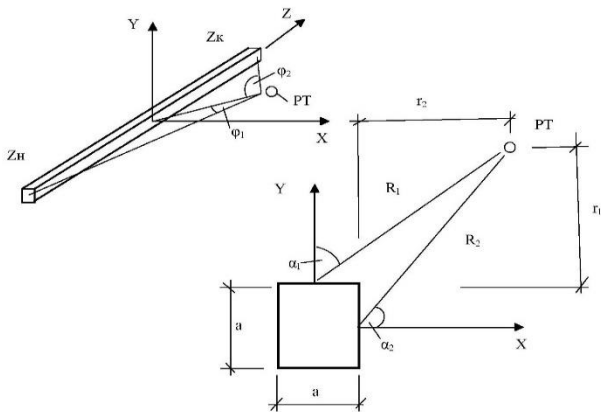


Рис. 2

Так как в расчетную точку (рис. 2) энергия приходит от двух граней канала, плот-

$$L_i = 10 \lg \sum_{i=1}^N \frac{a I_{\text{падср}i}^{\text{сум}}}{\pi R_i I_0} (\cos \alpha_{1i} + \cos \alpha_{2i}) (\sin \phi_{2i} - \sin \phi_{1i}) + 10 \lg \tau. \quad (15)$$

При известном допустимом уровне звукового давления в расчетной точке  $L_{\text{доп}}$  мо-

$$R_{\text{тр}} = 10 \lg \sum_{i=1}^N \frac{a I_{\text{падср}i}^{\text{сум}}}{\pi R_i I_0} (\cos \alpha_{1i} + \cos \alpha_{2i}) (\sin \phi_{2i} - \sin \phi_{1i}) - L_{\text{доп}}. \quad (16)$$

Выполнив расчет  $R_{\text{тр}}$  во всех октавных полосах частот, можно получить частотную характеристику требуемой звукоизоляции и на ее основе запроектировать стенки канала.

Звукоизоляция каналов обеспечивается их стенками и устройством на них дополнительных покрытий. Стенки могут выполняться из различных материалов, в том числе и из металлических листов. Повышение звукоизоляции металлических стенок каналов возможно при применении вибродемпфированных листовых элементов, состоящих из двух листов с внутренним вибродемпфирующим слоем [6]. Такое решение повышает звукоизоляцию без увеличения поверхностной плотности стенок. Покрытия стенок могут выполняться из волокнистых и эластомерных материалов. Покрытия из волокнистых и легких вспененных полиэтиленовых материалов име-

ность ее в расчетной точке от участка канала с координатами  $z_n$  и  $z_k$  будет определяться по формуле:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{1i} + \varepsilon_{2i} = \frac{P_{\text{ср}}}{\pi c R} (\cos \alpha_{1i} + \cos \alpha_{2i}) (\sin \phi_{2i} - \sin \phi_{1i}), \quad (14)$$

где  $\varepsilon_{1i}$  и  $\varepsilon_{2i}$  – плотности энергий, пришедших в  $i$ -ю расчетную точку от верхней и боковой грани.

Уровень звукового давления в расчетной точке от всех участков канала определяется по формуле:

жет быть найдена величина требуемой звукоизоляции стенок канала:

ют невысокие звукоизолирующие качества, особенно на низких и средних частотах. Лучшими качествами обладают эластомеры типа K-FONIK. Об этом свидетельствуют акустические испытания покрытий каналов диаметрами от 100 до 400 мм [7...9].

На рис. 3 в качестве примера показана акустическая эффективность комбинированных многослойных покрытий канала диаметром 400 мм (1 – K-Flex ST (25мм); 2 – K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм); 3 – K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-Flex ST (25мм); 4 – K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-Flex ST (25мм) K-FONIK GK (2 мм); 5 – K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-Flex ST (25мм); 6 – K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-Flex ST (25мм) + K-FONIK GK (2 мм)).

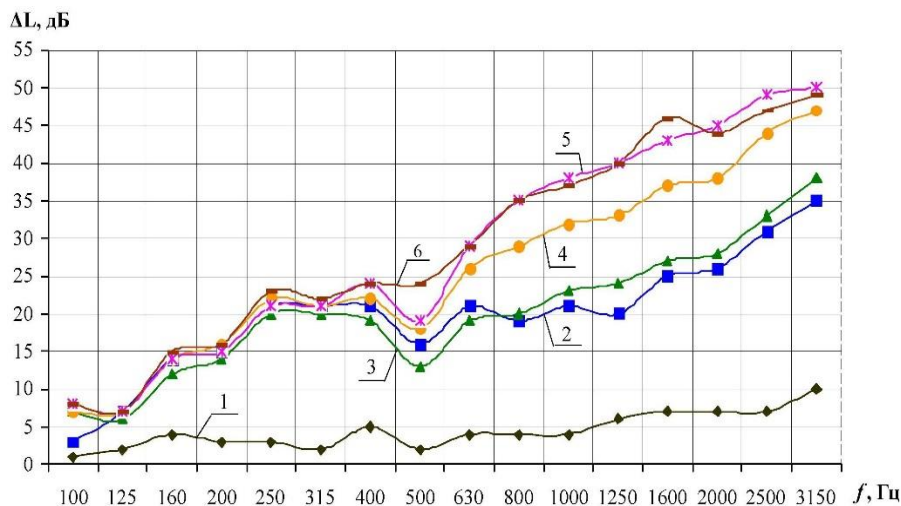


Рис. 3

Благодаря высоким акустическим характеристикам такие покрытия нашли применение при защите от шума круглых и прямоугольных воздуховодов систем вентиляции и трубопроводов систем холодоснабжения в зданиях различного назначения. В последнее время покрытия на основе материалов типа K-FONIK используются и в системах газоснабжения. Пример такого применения дан в работе [10]. В ней подробно показан практический опыт повышения звукоизоляции газопроводов диаметром 400...700 мм, размещаемых в помещении газораспределительной станции.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенная методика расчета требуемой звукоизоляции стенок крупногабаритных вентиляционных каналов и ее компьютерная реализация позволяют надежно определять звукоизоляционные характеристики ограждений каналов.

2. Методика и компьютерная программа используются в настоящее время при решении практических задач по проектированию крупногабаритных каналов прямоугольного сечения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.П., Жоголева О.А., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Метод оценки распространения шума по воздушным каналам систем отопления, вентиляции и кондиционирования // Жилищное строительство. – 2012, №6. С.52...54.

2. Гусев В.П., Леденев В.И., Матвеева И.В. Метод оценки распространения шума в крупногабаритных газовоздушных трактах энергетических объектов // Academia. Архитектура и строительство. – 2009, №5. С.104...107.

3. Гусев В.П., Леденев В.И., Солодова М.А., Соломатин Е.О. Комбинированный метод расчета уровней шума в крупногабаритных газовоздушных каналах // Вестник МГСУ. – 2011, №3-1. С.33...38.

4. Солодова М.А., Соломатин Е.О. Экспериментальные исследования шума в аналоге крупногабаритных воздушных каналов // Вестник МГСУ. – 2011, №3-1. С.97...102.

5. Антонов А.И., Леденев В.И., Жданов А.Е. Статистические энергетические методы расчета отраженных шумовых полей помещений // Вестник Тамбовского гос. техн. ун-та. – 2003, Т.9, №4. С.713...717.

6. Кочкин А.А. Легкие звукоизолирующие ограждающие конструкции из элементов с вибродемпфирующими слоями // Изв. Юго-Западного гос. ун-та. – 2011, №5-2(38). С.152...156.

7. Гусев В.П., Сидорина А.В. Изоляция шума воздуховодов систем вентиляции покрытиями с использованием эластомерных и волокнистых материалов // Строительные материалы. – 2013, №6. С.37...39.

8. Гусев В.П., Сидорина А.В. Акустические характеристики покрытий на воздуховоды и технологические трубы // Строительные материалы. – 2015, №6. С.35...38.

9. Гусев В.П., Лешко М.Ю. Защита от шума вентиляционного оборудования кожухами и звукоизолирующими покрытиями // БСТ. – 2016, №6. С.12...14.

10. Лешко М.Ю., Сидорина А.В. Защита жилой застройки от шумового воздействия газораспределительных станций // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №4. С.152...156.

## REFERENCES

1. Gusev V.P., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Metod ocenki rasprostraneniya shuma po vozdushnym kanalam sistem otopeniya, ventiljacii i kondicionirovaniya // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, №6. S.52...54.
2. Gusev V.P., Ledenev V.I., Matveeva I.V. Metod ocenki rasprostraneniya shuma v krupnogabaritnyh gazovozdushnyh traktah jenerge-ticheskikh ob"ektov // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2009, №5. S.104...107.
3. Gusev V.P., Ledenev V.I., Solodova M.A., Solomatin E.O. Kombinirovannyj metod rascheta urovnej shuma v krupnogabaritnyh gazovozdushnyh kanalakh // Vestnik MGSU. – 2011, №3-1. S.33...38.
4. Solodova M.A., Solomatin E.O. Jeksperimental'nye issledovanija shuma v analoge krupnogabaritnyh vozdushnyh kanalov // Vestnik MGSU. – 2011, №3-1. S.97...102.
5. Antonov A.I., Ledenev V.I., Zhdanov A.E. Statisticheskie jenergeticheskie metody rascheta otrazhennyh shumovyh polej pomeshhenij // Vestnik Tambovskogo gos. tehn. un-ta. – 2003, T.9, №4. S.713...717.
6. Kochkin A.A. Legkie zvukoizolirujushhie ograzhdajushhie konstrukcii iz jelementov s vibrodempfirujushhimi slojami // Izv. Jugo-Zapadnogo gos. un-ta. – 2011, №5-2(38). S.152...156.
7. Gusev V.P., Sidorina A.V. Izoljacija shuma vozduhovodov sistem ventiljacii pokrytijami s ispol'zovaniem jelastomernyh i voloknistyh materialov // Stroitel'nye materialy. – 2013, №6. S.37...39.
8. Gusev V.P., Sidorina A.V. Akusticheskie karakteristiki pokrytij na vozduhovody i tehnologicheskie truby // Stroitel'nye materialy. – 2015, №6. S.35...38.
9. Gusev V.P., Leshko M.Ju. Zashhita ot shuma ventiljacionnogo oborudovanija kozhuhami i zvukoizolirujushhimi pokrytijami // BST. – 2016, №6. S.12...14.
10. Leshko M.Ju., Sidorina A.V. Zashhita zhiloj zastrojki ot shumovogo vozdejstvija gazoraspreditel'nyh stancij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 152...156.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ  
РААСН. Поступила 03.04.17.

УДК 534.2

### **РАСЧЕТЫ ШУМА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ШУМОЗАЩИТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С ПЕРЕГОРОДКАМИ НЕПОЛНОЙ ВЫСОТЫ**

### **NOISE CALCULATIONS FOR DESIGNING NOISE PROTECTION IN INDUSTRIAL SPACES WITH PARTITIONS OF INCOMPLETE HEIGHT**

*В.П. ГУСЕВ, А.И. АНТОНОВ, О.А. ЖОГОЛЕВА, В.И. ЛЕДЕНЕВ*  
V.P. GUSEV, A.I. ANTONOV, O.A. ZHOGOLEVA, V.I. LEDENEV

(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: gsiad@mail.tambov.ru

*В производственных помещениях для разделения технологических процессов устраивают перегородки неполной высоты. Их наличие существенно влияет на распространение в помещениях шума, возникающего при работе технологического оборудования. Для оценки уровней шума и разработки мер по его снижению необходим метод расчета, учитывающий условия распространения шума в таком сложном акустическом пространстве и адекватно реагирующий на изменение его параметров. В статье предлагается*

*комбинированная расчетная модель, позволяющая оценивать шумовой режим в помещениях с перегородками неполной высоты как в едином акустическом пространстве. Модель и ее компьютерная реализация позволяют проводить оценку акустической эффективности средств снижения шума в таких помещениях. Экспериментальная проверка подтверждает достаточную для практики точность расчетной модели.*

*In partitions for partitions of technological processes, partitions of incomplete height are arranged in production rooms. Their presence significantly influences the propagation in the rooms of noise generated by the operation of technological equipment. To estimate noise levels and develop measures to reduce it, a calculation method is needed that takes into account the propagation of noise in such a complex acoustic space and adequately responds to changes in its parameters. The paper proposes a combined calculation model that makes it possible to estimate the noise regime in rooms with partitions of incomplete height both in a single acoustic space. The model and its computer implementation make it possible to evaluate the acoustic efficiency of noise reduction facilities in such rooms. The experimental verification confirms the accuracy of the calculation model that is sufficient for practice.*

**Ключевые слова:** производственные помещения, шумовой режим, методы расчета шума, перегородки неполной высоты.

**Keywords:** production facilities, noise mode, noise calculation methods, part-height partitions.

В производственных помещениях для разделения отдельных технологических процессов, например, с шумными технологическими процессами, устраивают перегородки неполной высоты. В этом случае формирующаяся в выделенных объемах с источником шума звуковая энергия, распространяясь в общем воздушном пространстве над перегородками, зашумляет соседние с ними объемы. Снижение шума при таком распределении звуковой энергии обеспечивается за счет выбора планировочных решений выгородок и устройства звукопоглощающих облицовок. Для оценки акустической эффективности применяемых мер снижения шума необходимо иметь методы расчета воздушного шума, разработанные исходя из представлений о распределении звуковой энергии в помещениях с перегородками неполной высоты как в едином акустическом пространстве. В статье приводится такой метод расчета и даются результаты его экспериментальной проверки.

Выполненный анализ существующих расчетных моделей показывает, что наиболее приемлемой для данного случая явля-

ется комбинированная расчетная модель, позволяющая проводить расчеты в крупногабаритных каналах, в помещениях сложных форм, при отсутствии и наличии в них крупногабаритного оборудования, при сложном зеркально-диффузном характере отражения звука от ограждений. Расчеты в этих случаях осуществляются численными методами [1...5].

Уровни звукового давления в выделенных перегородками объемах помещения при наличии в них источников шума определяются по формуле:

$$L_i = 10 \lg[(\epsilon_i^{\text{пр}} + \epsilon_i^3 + \epsilon_i^{\text{д}})c / I_0], \quad (1)$$

где  $I_0$  – интенсивность звука на пороге слышимости;  $c$  – скорость звука;  $\epsilon_i^{\text{пр}}$ ,  $\epsilon_i^3$ ,  $\epsilon_i^{\text{д}}$  – плотности прямой звуковой энергии, зеркальной и диффузно-рассеянной составляющих отраженной энергии в  $i$ -й расчетной точке выделенного объема.

В объемах без источников уровни определяются только составляющими отраженной звуковой энергии.

Для определения составляющих формулы (1) нами предлагается использовать расчетную модель, суть которой заключается в следующем.

Все отдельные объемы и общее воздушное пространство помещения с перегородками неполной высоты делятся на элементарные объемы (рис. 1 – схема разбиения системы на элементарные объемы). При разделении учитываются положение и размеры перегородок между отдельными объемами и размеры общего воздушного пространства.

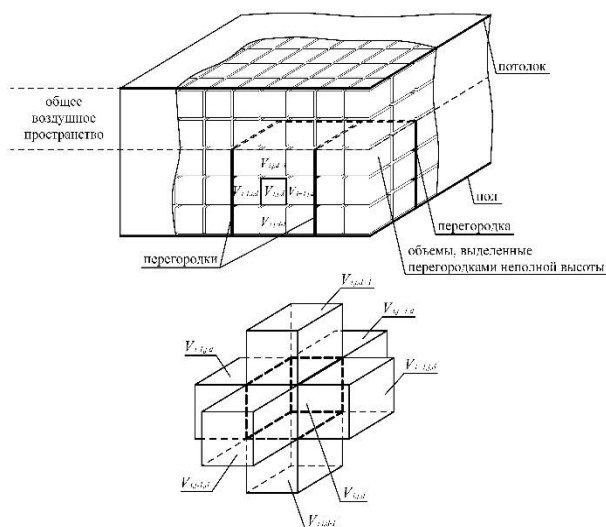


Рис. 1

Далее принимается, что из источника шума в соответствии с его диаграммой направленности вероятностным образом излучается определенное количество лучей, каждый из которых несет часть звуковой энергии источника. Каждый луч прослеживается до встречи с поверхностью ограждения. При отражении от поверхности одна часть сохранившейся после поглощения энергии отражается по зеркальному закону, а другая часть отражается диффузно по закону Ламберта. Отразившаяся зеркально энергия прослеживается до следующего акта отражения, при котором после отражения опять происходит переход части зеркальной энергии в диффузную. Каждый луч прослеживается до тех пор, пока полностью потеряет энергию за счет поглощения на поверхностях, затухания в воздухе и перехода части зеркальной энер-

гии в диффузную. Таким образом, прослеживаются все исходящие из источника лучи. После этого производится суммирование зеркально отраженной энергии всех лучей, прошедших через расчетную точку. Распределение энергии лучей, перешедшей в диффузно отраженную энергию, оценивается численным методом, основанным на статистическом энергетическом подходе. Ниже рассмотрены принципы построения расчетных методов, входящих в комбинированную модель, и методики их использования при оценке шума в помещениях с перегородками неполной высоты.

Для оценки плотности прямой звуковой энергии  $\epsilon_i^{пр}$  и плотности зеркально отраженной энергии  $\epsilon_i^3$  в расчетной модели используется метод прослеживания звуковых лучей (ray tracing).

В этом случае звуковая мощность, переносимая прямым звуком от всех  $k$ -х лучей, прошедших через  $i,j,d$ -й элементарный объем, находящийся в прямой видимости источника шума, определяется по формуле:

$$W_{i,j,d}^{пр} = \sum_{k=1}^K \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{k,i,j,d}) \quad (2)$$

и плотность энергии прямого звука определяется как

$$\epsilon_{i,j,d}^{пр} = W_{i,j,d}^{пр} / cS_{пр} \quad (3)$$

В формулах (2) и (3):  $S_{пр}$  – приведенная площадь сечения  $i,j,d$ -го объема, равная площади поперечного сечения сферы, одинаковой по объему с  $i,j,d$ -м объемом;  $W$  – общая мощность источника;  $N$  – количество лучей, исходящих из источника;  $K$  – общее количество лучей, прошедших через  $i,j,d$ -й объем;  $R_{k,i,j,d}$  – расстояние, прошедшее  $k$ -м прямым лучом до  $i,j,d$ -го объема;  $m_b$  – коэффициент пространственного затухания звуковой энергии в воздухе.

Для зеркально отраженной энергии звуковая мощность, переносимая звуковыми лучами, прошедшими через  $i,j,d$ -й объем, определяется как

$$W_{i,j,d}^3 = \sum_{k=1}^K \frac{W}{N} \exp\left(-m_b R_{ki,j,d}\right) \prod_{p=1}^P \left[ (1 - \alpha_p) \xi_p \right]^{D_{kp}}, \quad (4)$$

где  $R_{ki,j,d}$  – расстояние, прошедшее  $k$ -м зеркально отраженным лучом от первого отражения до прихода в расчетный  $i,j,d$ -й объем;  $P$  – общее число актов отражения  $k$ -го луча от всех отражающих поверхностей, встречающихся на его пути в процессе его прохождения до  $i,j,d$ -го объема;  $\alpha_p$  – коэффициент звукопоглощения  $p$ -й поверхности, на которую падает прослеживаемый луч;  $D_{kp}$  – число актов падения  $k$ -го луча на  $p$ -ю поверхность при его распространении на расстояние  $R_{ki,j,d}$ ;  $\xi_p$  – доля энергии, направляемая по  $k$ -му лучу после его отражения от  $p$ -й поверхности ограждения.

Величина зеркально отраженной энергии в  $i,j,d$ -м объеме равна сумме энергий от-

раженных лучей  $K$ , проходящих через него. Плотность ее определяется как

$$\varepsilon_{i,j,d}^3 = W_{i,j,d}^3 / cS_{np}. \quad (5)$$

Расчет диффузно отраженной энергии выполняется численным статистическим энергетическим методом, суть которого заключается в составлении уравнений баланса диффузно отраженной энергии для каждого  $i, j, d$ -го объема и решения полученной системы уравнений.

Баланс отраженной энергии для каждого  $i,j,d$ -го элементарного объема с учетом поглощения звука в воздухе в общем виде записывается как

$$\sum_{d=1}^n q_n S_n + \sum_{m=1}^{6-N} W_m^d - \sum_{m=1}^{6-N} q_{(\alpha)_m} S_m - cm_b \varepsilon_{i,j,d}^d V_{i,j,d} = 0. \quad (6)$$

Здесь  $q_n$  – плотности потоков энергии между  $i, j, d$ -м объемом и соседними контактирующими с ним объемами через поверхности  $S_n$ ;  $W_m^d$  – диффузная энергия, приходящая в  $i,j,d$ -й объем после отражения лучей от  $m$ -й поверхности  $i, j, d$ -го объема площадью  $S_m$ , являющейся поверхностью помещения и перегородок;  $q_{(\alpha)_m}$  – плотность потока диффузной энергии, поглощаемой на  $m$ -й поверхности  $S_m$   $i, j, d$ -го объема;  $N$  – количество объемов, контактирующих с  $i, j, d$ -м объемом;  $6-N$  – количество граней  $i, j, d$ -го объема, являющихся поверхностями ограждений;  $V_{i,j,d}$  – объем  $i, j, d$ -го элемента;  $\varepsilon_{i,j,d}^d$  – плотность диффузно отраженной энергии в  $i, j, d$ -м объеме.

Плотности потоков энергии  $q_n$  определяются как

$$q_n = -\eta(\varepsilon_{i,j,d}^d - \varepsilon_n^d) / h_n, \quad (7)$$

где  $\eta = 0,5c\ell_{cp}$  – коэффициент связи между плотностью потока  $q$  и градиентом плотности звуковой энергии  $\varepsilon$  в квазидиффузном звуковом отраженном звуковом поле [6];  $\ell_{cp}$  – средняя длина свободного пробега диффузно отраженных звуковых лучей, определяемая по классической формуле Сэбина для выделенного перегородками объема и прилегающего к нему объема общего воздушного пространства;  $\varepsilon_n^d = \left\{ \varepsilon_{i-1,j,d}^d; \varepsilon_{i+1,j,d}^d; \varepsilon_{i,j-1,d}^d; \varepsilon_{i,j+1,d}^d; \varepsilon_{i,j,d-1}^d; \varepsilon_{i,j,d+1}^d \right\}$ ;  $h_n$  – размер граней  $i,j,d$ -го объема в направлении контактирующих с ним  $n$ -х объемов.

При наличии между соседними элементарными объемами перегородки, разделяющей отдельные выделенные объемы помещения, например, между объемами  $V_{i,j,d}$  и  $V_{i+1,j,d}$ , плотности потоков определяются между ними как

$$q = (\eta_{i,j,d} \varepsilon_{i,j,d} - \eta_{i+1,j,d} \varepsilon_{i+1,j,d}) \tau_{i,j,d} / h_{i,j,d}, \quad (8)$$

где  $\eta_{i,j,d} = 0,5c\ell_{cpi,j,d}$ ;  $\eta_{i+1,j,d} = 0,5c\ell_{cpi+1,j,d}$ ;  
 $\ell_{cpi,j,d}$ ,  $\ell_{cpi+1,j,d}$  – средние длины пробегов  
лучей в выделенных перегородками объ-  
емах помещения, к которым принадлежат  
смежные объемы  $V_{i,j,d}$  и  $V_{i+1,j,d}$ ;  $\tau_{i,j,d}$  – коэф-  
фициент звукопроницаемости перегород-  
ки, разделяющей выделенные объемы.

Величина плотности потоков  $Q_{(\alpha)_m}$  вы-  
числяется по формуле:

$$Q_{(\alpha)_m} = \frac{\alpha_m c \varepsilon_{i,j,d}^D}{2(2 - \alpha_m)}, \quad (9)$$

где  $\alpha_m$  – коэффициент звукопоглощения  $m$ -й  
поверхности  $i, j, d$ -го объема.

Величина  $W_m^D$  определяется суммой  
энергий лучей, перешедших в диффузную  
энергию при отражении лучей от  $m$ -й по-  
верхности  $i, j, d$ -го объема, являющейся ча-  
стью ограждения:

$$W_m^D = (1 - \alpha_m)(1 - \xi_m) \left[ \sum_{k=1}^K \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{ki,j,d}) \cos \theta_{mi,j,d} + \right. \\ \left. + \sum_{k=1}^K \frac{W}{N} \exp(-m_b R_{ki,j,d}) \prod_{p=1}^P [(1 - \alpha_p) \xi_p]^{D_{kp}} \cos \theta_{mi,j,d} \right], \quad (10)$$

где  $K$  – количество прямых лучей или зер-  
кально отраженных лучей, упавших на  $m$ -ю  
поверхность  $i, j, d$ -го объема, являющейся  
поверхностью ограждения;  $\xi_m$  – доля зер-  
кальной энергии, направляемая по  $k$ -му  
лучу после его отражения от  $m$ -й поверх-

ности ограждения в  $i, j, d$ -м объеме;  $\theta_{mi,j,d}$   
– угол падения  $k$ -го луча на  $m$ -ю поверх-  
ность в  $i, j, d$ -м объеме.

С целью реализации предложенной рас-  
четной модели разработана компьютерная  
программа [7].

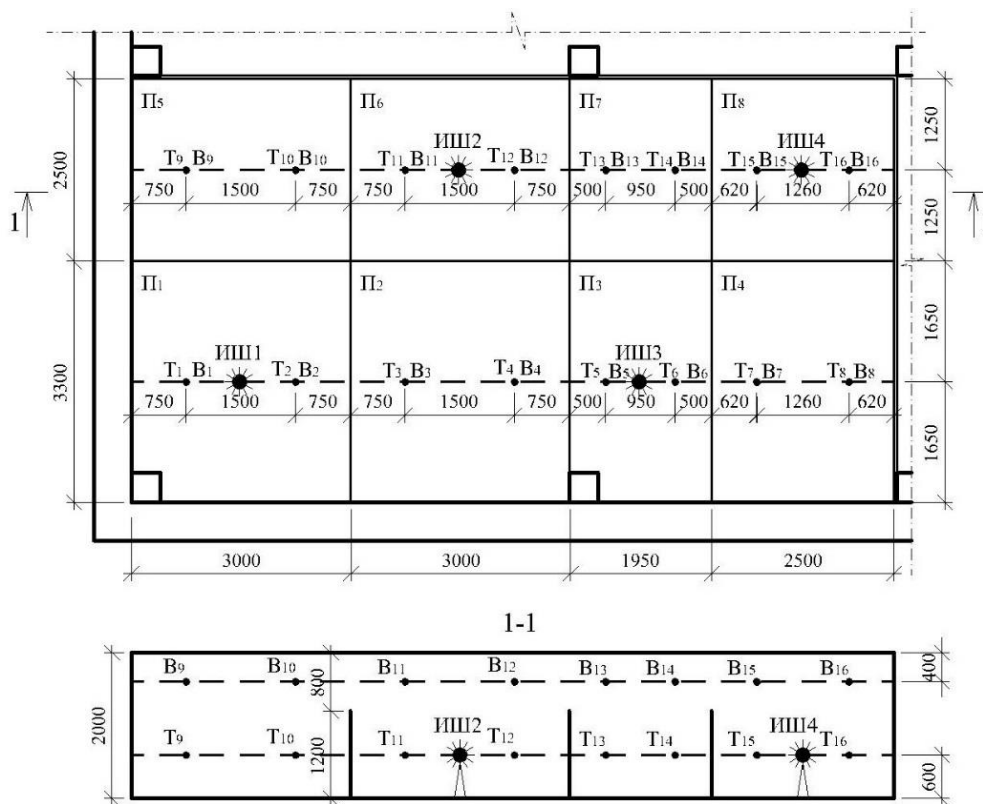


Рис. 2



Для оценки точности расчетной модели проведены экспериментальные исследования. Исследования выполнены в помещении, пространство которого разделено перегородками неполной высоты на 8 объемов с разными планировочными параметрами. Стены, пол и потолок в помещении бетонные, перегородки из гипсокартонных плит. Схема помещения приведена на рис. 2 (схема помещения с перегородками неполной высоты с указанием положения расчетных точек (Т, В) и положений источника шума (ИШ)). На схеме показаны положения источника, нижних и верхних точек измерения.

Шумовой режим в помещении создавался источником звука OED-SP-012-600. Измерения шума проводили шумомером ЭКОФИЗИКА-110А. Средние коэффициенты звукопоглощения помещения получены на основании измеренных значений времени реверберации.

В целом сравнение расчетных и экспериментальных данных для всех серий измерений показало, что расхождения между ними не превышают  $\pm 2...3$  дБ. При этом расчетная модель адекватно реагирует на изменение параметров в системе.

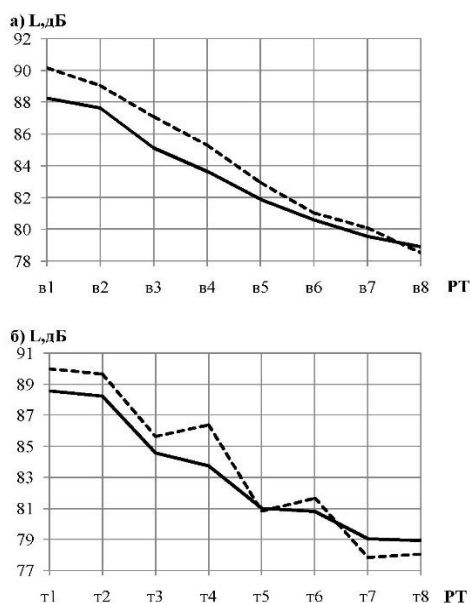


Рис. 3

На рис. 3 (измеренные (---) и рассчитанные (—) уровни звукового давления в верх-

ней части помещения (а) и нижней разделенной перегородками части (б); источник в точке ИШ1) в качестве примера приведены результаты сравнительного анализа для октавной полосы частот с  $f_{cp}=2000$  Гц. Средний коэффициент звукопоглощения для этой полосы частот по данным измерений времени реверберации равен  $\bar{\alpha}=0,11$ .

В результате анализа полученных расчетных и экспериментальных данных установлено, что уровни шума существенно различаются между собой в отдельных разделенных перегородками объемах (рис. 3-б). В то же время спад отраженной энергии в верхней части объема соответствует характерным спадам для плоских помещений (рис. 3-а). При выполнении серий расчетов также установлено, что при использовании комбинированной расчетной модели величину коэффициента  $\xi$  следует принимать равной 0,8.

В процессе экспериментов исследовано влияние на распространение звуковой энергии в таких помещениях устройства звукопоглощения на потолке. Данные эксперимента и расчетов показали, что при размещении звукопоглощения над участком с источником шума происходит примерно равное снижение шума за счет звукопоглощения на всех участках помещения. В случае размещения звукопоглощения не над источником шума снижение шума имеет локальный характер. Поэтому место размещения звукопоглощения должно определяться конкретно для каждой ситуации. На стадии проектирования его эффективность может быть определена расчетом по предложенной методике с использованием разработанной компьютерной программы.

## ВЫВОДЫ

1. В помещениях, общий объем которых делится на отдельные объемы перегородками неполной высоты, расчет воздушного шума следует проводить как в едином акустическом пространстве.

2. Для расчета следует использовать комбинированную расчетную модель, в которой зеркальная и диффузная составляю-

щие отраженной звуковой энергии определяются раздельно. Для расчета зеркальной составляющей используется метод прослеживания лучей, а для диффузной – численный статистический энергетический метод.

3. Для практических расчетов при проектировании выгородок и средств снижения шума разработана компьютерная программа, реализующая предложенную расчетную модель.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.П., Леденев В.И., Солодова М.А., Соломатин Е.О. Комбинированный метод расчета уровней шума в крупногабаритных газоздушных каналах // Вестник МГСУ. – 2011, № 3-1. С.33...38.

2. Гусев В.П., Жоголева О.А., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Метод оценки распространения шума по воздушным каналам систем отопления, вентиляции и кондиционирования // Жилищное строительство. – 2012, №6. С.52...54.

3. Леденев В.И., Макаров А.М. Расчет энергетических параметров шумовых полей в производственных помещениях сложной формы с технологическим оборудованием // Научный вестник Воронежского гос. архитектур.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2008, №2. С.94...101.

4. Антонов А.И., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Комбинированный метод расчета шумового режима в производственных зданиях теплоэлектроцентралей // Научный вестник Воронежского гос. архитектур.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2011, №2. С.16...24.

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. – 176 (2017). P. 218...225.

6. Леденев В.И. Физико-технические основы распространения воздушного шума в производственных зданиях: Дис....докт. техн. наук. – Тамбов, 2000.

7. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. Расчет трехмерных шумовых полей в помещениях с акустическими экранами и перегородками неполной высоты // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ – Заявка №2016614938; дата поступления 16.05.2016.

#### REFERENCES

1. Gusev V.P., Ledenev V.I., Solodova M.A., Solomatin E.O. Kombinirovannyj metod rascheta urovnej shuma v krupnogabaritnyh gazovozdushnyh kanalah // Vestnik MGSU. – 2011, № 3-1. S.33...38.

2. Gusev V.P., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Metod ocenki rasprostraneniya shuma po vozdušnym kanalam sistem otopleniya, ventiljacii i kondicionirovaniya // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, №6. S.52...54.

3. Ledenev V.I., Makarov A.M. Raschet jenergeticheskih parametrov шумовых полей v proizvodstvennyh pomeshhenijah slozhnoj formy s tehnologicheskim oborudovaniem // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gos. arhitekt.-stroit. un-ta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008, №2. S.94...101.

4. Antonov A.I., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Kombinirovannyj metod rascheta шумового rezhima v proizvodstvennyh zdaniyah teplojelektrocentralej // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gos. arhitekt.-stroit. un-ta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2011, №2. S.16...24.

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. – 176 (2017). P. 218...225.

6. Ledenev V.I. Fiziko-tehnicheskie osnovy rasprostraneniya vozdušnogo shuma v proizvodstvennyh zdaniyah: Dis....dokt. tehn. nauk. – Tambov, 2000.

7. Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Raschet trehmernyh шумовых полей v pomeshhenijah s akusticheskimi jekranami i peregorodkami nepolnoj vysoty // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM – Zajavka №2016614938; data postuplenija 16.05.2016.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

**РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС  
ЧЕРЕЗ МИНЕРАЛОВАТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ  
РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**RADIATION HEAT TRANSFER  
THROUGH THE MINERAL WOOL PRODUCTS  
WITH DIFFERENT DENSITY AT CHANGE OF TEMPERATURE**

*И.Я. КИСЕЛЁВ*  
*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

*Тепловой поток через минераловатные изделия представляет собой сумму четырех слагаемых: кондукционного потока через газ в порах материала, кондукционного потока через его матрицу, радиационного потока через газ в порах и конвекционного потока через газ в порах. Расчеты показывают, что доля радиационного потока в общем тепловом потоке: существенна только при малых плотностях материала и уменьшается с увеличением его плотности; увеличивается с увеличением температуры, но даже при температуре +25°C она существенна только при малых плотностях материала.*

*Heat flow through the mineral wool products is the sum of four summands: the conductive flow through the gas in the pores of material, conductive flow through its matrix, radiation flow through the gas in the pores and the convection flow through the gas in the pores. Calculations show that the portion of radiation flow in the general heat flow: it is essential only at the low density of material and decreases with an increase of its density; it increases with an increase of the temperature, but even at +25°C it is essential only at the low densities of material.*

**Ключевые слова:** минераловатные изделия, радиационный теплоперенос, диапазон плотности от 25 до 150 кг/м<sup>3</sup>, диапазон температуры от –20 до +25°C.

**Keywords:** mineral wool products, radiation heat transfer, density range from 25 to 150 kg/m<sup>3</sup>, temperature range from –20 to +25°C.

Теплопроводность теплоизоляционных материалов, применяемых в наружных ограждающих конструкциях зданий, является одной из важнейших их характеристик, так как именно она в значительной мере определяет ход процесса теплопереноса через наружные конструкции и, как следствие, теплоизоляционные свойства этих конструкций [1...4].

Тепловой поток через минераловатные изделия представляет собой сумму: кондукционного потока через газ в порах, кондукционного потока через матрицу материала и радиационного теплового потока. На основе этой модели с учетом того, что в общем случае также имеет место конвекционный теплоперенос через газ в порах матери-

ала в [5], получена зависимость, описываю-

щая теплопроводность волокнистого материала:

$$\lambda \left( \gamma_o, \gamma_g, \gamma_s, D_l, \Theta, \nabla(\Theta + 273,15), \alpha_g, \eta_g, f_{\Theta g}, f_{\Theta s}, \lambda_{g25}, \lambda_{s25}, c_p, p, d \right) =$$

$$= \lambda_{cdg} + \lambda_{cds} + \lambda_r + \lambda_{cv} = \frac{\frac{\pi \gamma_s D_l}{4 \gamma_o}}{\frac{\pi \gamma_s D_l}{4 \gamma_o} + \frac{RT}{\pi \sqrt{2} d^2 p N_A}} \lambda_{g25} [1 + f_{\Theta g} (\Theta - 25)] +$$

$$+ K_B \lambda_{s25} [1 + f_{\Theta s} (\Theta - 25)] \frac{\gamma_o}{\gamma_s} + K_C \sigma_r D_l (\Theta + 273,15)^3 \frac{\gamma_s}{\gamma_o} +$$

$$+ 1,91 \cdot 10^{-4} \frac{\pi^4 \alpha_g [\gamma_g (\Theta + 273,15)]^2 g \nabla(\Theta + 273,15) c_p (\Theta + 273,15) D_l^4 \gamma_s^4}{[\eta_g (\Theta + 273,15)] \gamma_o^4}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность минераловатного изделия, Вт/(м<sup>о</sup>·С);  $\lambda_{cdg}$  – кондукционная составляющая теплопроводности изделия, значение которой определяется теплопроводностью газа в порах, Вт/(м<sup>о</sup>·С);  $\lambda_{cds}$  – кондукционная составляющая теплопроводности изделия, значение которой определяется теплопроводностью его матрицы, Вт/(м<sup>о</sup>·С);  $\lambda_r$  – радиационная составляющая теплопроводности изделия, Вт/(м<sup>о</sup>·С);  $\lambda_{cv}$  – конвекционная составляющая теплопроводности газа в порах, Вт/(м<sup>о</sup>·С);  $\gamma_o$  – плотность изделия, кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_s$  – плотность матрицы изделия, кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_g$  – плотность газа в порах, кг/м<sup>3</sup>;  $f_{\Theta g}$  и  $f_{\Theta s}$  – температурные коэффициенты теплопроводности газа и матрицы, 1/°С;  $D_l$  – диаметр волокон, м;  $\Theta$  – температура, °С;  $\nabla(\Theta + 273,15)$  – градиент температуры, К/м;  $\lambda_{g25}$  и  $\lambda_{s25}$  – теплопроводность газа и матрицы при температуре +25°С, Вт/(м<sup>о</sup>·С);  $p$  – давление газа в порах, Па;  $d$  – диаметр молекулы газа, м;  $c_p$  – удельная теплоемкость газа при постоянном давлении, Дж/(кг<sup>о</sup>·С);  $\alpha_g$  – температурный коэффициент объемного расширения газа, К<sup>-1</sup>;  $\eta_g$  – вязкость газа, Па·с;  $K_B$  и  $K_C$  – безразмерные эмпирические константы;  $g = 9,807$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $R = 8,314 \cdot 10^3$  Дж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная;  $N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$  кмоль<sup>-1</sup> – число Авогадро;  $\sigma_r = 5,670 \cdot 10^{-8}$

Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) – постоянная Стефана-Больцмана.

Необходимые для проведения расчетов теплопроводности  $\lambda$  по формуле (1) значения плотности  $\gamma_g$ , теплопроводности  $\lambda_{g25}$ , температурного коэффициента  $f_{\Theta g}$  теплопроводности, диаметра  $d$  молекул, температурного коэффициента  $\alpha_g$  объемного расширения и вязкости  $\eta_g$  воздуха в порах материалов, а также значения плотности  $\gamma_s$ , теплопроводности  $\lambda_{s25}$ , температурного коэффициента  $f_{\Theta s}$  теплопроводности матрицы материалов (базальта, габбро-диабазы и т.д.) приведены в справочной литературе.

Значения коэффициентов  $K_B$  и  $K_C$  исследованных минераловатных изделий были определены методом регрессивного анализа результатов измерения их теплопроводности. Так, например, для изделий из базальтового волокна  $K_B = 0,0417$ ,  $K_C = 14,0$ , для изделий из габбро-диабазового волокна  $K_B = 0,0594$ ,  $K_C = 14,0$ .

Четвертое слагаемое в правой части формулы (1) равняется конвекционной  $\lambda_{cv}$  составляющей теплопроводности газа в порах минераловатных изделий. Выполненные расчеты показывают, что для волокнистых теплоизоляционных материалов доля конвекционной составляющей в общем тепловом потоке через эти материалы пренебрежимо мала: для материалов малой плотности она составляет  $(2...3) \cdot 10^{-3} \%$ , а

для материалов большой плотности –  $(2...5) \cdot 10^{-5}\%$ . Следовательно, при расчете теплопроводности  $\lambda$  этих материалов можно пренебречь ее конвекционной  $\lambda_{cv}$  составляющей.

Рассмотрим подробнее радиационный теплоперенос через минераловатные изде-

лия. Табл. 1 – зависимость теплопроводности  $\lambda$ , ее радиационной  $\lambda_r$  составляющих и доли  $\zeta_r$  радиационного теплового потока в общем тепловом потоке через минераловатные изделия от плотности  $\gamma_0$  и температуры  $\Theta$ .

Т а б л и ц а 1

Температура $\Theta$ , °С	Характеристика	Теплопроводность $\lambda$ , ее радиационная составляющая $\lambda_r$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С) и доля радиационного теплового потока $\zeta_r$ , %, при плотности $\gamma_0$ , кг/м <sup>3</sup>								
		25	35	40	50	60	75,3	100	125	150
-20	$\lambda_r$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	7,21	5,15	4,51	3,61	3,01	2,39	1,80	1,44	1,20
	$\lambda$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	31,1	29,5	29,1	28,7	28,6	28,7	29,4	30,3	31,3
	$\zeta_r$ , %	23	18	16	13	11	8,3	6,1	4,8	3,8
-10	$\lambda_r$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	8,10	5,79	5,06	4,10	3,38	2,69	2,03	1,62	1,35
	$\lambda$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	32,8	30,9	30,5	30,0	29,8	29,9	30,4	31,3	32,3
	$\zeta_r$ , %	25	19	17	14	11	9,0	6,7	5,2	4,2
0	$\lambda_r$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	9,06	6,47	5,66	4,53	3,78	3,01	2,27	1,81	1,51
	$\lambda$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	34,4	32,4	31,8	31,2	30,9	30,9	31,4	32,3	33,2
	$\zeta_r$ , %	26	20	18	15	12	9,7	7,2	5,6	4,6
+10	$\lambda_r$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	10,1	7,21	6,31	5,05	4,21	3,35	2,52	2,02	1,68
	$\lambda$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	36,3	33,9	33,3	32,5	32,2	32,1	32,5	33,3	34,3
	$\zeta_r$ , %	28	21	19	16	13	10	7,8	6,1	4,9
+25	$\lambda_r$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	11,8	8,42	7,36	5,89	4,91	3,91	2,95	2,36	1,94
	$\lambda$ , $10^{-3}$ Вт/(м·°С)	39,2	36,3	35,5	34,6	34,1	33,9	34,2	35,0	35,9
	$\zeta_r$ , %	30	23	21	17	14	12	8,6	6,7	5,5

В табл. 1 приведены результаты расчета зависимости от плотности минераловатных изделий доли  $\zeta_r$  радиационного потока в общем тепловом потоке через изделия из габбро-диабазы с диаметром  $D_1$  волокон, характерным для этих изделий и равным 5 мкм для пяти значений температуры: -20, -10, 0, +10 и +25°С. Значение доли  $\zeta_r$  равно:

$$\zeta_r = \frac{q_r}{q_{\Sigma}} = \frac{\lambda_r}{\lambda}, \quad (2)$$

где  $q_r$  – плотность радиационного теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $q_{\Sigma}$  – плотность суммарного теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>.

Расчеты выполнены по формулам (1) и (2).

Из данных табл. 1 следует:

– зависимость теплопроводности минераловатных изделий от температуры практически линейна и уменьшается с увеличением плотности изделий;

– доля радиационного потока  $\zeta_r$  в общем тепловом потоке существенна только при малых плотностях материала и уменьша-

ется с увеличением его плотности, наиболее быстро доля  $\zeta_r$  уменьшается при малых значениях плотности материала;

– доля радиационного потока  $\zeta_r$  в общем тепловом потоке увеличивается с увеличением температуры, но даже при температуре +25°С она существенна только при малых плотностях материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. – 2013, № 3. С. 7...9.
2. 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.
3. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2014, № 7. С. 19...21.
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. Киселёв И.Я. Влияние зависимости теплопроводности строительных материалов от температуры на сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий // Вестник Волгоградского гос. архитектур.-строит. ун-та. Строительные науки.– 2013, Вып. 31 (50), ч. 2. С. 42...45.

#### REFERENCES

1. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaja ocenka jenergojefektivnosti jenergosberegajushhih meroprijatij // Stroitel'nye materialy. – 2013, № 3. S.7...9.

2. Gagarin V.G., Pastushkov P.P., Reutova N.A. K voprosu o naznachenii raschetnoj vlazhnosti stroitel'nyh materialov po izoterme sorbcii // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2015, № 4 (60). S. 152...155.

3. Umnjakova N.P., Butovskij I.N., Chebotarev A.G. Razvitie metodov normirovanija teplozashhity

jenergojefektivnyh zdaniij // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2014, № 7. S. 19...21.

4. Pastushkov P.P., Pavlenko N.V., Korkina E.V. Ispol'zovanie raschetnogo opredelenija jekspluatacionnoj vlazhnosti teploizoljacionnyh materialov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2015, № 4 (60). S.168...172.

5. Kisel'jov I.Ja. Vlijanie zavisimosti teploprovodnosti stroitel'nyh materialov ot temperatury na soprotivlenie teploperedache ogradzdajushhih konstrukcij zdaniij // Vestnik Volgogradskogo gos. arhitekt.-stroit. un-ta. Stroitel'nye nauki.– 2013, Вып. 31 (50), ч. 2. S. 42...45.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 31.03.17.

УДК 532.5.013.2; 532.5.013.12

### ИМПУЛЬСНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТРУЙ С ПРОНИЦАЕМОЙ ГРАНИЦЕЙ\*

#### PULSED INTERACTION OF JETS WITH THE PERMEABLE BOUNDARY

П.Р. АНДРОНОВ, С.В. ГУВЕРНЮК, П.П. ПАСТУШКОВ  
P.R. ANDRONOV, S.V. GUVERNYUK, P.P. PASTUSHKOV

(Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук,  
Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М. В. Ломоносова)  
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,  
Institute of Mechanics of the Moscow State University named after M.V. Lomonosov)  
E-mail: andronov.peter@yandex.ru; guv@mail.ru; pavel-one@mail.ru

*На основе бессеточного численного метода вязких вихревых доменов исследуются нестационарные вихревые взаимодействия осесимметричных затопленных воздушных струй с тонкими проницаемыми экранами. Идентифицированы кольцевые вихревые сгустки, формирующиеся в передней части струи при ее проникании сквозь проницаемые экраны различной степени проницаемости, исследуются соответствующие нестационарные нагрузки на проницаемую границу.*

*On the basis of a numerical method for viscous gridless vortex domains investigated nonstationary vortex interaction submerged axisymmetric air jets with thin permeable screens. Ring vortex identified clots forming in front of the jet during its penetration through the permeable screens with varying degrees of permeability. We study the corresponding non-stationary distribution of pressure drop across the porous borders.*

\* Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП Министерства образования и науки РФ (соглашение 14.576.21.0079, проект RFMEFI57614X0079).

**Ключевые слова:** импульсные осесимметричные воздушные струи, просачивание вихрей сквозь проницаемый экран, перепад давления, сила сопротивления.

**Keywords:** pulsed axisymmetric air jet, the leakage of vortices through the permeable screen, differential pressure, resistance force.

Проницаемые экраны или фильтры широко используются в различных технических приложениях, например, при выравнивании вихревых турбулентных потоков в аэродинамических трубах и каналах вентиляционных трактов [1]. В строительстве применяются воздухопроницаемые стеклоткани и мембраны в составе навесных фасадных систем [9], [10]. Облицовочный слой таких систем также представляет собой проницаемый экран со щелевым типом проницаемости. При взаимодействии проницаемых экранов со струйно-вихревыми течениями происходит изменение формы и интенсивности вихревых структур, проникающих сквозь проницаемые границы [2], [7], [11]. При этом для аэродинамических труб и вентиляционных каналов практическим результатом является однородность и устойчивость потока с подветренной стороны от проницаемых поверхностей, а также отсутствие крупных нестационарных вихрей. Известны идеи по использованию крупногабаритных проницаемых экранов для защиты промышленных и сельскохозяйственных объектов и жилых зданий от сильных ветровых порывов за счет сглаживания локальных неравномерностей потока, особенно при существенно переменной скорости ветра и при наличии мощных локальных вихрей, возникающих в результате обтекания рельефа земной поверхности или искусственных наземных сооружений [8...10].

Во всех вышеописанных случаях требуется определять наилучшие характеристики проницаемых поверхностей, прежде всего, степень их проницаемости, которые обеспечат, с одной стороны, достаточное выравнивание потока, а – с другой стороны, не будут чрезмерно ослаблять (в случае ветроэнергетических объектов) полезную мощность ветра. Для выравнивания потока и для стабилизации силы сопротивления

нужен такой тип взаимодействия экрана с потоком, при котором все крупные вихри, не оказывая чрезмерного влияния на преграду, должны при проникании превращаться в относительно однородный поток с подветренной стороны проницаемой границы.

В настоящей работе представлены результаты исследования закономерностей редукации крупномасштабных вихревых структур при взаимодействии нестационарных воздушных струй тонких проницаемых перегородок или экранов в открытом пространстве, а также зависимости нестационарных нагрузок от степени проницаемости препятствия, на примере задачи о взаимодействии круглой затопленной воздушной струи с соосным дисковым экраном.

*Граничные условия на проницаемой преграде*

Пористое или проницаемое тело представляет собой оболочку, состоящую из большого числа мелкомасштабных фрагментов, между которыми имеются просветы. Составленная из этих фрагментов граница не подчиняется условию непротекания. Несмотря на выполнение условия прилипания на поверхности каждого из твердых фрагментов, жидкость может проникать сквозь такую проницаемую границу. Так же, как в [2], проницаемая граница вместе с прилегающими слоями локального мелкомасштабного течения, зависящего от деталей структуры пористости, заменяется поверхностью разрыва основного течения, при этом предполагается наличие некоторой скорости просачивания в каждой точке проницаемой поверхности.

Состояния воздушной среды до просачивания и после просачивания должны быть связаны соотношениями на поверхности разрыва. Однако здесь существует известная проблема построения полной системы граничных условий, поскольку недос-

точно общих соотношений, вытекающих из интегральных законов сохранения на поверхности разрыва, и требуется привлекать дополнительные граничные соотношения, которые зависят от типа пористости проникаемого материала и от свойств пристеночного течения [2]. Граничные условия в каждой точке до и после просачивания представляют собой алгебраические связи

$$nV_1 = nV_2 = V_n > 0, \quad \rho V_n(V_1 - V_2) = (p_2 - p_1)n - P_n, \quad (1)$$

выражающие законы сохранения массы и изменения импульса. Уравнения (1) должны дополняться частными соотношениями, указывающими конкретную форму для зависимости напряжения  $P_n$  (действующего со стороны жидкости на единичную площадку поверхности с нормалью  $n$ , которая направлена от подветренной стороны поверхности к ее наветренной стороне) от параметров проникающей среды и от локальных физических свойств проникаемой границы. Здесь  $V$  – вектор скорости среды,  $\rho$  – плотность,  $p$  – давление,  $n$  – единичный вектор нормали к проникаемой границе.

В качестве таких соотношений используются линейный закон просачивания типа Дарси (пропорциональная зависимость нормальной скорости просачивания от перепада давления:  $V_n = k(p_1 - p_2)$ ) или квадратичный закон просачивания (когда квадрат от нормальной скорости пропорционален перепаду давлений между наветренной и подветренной сторонами проникаемой границы:  $aV_n^2 = (p_1 - p_2)$ ) и связь между касательными составляющими скорости  $V_{\tau 1}$ ,  $V_{\tau 2}$  на поверхности разрыва, которая характеризует степень потери касательного импульса при проникании несжимаемой среды через рассматриваемую проникаемую поверхность [2]:

$$\begin{aligned} V_n &= k(p_1 - p_2), & V_{\tau 2} &= TV_{\tau 1}, \\ aV_n^2 &= (p_1 - p_2), & V_{\tau 2} &= TV_{\tau 1}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $V_n$  и  $V_{\tau}$  – нормальная и касательная составляющие вектора скорости  $V$  на

между параметрами основного потока по обе стороны поверхности разрыва (индекс 1 соответствует наветренной стороне поверхности, индекс 2 – ее подветренной стороне). Из законов сохранения массы и изменения импульса на разрыве, испытывающем ненулевую нагрузку  $P_n$ , получаются общие граничные условия [2]:

разрыве; индексы 1 и 2 указывают на локально наветренную и на локально подветренную стороны проникаемой границы.

Перепад полного давления на проникаемом экране [2]:

$$\Delta p_0 = 0,5\rho V_n^2 \left( \zeta + (1 - T^2) \frac{V_{\tau 1}^2}{V_n^2} \right) \quad (3)$$

выражается через параметры проницаемости:  $\zeta$  – коэффициент гидравлических потерь,  $T$  – коэффициент потерь касательного импульса. В случае проницаемости первого рода [11] проникаемая граница не обладает направляющим действием ( $T=1$ ), нет потерь касательного импульса, и перепад полного давления равен перепаду статического давления.

*Постановка задачи.* Решается задача о численном моделировании проникания через проникаемый экран кольцевого вихря, формируемого импульсной воздушной струей в первоначально покоящейся вязкой несжимаемой воздушной среде (рис. 1 – схема развития осесимметричной струи, истекающей из круглого сопла).

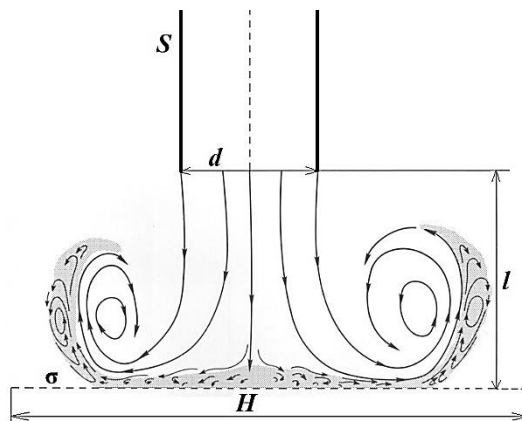


Рис. 1



Задача имеет экспериментальный аналог [3] и решается при том же самом числе Рейнольдса  $Re = \frac{UL}{\nu} = 700$ ,  $Re = 700$ , что

было в экспериментах [3].  $L=R = \frac{d}{2}$  – радиус круглого сопла. Вытекающая из него круглая струя имеет диаметр  $d$ ,  $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости воздуха.

Проницаемый экран представляет собой плоский бесконечно тонкий круглый проницаемый диск с диаметром  $H=10L$ ,  $L=10$ ,  $R=5d$ . Расстояние от среза сопла до проницаемого экрана 5,8 см (как в экспериментах [3]). В отличие от [11], где предполагалось, что проницаемая граница обладает полным направляющим действием ( $T=0$ ), здесь предполагается отсутствие направляющего действия ( $T=1$ ), что характерно для проницаемых поверхностей, подобных сеткам в экспериментах [3].

На поверхности сопла  $S$  (как на внутренней, так и на внешней сторонах, рис. 1) задается граничное условие прилипания:  $\vec{V}|_S = 0$ . При  $Re = 700$  кусочно-линейный закон изменения суммарного расхода воздуха в истекающей струе задается в виде:

$$U(t)[\text{м/с}] = \begin{cases} 1,0796t; & 0 < t < 0,296, \\ 0,32; & 0,296 < t < 0,889, \\ -1,0796t + 1,28; & 0,889 < t < 1,186. \end{cases} \quad (4)$$

Сила сопротивления, действующая на экран, вычисляется путем интегрирования перепада давления:

$$F_x = \iint_{S_{\text{screen}}} \pi \rho \zeta(\sigma) r V_n^2(r) d\phi dr. \quad (5)$$

Численное моделирование выполнено с помощью бессеточного численного метода вязких вихревых доменов [4...6] в предположении о сохранении осевой симметрии течения.

#### Результаты расчетов.

Все представленные далее результаты численного моделирования приводятся для случая  $Re=700$  и степени проницаемости экрана  $\sigma$  (отношение суммарной площади всех просветов к общей площади проницаемой поверхности) соответствуют экспериментальной работе [3].

Наблюдается хорошее соответствие экспериментальных и расчетных результатов по размерам и по форме кольцевых вихрей в соответствующие моменты времени.

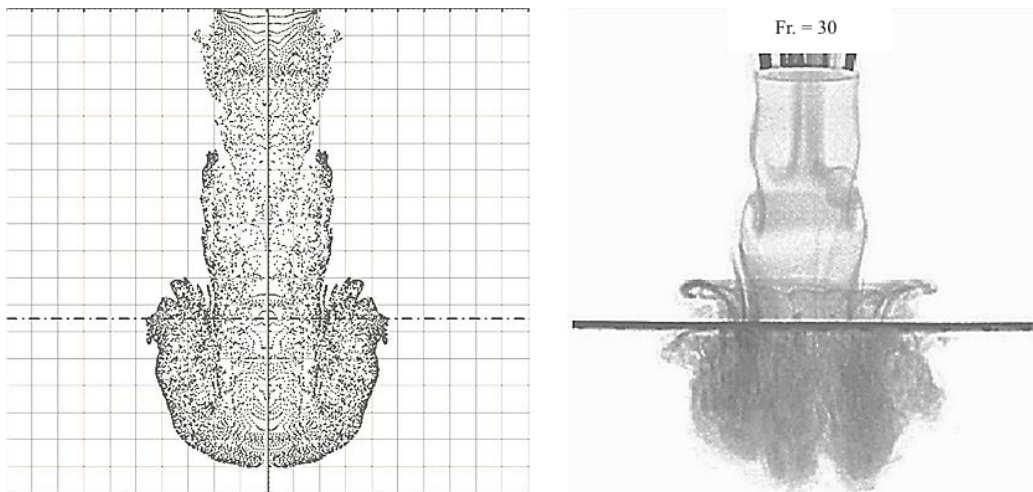


Рис. 2

На рис. 2 (визуализация с помощью безынерционной примеси движения кольцевого вихря, формирующегося при истечении импульсной круглой струи, и его просачивания сквозь проницаемый экран

при  $\sigma=0,8$ ,  $Re = 700$  для момента безразмерного времени  $t = 0,99$ ; слева – расчет; справа – эксперимент) приводятся сравнение результатов визуализации картины течения при расчете с помощью бессеточного

метода вязких вихревых доменов и в эксперименте [3] с помощью искусственного внесения в поле течения безынерционных частиц, которые затем движутся вместе с потоком. Видно, что имеется хорошее согласование по структуре и по масштабам свободного вихревого течения. Сравнение мгновенных картин линий тока (безразмерное время  $t = 13$ ) при различных значениях проницаемости экрана  $\sigma$  представлено на рис. 3 (сравнение мгновенных картин линий тока при проникании струи через проницаемый экран с различной степенью проницаемости:  $\sigma = 0,3$  (а),  $0,4$  (б),  $0,5$  (в),  $0,6$  (г),  $0,7$  (д),  $0,8$  (е)).

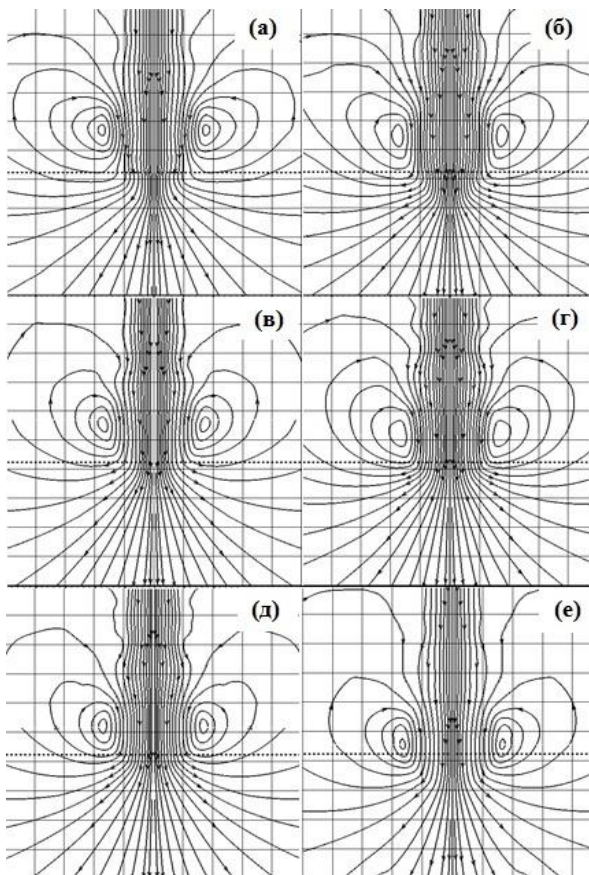


Рис. 3

На рис. 4 (зависимость от безразмерного времени коэффициента силы взаимодействия импульсной струи с проницаемыми экранами при различных значениях проницаемости: 1 –  $\sigma = 0,6$ ; 2 –  $\sigma = 0,7$ ; 3 –  $\sigma = 0,8$ ) показаны расчетные зависимости от безразмерного времени обезразмеренных мгновенных значений силы взаимодействия (5) между набегающей импульсной струей,

скорость в которой меняется в соответствии с формулой (4), и проницаемым экраном (силы сопротивления экрана, который в данной постановке задачи имеет форму бесконечно тонкого и плоского проницаемого круглого диска с радиусом, равным 10 безразмерным единицам, то есть радиус экрана на порядок превышает радиус сопла). Поскольку расход среды в круглой струе монотонно возрастает от нуля до его максимального значения по линейному закону, сила сопротивления круглого проницаемого экрана в этой струе также монотонно и почти линейно возрастает, и тем больше, чем меньше значение степени проницаемости. Эта закономерность слегка нарушается на начальном этапе развития струи только при переходе от значения  $\sigma = 0,7$  к  $\sigma = 0,8$ . В этом случае до момента времени  $t = 12$  сила сопротивления незначительно возрастает при  $\sigma = 0,8$  по сравнению со случаем  $\sigma = 0,7$ . Этот эффект можно объяснить, сравнивая рис. 3 (д) и рис. 3 (е), из которых видно, что именно при снижении проницаемости от  $\sigma = 0,8$  до  $\sigma = 0,7$  происходит достаточно резкое замедление распространения кольцевого вихря. В результате в один и тот же момент безразмерного времени, мгновенный расход среды, натекающий на экран с подветренной стороны, в случае  $\sigma = 0,7$  станет заметно меньше (так как основное ядро вихря в этот момент еще не успело дойти до экрана, как это произошло в случае  $\sigma = 0,8$ ), что и обуславливает некоторое падение силы сопротивления.

На рис. 5 (зависимость от безразмерного времени коэффициента силы взаимодействия струи с постоянным расходом; 1 –  $\sigma = 0,6$ ; 2 –  $\sigma = 0,7$ ; 3 –  $\sigma = 0,8$ ) изображены зависимости от безразмерного времени мгновенных значений силы взаимодействия между набегающей струей с постоянным расходом при  $Re=700$  и проницаемым экраном. Можно видеть, что в результате взаимодействия вихревых структур, формирующихся при истечении струи с постоянным расходом, с проницаемыми экранами, имеющими  $\sigma > 0,5$ , после достижения головным вихрем поверхности экрана при  $t \sim 12,0$  наблюдаются квазипериодические колебания силы сопротивления.

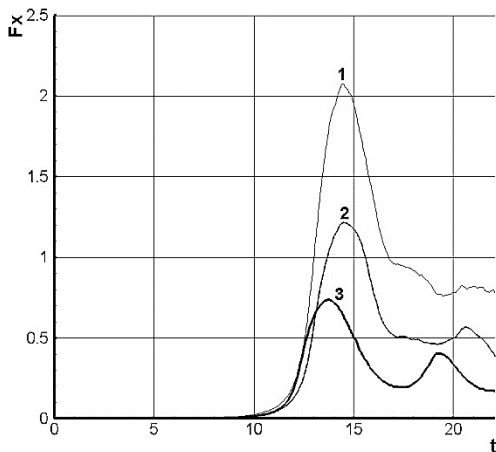


Рис. 4

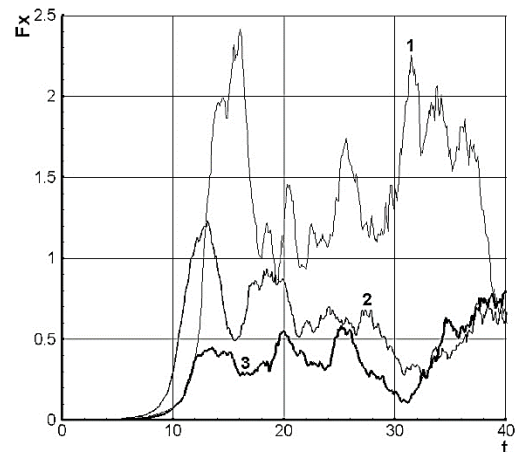


Рис. 5

Из рис. 4 и рис. 5 вытекает, что между коэффициентом для степени проницаемости максимальным по абсолютной величине значением безразмерной силы сопротивления экрана существует достаточно сильная корреляция. В частности, для импульсной осесимметричной струи (рис. 4) можно заметить, что при уменьшении значения коэффициента проницаемости экрана  $\sigma$  от 0,8 до 0,6, то есть, в 1,3 раза, максимальное значение силы сопротивления экрана увеличивается в 2,8 раза. В то же время для осесимметричной струи с постоянным расходом (рис. 5) при аналогичном изменении коэффициента  $\sigma$  максимальная сила сопротивления возрастает примерно в 3 раза.

## ВЫВОДЫ

1. Проведено численное исследование нестационарного взаимодействия импульсной круглой воздушной струи и сформированного ею вихревого кольца с тонким проницаемым экраном в форме сетки, имеющим различную степень проницаемости. Использован численный метод вязких вихревых доменов для решения осесимметричных двумерных нестационарных уравнений Навье-Стокса в лагранжевых координатах. Воспроизведено явление распространения, просачивания и рассеивания затопленной импульсной струи и сформированного ею кольцевого вихря при взаимодействии струйного потока вязкой и несжимаемой среды с проницаемыми экра-

нами с различными степенями проницаемости. Получено согласование расчетов и экспериментов по структуре кольцевых вихрей, а также по скорости их проникания через экраны (в зависимости от степени проницаемости экранов).

2. Показано, что для увеличения силы взаимодействия проницаемой поверхности с мощным вихрем примерно в 3 раза достаточно уменьшить степень проницаемости материала (коэффициент проницаемости) не в 3, а всего лишь в 1,3 раза. Таким образом, в случаях малой или умеренной проницаемости без направляющего действия возможно использование исследованных проницаемых сеток и экранов для ослабления мощных вихрей с целью защиты промышленных и сельскохозяйственных объектов, например, ветроэнергетических установок, или жилых зданий от сильных порывов ветра. Регулирование величины проницаемости позволяет заметно уменьшить влияние вихревых возмущений на силу сопротивления проницаемого экрана или парашюта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дербунович Г.И., Земская А.С., Ретик Е.У., Соседко Ю.П. Оптимальные условия гашения турбулентности потока в рабочей части аэродинамической трубы с помощью сеток, установленных в форкамере // Ученые записки ЦАГИ. – 1989. Том XX. №3. С. 37...43.
2. Рахматулин Х.А., Гувернюк С.В., О постановке задач обтекания проницаемых тел несжимаемой средой // В сб.: Парашюты и проницаемые тела. – М.: Изд-во Моск. ун-та., 1987. С. 5...24.

3. Xudong A., Howard F., Srinath I. Experimental investigation of air vortex interaction with porous screen // Proceedings of the ASME 4-th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting (FEDSM, August 3-7, 2014, Chicago, Illinois, USA).

4. Дынникова Г.Я. Лагранжев подход к решению нестационарных уравнений Навье-Стокса // Докл. РАН. – 2004. Т. 399, №1. С. 42...46.

5. Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я. Вихревые методы расчета нестационарных гидродинамических нагрузок. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006.

6. Андронов П.Р., Гирча А.И., Гувернюк С.В. О стабилизации уловленного вихря в каверне с помощью проницаемой крышки // Современные проблемы математики и механики. – Том II. Механика. Вып. 1 / Под ред. акад. Г.Г. Черного и проф. В.П. Карликова. – М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 33...41.

7. Castro I.P. Some problems concerning the production of a linear shear flow using curved wire-gauze screens // J. Fluid Mech. – Vol. 76, Part 4, 1976.

8. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Кубенин А.С. и др. К методике расчета влияния ветровых воздействий на воздушный режим зданий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 234...240.

9. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Пастушков П.П. О применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012, № 5. С. 128...131.

10. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Пастушков П.П. К вопросу о применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013, № 3. С. 120...122.

11. Andronov P.R., Guvernjuk S.V. The streamline flow around a permeable plate in a plane-parallel channel. // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. – Vol.79, №3, 2015. P. 270...280.

## REFERENCES

1. Derbunovich G.I., Zemskaja A.S., Repik E.U., Sosedko Ju.P. Optimal'nye uslovija gashenija turbulentnosti potoka v rabochej chasti ajerodinamicheskoj trubicy s pomoshh'ju setok, ustanovlennyh v forkamere // Uchenye zapiski CAGI. – 1989. Tom XX. №3. S.37...43.

2. Rahmatulin H.A., Guvernjuk S.V., O postanovke zadach obtekanija pronicaemyh tel neszhimaemoj sredoj // V sb.: Parashjuty i pronicaemye tela. – М.: Изд-во Моск. ун-та., 1987. С. 5...24.

3. Xudong A., Howard F., Srinath I. Experimental investigation of air vortex interaction with porous screen // Proceedings of the ASME 4-th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting (FEDSM, August 3-7, 2014, Chicago, Illinois, USA).

4. Dynnikova G.Ja. Lagranzhev podhod k resheniju nestacionarnyh uravnenij Nav'e-Stoksa // Dokl. RAN. – 2004. Т. 399, №1. С. 42...46.

5. Andronov P.R., Guvernjuk S.V., Dynnikova G.Ja. Vihrevye metody rascheta nestacionarnyh gidrodinamicheskikh nagruzok. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006.

6. Andronov P.R., Gircha A.I., Guvernjuk S.V. O stabilizacii ulovlennogo vihrja v kaverne s pomoshh'ju pronicaemoj kryshki // Sovremennye problemy matematiki i mehaniki. – Tom II. Mehanika. Vyp. 1 / Pod red. akad. G.G. Chernogo i prof. V.P. Karlikova. – М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 33...41.

7. Castro I.P. Some problems concerning the production of a linear shear flow using curved wire-gauze screens // J. Fluid Mech. – Vol. 76, Part 4, 1976.

8. Gagarin V.G., Guvernjuk S.V., Kubenin A.S. i dr. K metodike rascheta vlijaniya vetrovyh vozdeystvij na vozдушnyj rezhim zdaniy // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. С. 234...240.

9. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Pastushkov P.P. O primenении vetrogidrozashhitnyh membran v navesnyh fasadnyh sistemah s ventiliruemoj vozdušnoy proslojkoj. // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2012, № 5. С. 128...131.

10. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Pastushkov P.P. K voprosu o primenении vetrogidrozashhitnyh membran v navesnyh fasadnyh sistemah s ventiliruemoj vozdušnoy proslojkoj. // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2013, № 3. С. 120...122.

11. Andronov P.R., Guvernjuk S.V. The streamline flow around a permeable plate in a plane-parallel channel. // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. – Vol.79, №3, 2015. P. 270...280.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕМ  
В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ**

**MANAGEMENT OF STEADY RESOURCE-SAVING  
IN HOUSING STOCK OF THE RUSSIAN CITIES**

*С.Г. ШЕЙНА, Н.П. УМНЯКОВА, Е.Н. МИНЕНКО*  
*S.G. SHEINA, N.P. UMNYAKOVA, E.N. MINENKO*

(Академия строительства и архитектуры  
Донского государственного технического университета,  
Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук)  
(Academy of Civil Engineering and Architecture of Don State Technical University,  
(Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)  
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru; n.umnyakova@mail.ru; 14198900s@gmail.com

*Статья посвящена проблеме повышения эффективности потребления зданиями ресурсов на этапе их эксплуатации. Основой решения данной проблемы, по мнению авторов, является внедрение системы управления устойчивым ресурсосбережением зданий, составляющих опорный жилищный фонд российских городов. Для оптимизации выбора энергоресурсосберегающих решений на этапе эксплуатации зданий авторами предложена методика, учитывающая остаточный срок их службы. В ее основе лежит применение ресурсно-технологических моделей для анализа изменения уровня затрат на реализацию ресурсосберегающих мероприятий. Рассмотрен пример реализации предложенной методики для выбора теплоизоляционных материалов для утепления фасадов здания в ходе его капитального ремонта.*

*The article is devoted to the problem of improvement the efficiency of resource consumption by buildings during their maintenance. To solve this problem the authors suggest to establish a modern management system of resource-savings in the housing stock of Russian cities. The crucial elements of proposed system are monitoring of the resource consumption in buildings, development and timely implementation of building's repair programs included energy-efficient solutions. The article presents a new method for optimization the choice of resource-saving solutions in residential buildings taking into account the residual building service life. It is based on comparison the building's life cycle cost and the level of sustainability achieved by it through the implementation of alternative resource-saving solutions. The proposed method involves the use of resource and technology models for analyzing the change in the level of costs for implementation of resource-saving measures. The article provides an example of application the proposed method for choice the optimal set of resource-saving.*

**Ключевые слова:** энергоресурсосбережение, энергетическая эффективность, жилищный фонд, ресурсно-технологические модели, повышение энергетической эффективности жилищного фонда.

**Keywords:** energy and resource saving, energy efficiency, housing stock, resource and technology models, the improvement of energy efficiency in the housing stock.

Одной из важнейших задач строительного комплекса нашей страны является повышение эффективности потребления ресурсов зданиями, составляющими опорный жилищный фонд российских городов, а также строительные объекты различных отраслей промышленности, включая текстильную. Ее решение обеспечит снижение эксплуатационных затрат и энергоемкости зданий различного назначения, уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду, повышение качества и комфорта среды обитания граждан [1].

Рациональное потребление ресурсов, прежде всего энергии, на этапе эксплуатации зданий достигается внедрением системы управления ресурсосбережением, основными элементами которой являются:

- мониторинг уровня энергопотребления зданий для выявления объектов, нуждающихся в проведении энергетической санации, а также оценки эффективности реализации энергоэффективных решений (ЭЭР);

- разработка и своевременная реализация программ текущих и капитальных ремонтов, включающих мероприятия по ресурсосбережению, энергоэффективной реконструкции зданий (рис. 1).



Рис. 1

Учитывая, что реализация энергоэффективных решений в зданиях на этапе их эксплуатации в силу накопленного физического и морального износа может быть нецелесообразна, нами предложена следующая методика обоснования выбора оптимальных ЭЭР.

### Методика выбора ЭЭР в процессе эксплуатации здания

1. Сбор исходных данных по объекту: объемно-планировочные решения, техническое состояние, текущий уровень энергопотребления, источники финансирования ресурсосберегающих решений.

2. Подбор энергоэффективных решений (ЭЭР), представленных на строительном рынке, формирование альтернативных вариантов.

3. Сравнительный анализ альтернативных вариантов ЭЭР.

3.1 Расчет затрат, необходимых для реализации каждого варианта ЭЭР, на основе ресурсно-технологических моделей (РТМ).

РТМ представляет собой сгруппированный набор данных о материальных и трудовых ресурсах, необходимых для выполнения соответствующего вида работ, сформированный на основе данных смет по объектам-аналогам. Изменяя стоимость основных (ценообразующих) ресурсов, заложенных в РТМ, проводят сравнительный анализ затрат на выполнение работ по повышению энергетической эффективности зданий [2], [3].

3.2 Укрупненная оценка эффективности реализации ЭЭР с учетом остаточного срока службы здания на основе расчета коэффициента  $K_3$  эффективности ремонтных работ:

$$K_3 = \frac{C_{\text{рем.раб}} + C_{\text{энергоэфф.меропр}}}{C_{\text{восст}}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{рем.раб}}$  – стоимость ремонтных работ;  $C_{\text{энергоэфф.меропр}}$  – стоимость энергоэффективных мероприятий;  $C_{\text{восст}}$  – восстановительная стоимость здания [4].

При  $K_3 \leq 1$  реализация ресурсосберегающих мероприятий в здании экономически целесообразна.

При  $K_3 > 1$  стоимость ЭЭР превышает восстановительную стоимость объекта, следовательно, их выполнение экономически неэффективно, целесообразнее построить новое здание. Варианты, для которых  $K_3 > 1$ , следует исключить из дальнейшего рассмотрения.

На рис. 2 представлен алгоритм предложенной методики – выбор ЭРР на этапе эксплуатации зданий.

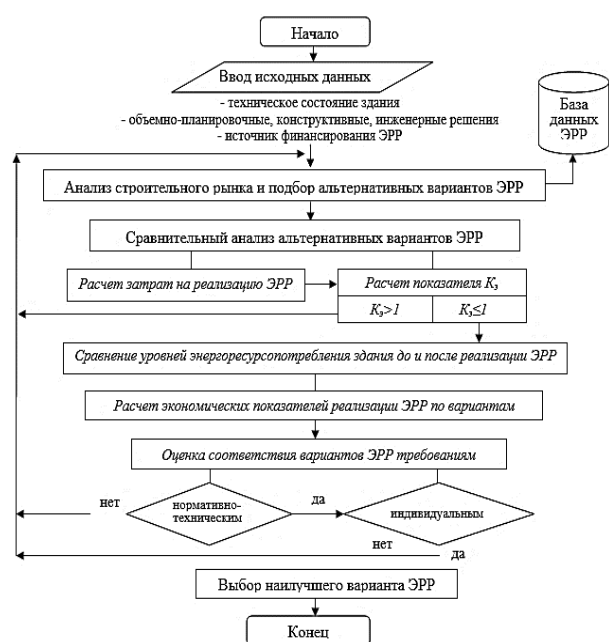


Рис. 2

3.3 Расчет ожидаемого уровня энергопотребления здания по каждому варианту и сравнение полученных значений с фактическими (текущими) данными.

3.4 Оценка экономической эффективности реализации ЭРР на основе действующих методик и показателей [5...7], например, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход и др., а также показателя эффективности ресурсосберегающих решений  $F(x)$ , рассчитываемого по формуле:

$$F(x) = T_x e_x - C_x - C_3 \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $C_x$  – первоначальная стоимость капиталовложений;  $C_3$  – стоимость энергии и выбросов парниковых газов при производстве и утилизации энергоэффективного оборудования, материала;  $T_x$  – срок эффективной эксплуатации;  $e_x$  – получаемая экономия энергии.

3.5 Оценка соответствия вариантов ЭРР нормативным (в части тепловой защиты здания) и индивидуальным требованиям (экономическим, экологическим, по энергосбережению и т.д.).

4. Выбор наилучшего варианта ЭРР.

Рассмотрим пример реализации предложенной методики для выбора оптимальных материалов для утепления фасадов 5-этажного жилого здания 1976 г. постройки, расположенного в г. Ростове-на-Дону.

На основе анализа строительного рынка Ростовской области нами был подобран ряд альтернативных теплоизоляционных материалов и выполнено их сравнение с базовым вариантом (пенополистирольные плиты ПСБ-С 25 Ф), предусмотренным сметой на выполнение работ по утеплению фасадов рассматриваемого здания в ходе его капитального ремонта.

Варьируемые параметры расчета – тип и толщина изоляции  $\delta$ , коэффициент теплопроводности материала  $\lambda$ . Ограничения:  $K_э \leq 1$ ; приведенное сопротивление теплопередаче стен не должно быть меньше нормативного значения, равного  $2,633 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Средняя стоимость тарифов на тепловую энергию для Ростовской области на II полугодие 2016 г. принята в размере  $900,95 \text{ с НДС руб./Гкал}$ . Полученные результаты расчетов эффективности реализации альтернативных вариантов теплоизоляционных материалов, выполненных в соответствии с предложенной методикой, представлены в табл. 1.

Все рассмотренные варианты удовлетворяют нормативным требованиям в части тепловой защиты здания ( $R_0 > 2,633 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ). При этом наилучшим вариантом из рассмотренных является утепление фасадов здания минеральной ватой из стекловолокна  $\delta = 100 \text{ мм}$ . Применение этого материала обеспечит наименьший срок окупаемости работ и наибольшую экономию энергии.

Анализ изменения стоимости работ по утеплению фасадов при изменении стоимости основных ценообразующих материалов, выполненный при помощи РТМ в ходе расчетов, показал, что для условий Ростовской области рост стоимости материала на каждые  $50 \text{ руб./м}^3$  приводит к росту удельной стоимости работ по утеплению фасадов на  $13,26 \text{ руб./м}^2$ .

Т а б л и ц а 1

Варьируемые параметры  Расчетные показатели	Тип изоляции	Пено-поли-сти-роль-ные плиты ПСБ-С 25 Ф	Базаль-товая вата	Мине-раль-ная вата	Базаль-товая вата	Мине-раль-ная вата на основе стекло-во-локна	Пено-плэкс Ком-форт
	$\delta$ слоя, мм	80	80	100	100	100	100
	$\lambda$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°С	0,032	0,036	0,037	0,04	0,041	0,032
Стоимость работ по утеплению фасадов, тыс. руб.		2895	2787	2752	2991	2752	2952
Изменение стоимости материала за 1 м <sup>3</sup> , %		-	↓29	↓39	↑28	↓39	↑17
Изменение стоимости работ за 1 м <sup>2</sup> , %		-	↓3,7	↓4,1	↑7,6	↓4,9	↑2,0
Показатель Кэ		0,9	0,87	0,84	0,94	0,84	0,92
Приведенное сопротивление теплопередаче стены (R <sub>0</sub> , м <sup>2</sup> ·°С/Вт)		3,218	2,94	3,421	3,218	3,157	3,843
Затраты энергии на отопление, кДж/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)		82,34	83,79	84,14	82,34	82,63	79,84
Изменение уровня затрат энергии на отопление, кДж/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)		-	↑1,8	↑2,2	0	↑0,4	↓3,04
Потребность в тепловой энергии на отопление, Гкал/год		222,8	226,8	227,8	222,8	223,6	216,1
Экономия энергии на отопление, тыс.руб./год		318,5	314,9	314,1	318,5	317,8	324,6
Срок окупаемости T <sub>ок</sub> , лет		9,1	8,9	8,8	9,4	8,7	9,1
Показатель F(x), тыс. руб.		3473	3511	3529	3378	3602	3538

## ВЫВОДЫ

Предложенная методика обеспечивает подбор оптимальных вариантов ЭРР с учетом остаточного срока службы здания. Ее применение на практике повысит точность и эффективность расчетов, связанных с обоснованием выбора оптимальных ресурсосберегающих решений среди нескольких альтернативных вариантов с учетом имеющихся ограничений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. National Energy Foundation. Report FM professional's expectations and experiences of improving the use of energy.2014 (дата обращения:15.01.2017)
2. Шеина С.Г., Миненко Е.Н., Федяева П.В. Экспериментально-теоретические исследования энергосбережения в жилищном фонде муниципальных образований // Научное обозрение. – 2014, № 11-2. С. 419...424.
3. Петров К.С., Вонгай А.О., Саковская К.А. Повышение тепловой защиты зданий различных назначений в условиях городской застройки // Наукоедение: интернет-журнал. – Том 7. № 3 (2015).
4. Шеина С.Г. Стратегическое управление техническим состоянием жилищного фонда муниципального образования. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012.

5. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. – 2013. № 6. С. 7...9.

6. Клычников Р.Ю., Езерский В.А., Монастырев П.В. Оптимизация параметров теплозащиты жилых зданий по экономическому критерию // Промышленное и гражданское строительство. – 2010, № 1. С.13...16.

## REFERENCES

1. National Energy Foundation. Report FM professional's expectations and experiences of improving the use of energy.2014 (data obrashhenija:15.01.2017)
2. Sheina S.G., Minenko E.N., Fedjaeva P.V. Jeksperimental'no-teoreticheskie issledovaniya jenergoberezhenija v zhilishhnom fonde municipal'nyh obrazovanij // Nauchnoe obozrenie. – 2014, № 11-2. S.419...424.
3. Petrov K.S., Vongaj A.O., Sakovskaja K.A. Povyshenie teplovoj zashhity zdaniy razlichnyh naznachenij v uslovijah gorodskoj zastrojki // Naukovedenie: internet-zhurnal. – Tom 7. № 3 (2015).
4. Sheina S.G. Strategicheskoe upravlenie tehnikeskim sostojaniem zhilishhnogo fonda municipal'nogo obrazovaniya. – Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2012.
5. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaja ocenka jenergojefektivnosti jenergoberegajushhih meroprijatij // Stroitel'nye materialy. – 2013. № 6. S.7...9.



УДК 628.8

**К ВОПРОСУ СИСТЕМНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ  
В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ**

**THE ISSUE SYSTEMIC EVALUATION  
OF ENERGY SAVING MEASURES EFFECTIVENESS  
IN HEAT SUPPLY SYSTEMS IN CITIES**

*В.Г. ХРОМЧЕНКОВ, У. ШЮТС, Ю.В. ЯВОРОВСКИЙ, Е.В. ЖИГУЛИНА,  
Е.Г. ГАШО, И.А. СУЛТАНГУЗИН, К.С. АНДРЕЙЦЕВА, Е.В. ВОЙТОВИЧ, С.В. ЗАЙЦЕВ*

*V.G. KHROMCHENKOV, W. SHUTS, YU.V. YAVOROVSKIY, E.V. ZHIGULINA,  
E.G. GASHO, I.A. SULTANGUZIN, K.S. ANDREYTCSEVA, E.V. VOITOVICH, S.V. ZAYTSEV*

**(Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт",  
Бранденбургский технический университет, г. Котбус, Германия,  
Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук,  
ООО АБЛ-Инжиниринг Групп)**

**(National Research University "Moscow Power Engineering Institute",  
Brandenburg Technical University, Cottbus, Germany,  
Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,  
LLC ABL-Engineering Group)**

E-mail: valeryg@list.ru; wschuetz@b-tu.de; y1000@list.ru; zhigulinaYV@mpei.ru;  
290461@bk.ru; SultanguzinIA@mpei.ru

*В статье представлены основные положения разработанного методического подхода для определения энергетической и экономической эффективности типовых энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения города. Отмечено, что существующие подходы для определения энергетического эффекта от реализации энергосберегающих мероприятий не учитывают взаимосвязь и взаимное влияние между элементами системы теплоснабжения. Обосновано, что экономия теплоты конечным потребителем является лишь потенциалом для возможной экономии топливно-энергетических ресурсов на источнике теплоснабжения и в системе в целом.*

*The article presents the main provisions of the developed methodical approach to determine the energy and economic efficiency of standard energy saving measures in the heating system of the city. It was noted that existing approaches for determination of energy effect of implemented energy saving measures do not consider the interaction and mutual influence between elements of the heating system. It is proved that heat saving at the final user is only a potential for possible savings of fuel and energy resources at the heat supply source and the system as a whole.*

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, энергосберегающее мероприятие, энергосбережение, тепловая сеть, потребитель теплоты.

**Keywords:** heating system, energy-saving measure, energy efficiency, heat network customer of warmth.

Практически половина добываемого в стране топлива расходуется на нужды системы теплоснабжения различных потребителей жилищно-коммунальной, социальной и производственной сфер. Только на теплоснабжение объектов ЖКХ и социальной сферы за год расходуется около 1000 млн. Гкал тепловой энергии. Рациональное ее использование является важнейшей задачей энергетики. Недоучет различных факторов, влияющих на системы теплоснабжения, ведет к большим перерасходам топлива.

К числу основных проблем, указанных в "Энергетической стратегии России на период до 2030 г." [1], в области развития теплоснабжения относятся:

- неудовлетворительное состояние систем теплоснабжения, характеризующееся высоким износом основных фондов;
- потребность в крупных инвестициях для обеспечения надежного теплоснабжения;
- отсутствие единой государственной политики, прежде всего научно-технической и инвестиционной;
- перерасходы теплоты в зданиях ("перетопы" и др.);
- необходимость институциональной перестройки всей системы теплоснабжения для вывода ее из кризиса и успешного функционирования в рыночных условиях.

Для решения отмеченных проблем предлагается реализовать комплекс мер по коренной модернизации системы теплоснабжения, который предусматривает, в том числе создание благоприятных условий для привлечения частных инвестиций в теплоснабжение [1]. Естественно, что наиболее привлекательными являются инвестиции, которые быстро окупаются. Окупаемость энергосберегающих мероприятий, которые предлагаются и рассчитываются обычно при проведении энергоаудита,

в значительной степени определяется качеством проводимых расчетов. Хотелось бы подчеркнуть важность экономической оправданности энергосберегающих мероприятий. Энергосбережение является лишь способом для экономии денежных средств, приводящих к снижению стоимости тех или иных товаров или услуг, и, в конечном счете, к снижению энергоемкости внутреннего валового продукта всей страны.

Таким образом, крайне важен вопрос правильного определения сроков окупаемости тех или иных энергосберегающих мероприятий, что неразрывно связано с точным определением реальной экономии энергии, полученной в результате их реализации.

Система теплоснабжения потребителей в самом общем виде состоит из трех секторов: источника тепловой энергии, тепловых сетей и потребителя тепловой энергии.

Предлагаемые энергосберегающие мероприятия рассчитываются зачастую только для одной какой-либо части системы. Причин для этого множество, одной из них является тот факт, что различные части системы теплоснабжения могут находиться в различной собственности.

В этом случае нет необходимости учитывать влияние изменений в одной части системы на другие части. Собственник получает экономическую выгоду, а остальные проблемы остаются в стороне. Однако в масштабах системы такой подход является неверным. Действия собственников различных частей системы теплоснабжения должны быть согласованы и направлены на достижение максимального суммарного экономического эффекта для всех собственников. Разумеется, это относится и к случаю, когда вся система теплоснабжения находится в одних руках.

Важно отметить, что разработанные методики определения энергетических эф-

фектов, полученных в результате проведения типовых энергосберегающих мероприятий, не учитывают взаимосвязь и взаимовлияние между частями системы теплоснабжения. Очень часто можно наблюдать, когда энергоаудиторы не учитывают механизмы процессов теплоснабжения и транспортировки тепловой энергии.

То есть, если рассчитано, что после проведения энергосберегающих мероприятий потребителю потребуется меньшее количество теплоты на определенную величину, то эта величина и будет энергосберегающим эффектом, а меньшее количество тепловой энергии потребитель будет получать автоматически. Источник теплоты и тепловые сети это обеспечат.

Но, к сожалению, все гораздо сложнее: в абсолютном большинстве случаев типовые энергосберегающие мероприятия создают только потенциал для энергосбережения, и для его реализации необходим еще ряд мероприятий, иногда малозатратных, а иногда нет, но в любом случае капитальные затраты увеличиваются, что сказывается на сроке окупаемости. В ряде случаев может получаться так, что неправильно определенные энергетические эффекты приводят к тому, что бюджетные средства и инвестиции будут выделяться под экономически необоснованные мероприятия, что в корне нарушает принципы энергосбережения.

В данной статье представлена часть результатов работы по системному анализу типовых энергосберегающих мероприятий, рассмотренных во взаимосвязи и с учетом взаимного влияния изменений в различных частях системы теплоснабжения, с определением основных моментов, на которые необходимо обращать внимание при разработке программ энергосбережения. При проведении расчетных исследований использовалась разработанная авторами методика определения величины экономии теплоты, полученной в результате внедрения типовых энергосберегающих мероприятий. Методика обеспечивает корректное сравнение фактического энергопотребления здания до и после модернизации, с уче-

том возможного изменения его отопительной характеристики. При этом должны быть учтены фактические температуры наружного воздуха.

Все энергосберегающие мероприятия, связанные с экономией теплоты в системе теплоснабжения, можно разделить на две группы: мероприятия, реализация которых приведет к изменению величины расчетной отопительной нагрузки здания, и мероприятия, в результате реализации которых расчетная нагрузка здания останется неизменной.

К первой группе относятся мероприятия, связанные с улучшением теплотехнических характеристик здания (установка энергосберегающих окон, совершенствование узлов сопряжения ограждающих конструкций, остекление лоджий и др.).

Ко второй группе относятся энергосберегающие мероприятия, связанные с обеспечением подачи только минимально-необходимого количества тепла в отапливаемые помещения здания и эффективного его использования для обеспечения в них нормируемой температуры воздуха. В основном такие мероприятия связаны с внедрением систем автоматического регулирования подачи теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха (автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (ИТП)) и воздуха внутри помещений (термостатические клапаны), а также балансировкой и промывкой систем отопления.

В результате проведения энергосберегающих мероприятий, относящихся к первой группе, отопительная характеристика здания может существенно измениться в сторону уменьшения при обеспечении в помещениях комфортных температур внутреннего воздуха. Без этого практически вся сэкономленная теплота превратится в потери за счет "перетопов". Снижение количества подводимой теплоты к зданию может дать также экономию электроэнергии за счет снижения расхода прокачиваемого теплоносителя в тепловой сети.

Как отмечалось выше, при разработке энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения часто рассматрива-

ется лишь один из ее компонентов, на котором оно и реализуется. Фокусируясь на потребителе тепловой энергии, очень легко забыть про источник, на котором собственно и образуется экономия энергоресурсов и соответственно денежных средств. Исключение составляет случай, когда потребитель получает тепловую энергию от стороннего источника. В этом случае необходимо увязывать возможное снижение потребления тепловой энергии, полученное в результате реализации энергосберегающих мероприятий, с условиями договора на поставку теплоты от его источника, который должен учитывать взаимосвязь и взаимозависимость его с остальными потребителями, в том числе и с теми, на которых не происходили модернизационные работы.

*Потенциал энергосбережения мероприятий, направленных на снижение удельной отопительной нагрузки потребителя*

Как отмечено ранее, реализация энергосберегающих мероприятий, направленных на снижение удельной отопительной нагрузки здания, лишь создает потенциал энергосбережения, который в той или иной степени еще надо реализовать.

Проведенные расчетные исследования для различных схем присоединения тепловой нагрузки (независимая и зависимая, с элеватором и без него) показали, что если не снизить расход теплоносителя после уменьшения удельной отопительной характеристики, то больше половины потенциала энергосбережения уйдет на повышение температуры воздуха внутри отапливаемых помещений и лишь часть потенциала будет реализована за счет повышения температуры возвращаемого на источник теплоносителя. Таким образом, для реализации потенциала необходимы дополнительные меры по снижению расхода теплоносителя, что, безусловно, подразумевает дополнительные затраты и увеличение срока окупаемости.

На рис. 1 (зависимость фактической экономии тепловой энергии от потенциала энергосбережения) представлены результаты расчетов, проведенных для средних, за отопительный период, параметров

наружного воздуха и теплоносителя для различных температурных графиков.

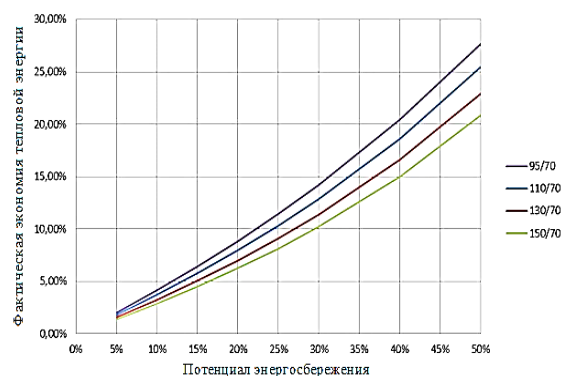


Рис. 1

Как видно из графика, фактическая экономия, которая может быть получена в результате реализации энергосберегающих мероприятий, связанных с уменьшением расчетной отопительной нагрузки на данную величину, примерно в два раза ниже этого значения. В случае же обеспечения комфортной температуры внутреннего воздуха за счет открытия окон (увеличения регулируемой инфильтрации) величина фактической экономии еще более снизится. Из рис. 1 также видно, что чем выше температурный график, тем хуже фактические показатели экономии тепловой энергии, так как в этом случае больше теплоносителя из обратной линии подмешивается к подающему теплоносителю. При низких температурах наружного воздуха фактическая экономия будет чуть больше, при температурах выше среднеотопительной экономия будет чуть меньше. Но в среднем за отопительный период больше половины потенциала энергосбережения будет теряться “через открытые форточки”.

Очевидно, что данные процессы должны быть учтены перед внедрением энергосберегающих мероприятий. В ряде случаев мероприятия по снижению расхода теплоносителя будут экономически оправданы, и тогда потенциал энергосбережения будет реализован полностью, в ряде случаев – нет. Но в любом случае срок окупаемости мероприятия будет определен значительно точнее.

### *Снижение тепловой нагрузки модернизированного здания*

Проведенные расчетные исследования показали, что одним из наиболее приемлемых способов для реализации потенциала энергосбережения является снижение расхода теплоносителя в системе отопления модернизированного здания. Были рассмотрены и другие технические решения, такие как уменьшение площади отопительных приборов в помещениях здания; снижение температуры теплоносителя в подающем трубопроводе и снижение температуры теплоносителя на входе в отопительные приборы.

Следует отметить, что данный способ обеспечивает также экономию тепловой энергии и в случае установки автоматизированных ИТП, что позволит исключить осенне-весенние "перетопы" зданий. Установка шайб или балансировочных клапанов обеспечит снижение расхода теплоносителя на модернизируемое здание, что приведет к соответствующей экономии тепловой энергии. Однако при определении реальной экономии, как было отмечено выше, необходимо рассматривать всю систему теплоснабжения в целом.

В связи с качественным регулированием отопительной нагрузки и постоянным расходом теплоносителя в системе его сокращение для конкретного здания приведет к увеличению расхода теплоносителя у других потребителей, на которых не проводили работы по модернизации и которые не оборудовали автоматизированными ИТП. В конечном итоге это приведет к диссипации в том или ином объеме сэкономленной теплоты. Таким образом, реальная экономия топлива в котельной может быть существенно ниже расчетного значения, вплоть до полного отсутствия экономии.

Проведенные расчеты с использованием математической модели тепловой сети и с учетом характеристик сетевых насосов показали, что если осуществить снижение расхода теплоносителя у потребителей, расход на которых составлял, например, 10% от суммарного расхода теплоносителя во всей тепловой сети, то примерно 25% от

этого снижения расхода перераспределится на остальных потребителей.

В случае, если энергосберегающие мероприятия будут проведены у половины потребителей и расходы теплоносителя на них будут отрегулированы без учета изменений расхода у остальных потребителей, то фактически можно будет реализовать примерно 85% потенциала снижения расхода теплоносителя, а 15% перераспределится между неотрегулированными потребителями.

Таким образом, потенциал снижения расхода теплоносителя во всей тепловой сети не будет реализован полностью. Величина реализации потенциала снижения расхода теплоносителя будет зависеть от напорной характеристики сетевого насоса и конкретной рабочей точки, в которой он работал. Чем большую долю составляет расход теплоносителя на потребителя или группу потребителей, у которых он был снижен, тем больше значение реализованного потенциала снижения расхода теплоносителя.

## В Ы В О Д Ы

1. При анализе системы теплоснабжения необходимо рассматривать всю систему целиком, с учетом взаимного влияния систем производства теплоты, ее транспорта и потребления.

Результаты расчетов по экономии топливно-энергетических ресурсов и определению сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий показывают лишь потенциал возможной экономии энергоресурсов. Его реализация в полном объеме требует дополнительных капитальных вложений в систему теплоснабжения.

2. Наиболее приемлемым способом, обеспечивающим фактическое снижение потребления зданием тепла в соответствии с новыми значениями отопительной характеристики, является соответствующее уменьшение расхода теплоносителя не только у потребителя, но и на источнике (установка частотно-регулируемого привода сетевых насосов), а также гидравли-

ческая балансировка тепловой сети. Все это также потребует дополнительных затрат. В противном случае уменьшение расхода теплоносителя только у потребителей, на которых реализованы энергосберегающие мероприятия, приведет к увеличению его расхода у остальных не модернизируемых потребителей с соответствующими потерями тепла.

3. Предполагается выполнение совместного российско-германского проекта при участии авторов данной статьи по энергетическому исследованию жилого и офисного помещений с учетом российских и немецких нормативных документов и методов по энергосбережению. Полученные результаты послужат в дальнейшем примером и

стимулированием к решению вышеописанных проблем городских систем теплоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.

#### REFERENCES

1. Jenergeticheskaja strategija Rossii na period do 2030 g. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 13 nojabrja 2009 g. № 1715-p.

Рекомендована кафедрой промышленных теплоэнергетических систем ИПЭЭф. Поступила 03.04.17.

УДК 534.833.522.4

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕННОЙ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ НА ЗВУКОИЗОЛЯЦИЮ ВИБРОДЕМПФИРОВАННОГО ЭЛЕМЕНТА

## INFLUENCE OF THE CHANGED FLEXURAL RIGIDITY ON SOUND INSULATION OF THE VIBRODAMPING ELEMENT

А.А. КОЧКИН, Л.Э. ШАШКОВА, И.Л. ШУБИН  
A.A. KOCHKIN, L.E. SHASHKOVA, I.L. SHUBIN

(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: aakochkin@mail.ru

*Рассматривается звукоизоляция слоистых вибродемпфированных элементов с измененной изгибной жесткостью. Показано влияние шага прорезей в элементах на звукоизоляцию ограждения.*

*Sound insulation layered the vibrodamping elements with the changed flexural rigidity is considered. Influence of a step of cuts in elements on insulation of a protection is shown.*

**Ключевые слова:** звукоизоляция, слоистый вибродемпфированный элемент, измененная изгибная жесткость.

**Keywords:** sound insulation, a layered vibrodamping element, the changed flexural rigidity.

Решение задачи по защите от повышенных уровней шума необходимо для создания акустически комфортной среды в жилых, общественных и промышленных зданиях и сооружениях, на территориях застройки, также ее решение имеет важное экологическое и социально-экономическое значение. Одним из перспективных способов снижения проникающих уровней шума является использование ограждающих конструкций с повышенными звукоизоляционными характеристиками [1...5]. Применение данного способа нередко идет по пути увеличения массы звукоизолирующих конструкций, что требует увеличения несущей способности конструкций здания, ведет к удорожанию строительства. В связи с этим необходимо создание новых конструкций, отвечающих заданным звукоизоляционным требованиям при меньшей поверхностной плотности, чем традиционные ограждения.

Примером таких конструкций являются легкие ограждения из слоистых элементов, широко используемые в настоящее время в строительстве. Проведенные исследования подтверждают, что данные конструкции при целенаправленном их проектировании, с заданными звукоизоляционными характеристиками, можно использовать для создания акустического комфорта в зданиях [6...8].

Практика исследования и применения слоистых конструкций показала, что их звукоизоляция значительно возрастает в случае введения в конструкцию слоев из вибродемпфирующих материалов, повышающих конструкционные коэффициенты потерь в ограждении. Вместе с тем требует дополнительного изучения вопрос влияния материала слоев и изгибной жесткости слоистой конструкции на ее звукоизоляционные характеристики в различных частотных диапазонах с целью проектирования эффективных звукоизоляционных конструкций. В связи с этим разработка теоретических основ и практических методов проектирования легких ограждающих конструкций из слоистых элементов с вибродемпфирующими слоями является перспективным и актуальным направлением строительной акустики по проектированию и использованию

в строительстве эффективных звукоизолирующих конструкций с применением современных строительных материалов.

Задача о влиянии изгибной жесткости однослойного ограждения на его звукоизоляцию исследовалась многими авторами [9], [10]. Показано, что результаты эксперимента, в котором после уменьшения изгибной жесткости ограждения путем нанесения пропилов наблюдалось смещение граничной частоты волнового совпадения в область более высоких частот, подтверждают теорию Кремера [11].

В настоящей работе представлены результаты исследования звукоизоляции вибродемпфированных элементов с измененной изгибной жесткостью, представляющих собой наружные "жесткие" слои из гипсоволокнистых листов (ГВЛ) и других материалов, где в качестве внутреннего "мягкого" слоя используются обычные рулонные гидроизоляционные материалы, наносимые методом наплавления типа техноэласт или мастики. С целью изменения изгибной жесткости элемента, без изменения ее поверхностной плотности, в наружных "жестких" слоях выполняются пропилы [12], [13].

Испытания подтверждают, что при выполнении прорезей в конструкциях из вибродемпфированных элементов наблюдается смещение граничной частоты волнового совпадения в более высокий частотный диапазон. При этом наличие пропилов в образце приводит к возбуждению резонансных мод колебаний более высокого порядка. Эти моды колебаний (частоты, кратные частотам собственных колебаний) лежат в более высокой частотной области, и поэтому доля переизлученной мощности приходится на диапазон высоких частот. Практически происходит смещение частотной характеристики звукоизоляции вправо, то есть в область высоких частот. Оптимальный подбор расстояний между прорезями позволяет вывести провалы звукоизоляции за область нормируемого диапазона частот. Связав резонансные свойства образца с прорезями и без них, можно предположительно определить шаг выбранных прорезей.

С целью упрощения расчетов в качестве исследуемого образца выбираем прямоугольную в плане пластину со сторонами  $a$ . Прорезы выполним симметрично, то есть получим набор отдельных ячеек со стороной  $b$ .

Рассматривая случай шарнирного опирания, частоту собственных колебаний прямоугольной пластины определяем по формуле:

$$f = \frac{\pi}{2} \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{D}{\mu}}. \quad (1)$$

В случае квадратной пластины эта формула преобразуется следующим образом:

$$f_a = \frac{\pi}{2a^2} (m^2 + n^2) \sqrt{\frac{D}{\mu}}. \quad (2)$$

$$\frac{f_b}{f_a} = \frac{\pi(m_1^2 + n_1^2) \sqrt{\frac{D}{\mu}} 2a^2}{2b^2 \pi(m^2 + n^2) \sqrt{\frac{D}{\mu}}} = \frac{a^2(m_1^2 + n_1^2)}{b^2(m^2 + n^2)} = \frac{a^2 m_1^2}{b^2 m^2}. \quad (4)$$

Подставив

$$m = Nm_1,$$

имеем:

$$\frac{f_b}{f_a} = \frac{a^2 m_1^2}{b^2 N^2 m_1^2} = \frac{a^2}{N^2 b^2},$$

но

$$f_b = N f_a.$$

И соответственно для малых ячеек (после устройства прорезей):

$$f_b = \frac{\pi}{2b^2} (m_1^2 + n_1^2) \sqrt{\frac{D}{\mu}}. \quad (3)$$

Предположим, что нам нужно рассмотреть  $N$ -ю моду колебаний, то есть  $f_b = N f_a$ .

Считаем также, что распределение звукового давления равновероятно по обеим сторонам пластины, то есть  $m = n$ ;  $m_1 = n_1$ .

Также, рассматривая моды колебаний, полагаем, что  $m = N m_1$ . Далее анализируем отношение резонансных частот всей пластины и полученной ячейки:

Тогда

$$\frac{a^2}{b^2} = N^3,$$

или для размеров ячейки

$$b = \frac{a}{N\sqrt{N}}.$$

Если пластина прямоугольная, то в качестве стороны  $a$  берется наименьшая.

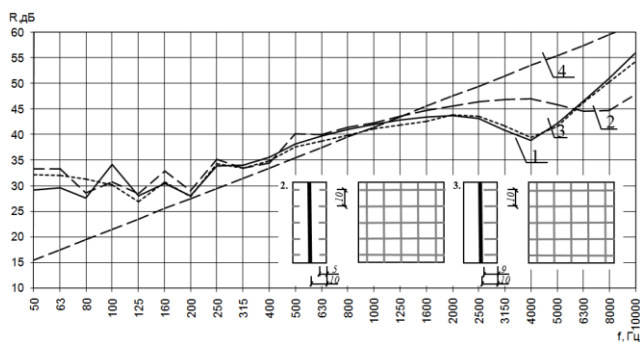


Рис. 1

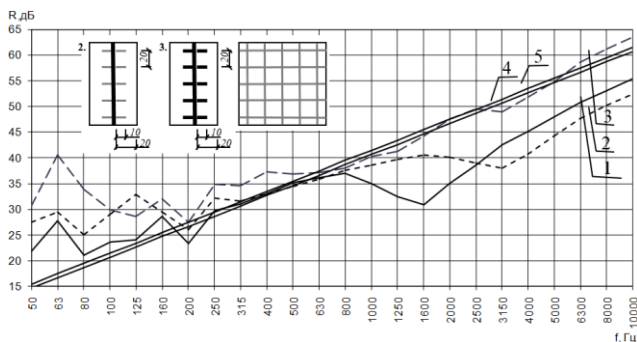


Рис. 2

Смещение граничной частоты волнового совпадения в конструкциях из вибродемпфированных элементов при наличии

прорезей подтверждает также тот факт, что это смещение происходит за счет перемещения зоны активного излучения звука в



область более высоких частот. В данном случае перераспределение акустической мощности происходит таким образом, что более интенсивно излучают высокие моды собственных колебаний, что и приводит к смещению провала звукоизоляции в область более высоких частот.

На рис. 1 (частотные характеристики звукоизоляции ВДЭ, состоящих из двух гипсоволокнистых листов (ГВЛ) толщиной по 10,0 мм и прослойки из техноэласта толщиной 3,0 мм,  $\mu=28,05$  кг/м<sup>2</sup>: 1 – без пропилов,  $R_w=41$  дБ; 2 – пропилов с обеих сторон элемента выполнены с шагом 10 мм на глубину 5 мм,  $R_w=42$  дБ; 3 – пропилов с одной стороны элемента выполнены на глубину 9 мм,  $R_w=40$  дБ; 4 – закон массы) и рис. 2 (частотные характеристики звукоизоляции ВДЭ, состоящих из двух листов фанеры толщиной по 20,0 мм и прослойки из силикона толщиной 3,0 мм,  $\mu=27,5$  кг/м<sup>2</sup>: 1 – без пропилов,  $R_w=38$  дБ; 2 – внутренние пропилов с двух сторон с шагом 20 мм на глубину 10 мм,  $R_w=39$  дБ; 3 – внутренние пропилов с двух сторон с шагом 20 мм на глубину 10 мм заполнены силиконом,  $R_w=42$  дБ; 4 – закон массы для конструкции 2; 5 – закон массы для конструкции 3,  $\mu=31,0$  кг/м<sup>2</sup>) представлены результаты исследований влияния на звукоизоляцию изменения изгибной жесткости вибродемпфированного элемента.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ экспериментальных данных частотных характеристик звукоизоляции (рис.1) показывает, что наблюдается повышение звукоизоляции вибродемпфированного элемента (ВДЭ) с измененной изгибной жесткостью (ИИЖ) по сравнению с исходным ВДЭ. Смещение граничной частоты волнового совпадения в область более высоких частот наблюдается только у образцов с пропилами в обоих наружных слоях. Повышение звукоизоляции составляет до 8 дБ.

2. Для вибродемпфированных элементов с измененной изгибной жесткостью при заполнении пропилов вибродемпфиру-

ющим материалом (рис. 2) повышение звукоизоляции в области волнового совпадения и высоких частот составляет до 18 дБ, индекс изоляции воздушного шума увеличивается на 4 дБ по сравнению с исходным вибродемпфированным элементом. В однослойных ограждениях такой результат достигается при увеличении поверхностной плотности более чем в два раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бобылев В.Н., Тишков В.А., Гребнев П.А., Мониц Д.В. Резервы повышения звукоизоляции перегородок из пазогребневых гипсовых плит // Приволжский научный журнал. – 2015, № 4(36). С.41...45.
2. 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.
3. 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.
4. Овсянников С.Н., Скрипченко Д.С. Исследование звукоизоляционных свойств материалов при различных статических нагрузках // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №4. С. 40...44.
5. Лелюга О.В., Овсянников С.Н. Исследование звукоизолирующей способности облегченных перегородок // Вестник Томского гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2014, № 5 (46). С. 98...105.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Ильяшук Ю.М. Влияние жесткости ограждающих конструкций на их звукоизоляцию // Сб.: Борьба с шумом и действие шума на организм. – Вып. 2. – Л.: ЛИОТ, 1958. С. 56...76.
10. Бобылев В.Н., Тишков В.А., Паузин С.А., Мониц Д.В. Исследование резервов повышения зву-

коизоляции однослойных ограждений с ослабленным поперечным сечением // Приволжский научный журнал. – 2016, № 2(38). С.23...30.

11. Cremer L. Theorie der Schalldämmung, dünner Wände bei schrägem Einfall // Akustische Zeitschrift. – №7, 1942. P.81...104.

12. Патент на полезную модель RUS 107802 06. Звукоизолирующая вибродемпфированная слоистая панель с измененной изгибной жесткостью / Кочкин А.А., Шашкова Л.Э. – 12.2010.

13. Шашкова Л.Э., Кочкин А.А. Исследование влияния месторасположения и заполнения пропилов в вибродемпфированных элементах на их звукоизоляцию // Жилищное строительство. – 2015, № 7. С.58...59.

#### REFERENCES

1. Bobylev V.N., Tishkov V.A., Grebnev P.A., Monich D.V. Rezervy povysheniya zvukoizoljatsii peregorodok iz pazogrebnykh gipsovych plit // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2015, № 4(36). S.41...45.

2. Antonov A.I., Ledenev V.I., Solomatin E.O., Shubin I.L. Raschet shuma pri proektirovanii zvukoizolirujushhih kozhuhov tehnologicheskogo oborudovaniya // Stroitel'nye materialy. – 2015, № 6. S. 39...41.

3. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Shubin I.L. Ocenka rasprostraneniya prjamoego zvuka ot zvukoizolirujushhih ograzhdenij tehnologicheskogo oborudovaniya tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №4. S. 167...173.

4. Ovsjannikov S.N., Skripchenko D.S. Issledovanie zvukoizoljacionnykh svojstv materialov pri razlichnykh staticheskikh nagruzkah // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №4. S.40...44.

5. Leljuga O.V., Ovsjannikov S.N. Issledovanie zvukoizolirujushhej sposobnosti oblegchennykh pere-

gorodok // Vestnik Tomskogo gos. arhitekt.-stroit. unta. – 2014, № 5 (46). S. 98...105.

6. Kochkin A.A., Shubin I.L., Shashkova L.Je., Kochkin N.A. Proektirovanie zvukoizoljatsii sloistykh jelementov konechnykh razmerov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S.161...167.

7. Kochkin A.A., Shubin I.L., Kochkin N.A., Kirjatkova A.V. O regulirovanii zvukoizoljatsii sloistykh vibrodempfirirovannykh jelementov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S.181...187.

8. Kochkin A.A., Shubin I.L., Kochkin N.A. Raschet kolebatel'noj skorosti i izluchaemoj moshhnosti jelementov konechnykh razmerov v uslovijah razlichnykh rezonansov // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2016, № 7. S.15...19.

9. Il'jashuk Ju.M. Vlijanie zhestkosti ograzhdajushhih konstrukcij na ih zvukoizoljatsiju // Sb.: Bor'ba s shumom i dejstvie shuma na organizm. – Vyp. 2. – L.: LIOT, 1958. S. 56...76.

10. Bobylev V.N., Tishkov V.A., Pauzin S.A., Monich D.V. Issledovanie rezervov povysheniya zvukoizoljatsii odnoslojnykh ograzhdenij s oslablennym poperechnym secheniem // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – 2016, № 2(38). S.23...30.

11. Cremer L. Theorie der Schalldämmung, dünner Wände bei schrägem Einfall // Akustische Zeitschrift. – №7, 1942. P.81...104.

12. Патент на полезную модель RUS 107802 06. Звукоизолирующая вибродемпфированная слоистая панель с измененной изгибной жесткостью / Кочкин А.А., Шашкова Л.Э. – 12.2010.

13. Шашкова Л.Э., Кочкин А.А. Исследование влияния месторасположения и заполнения пропилов в вибродемпфированных элементах на их звукоизоляцию // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2015, № 7. S.58...59.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 05.04.17.

**ВЕЛИЧИНА ДОБАВКИ К ОСНОВНЫМ ТЕПЛОПОТЕРЯМ  
ПОМЕЩЕНИЯ С ЧИСЛОМ НАРУЖНЫХ СТЕН БОЛЕЕ ОДНОЙ**

**ADDITIONAL VALUE TO THE MAIN HEAT LOSSES OF A PREMISE  
HAVING MORE THAN ONE EXTERIOR WALLS**

*Е.Г. МАЛЯВИНА, Н.П. УМНЯКОВА*  
*E.G. MALYAVINA, N.P. UMNYAKOVA*

(Национальный исследовательский "Московский инженерно-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: n.umnyakova@mail.ru

*В проектной практике добавка к основным теплотерям помещения с числом наружных стен более одной приравнивается к 5% от теплотерь через все вертикальные ограждающие конструкции. В настоящее время существуют рекомендации – принимать добавку только в угловых помещениях на геометрию стены. Расчеты локальных значений радиационной температуры на границе обслуживаемой зоны показали, что необходимо увеличение средней результирующей температуры помещения с несколькими наружными стенами для доведения их значений до соответствующих в рядовом помещении. Для помещений с сопротивлением теплопередаче ограждений, отвечающим современным нормам, величина необходимой добавки может быть выше 2%, а при утеплении здания по санитарно-гигиеническим условиям – не менее 3% от теплотерь всех вертикальных ограждений: стен и окон.*

*In the designing practice the additional value to the main heat losses of a room with more than one exterior wall makes 5% of the heat losses lost through all vertical enclosing structures. Actually it is recommended to accept an additive value only for the wall geometry in the corner rooms. Calculations of the radiant temperature local values at the border of the zone under service have shown, that it is necessary to increase the average resulting temperature of the room with some exterior walls to make these values equal to the appropriate ones of a typical room. For the rooms, where the enclosing structures have the resistance of the heat transfer according to the valid modern norms, the necessary additional value may be higher than 2%, and if the building has been provided with a heat insulation according to the sanitary rules – not less than 3% of the heat losses of all vertical enclosing structures: walls and windows.*

**Ключевые слова:** дополнительные теплотери, сопротивление теплопередаче стены, доля остекления фасада, геометрия стены, средняя радиационная температура помещения, локальная радиационная температура.

**Keywords:** additional heat losses, resistance of the heat loss of the wall, the façade glazing part, wall geometry, average radiant temperature of the room, local radiant temperature.

Теплопотери помещения за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции являются основной частью нагрузки на систему отопления. Правила расчета теплопотерь помещения разработаны в те времена, когда сопротивления теплопередаче наружных ограждений были значительно меньше, чем требуется по современным нормам СП 50.13330.2012. Дополнительные теплопотери на наличие в помещении более одной наружной стены до 1975 г. ни в нормативной, ни в учебной литературе не рассматривались. В СНиП 2.04.05–86 в обязательном приложении появилось требование введения добавки в размере 5% к теплопотерям всех вертикальных наружных ограждений в таком случае. В учебной литературе, начиная, по крайней мере, с 1979 г., такими уважаемыми авторами, как В.Н. Богословский, В.П. Щеглов, Н.Н. Разумов [1], А.Н. Сканави [2], добавка на угол вводилась для учета понижения радиационной температуры помещения. В [3] добавка в размере 5% на каждое вертикальное ограждение при наличии двух и более наружных стен в помещении вводится без указания причин. Однако то, что добавка распространяется не только на стены углового помещения, но и на окна и двери, расположенные в этих стенах, свидетельствует о том, что причина кроется не только в учете геометрии стены. В то же время уже в 1-м издании [4] изучалось влияние неоднородности, формируемой углом наружной стены. Начиная со СНиП 41-01–2003, методика расчета теплопотерь помещения не нормировалась, хотя расчету теплопотерь в России и за рубежом [5... 8] придается большое значение.

В СП 230.1325800.2015 для угла рассматриваются удельные потери теплоты как через чисто геометрический элемент, то есть учитывается влияние на удельные потери теплоты только искажения геометрии стены в зоне угла. Применение СП 230.1325800.2015 в расчетах теплопотерь отдельных помещений [9], [10] показало, что добавка к теплопотерям на искажение геометрии стены в зоне угла, отнесенная к площади наружных стен одного помещения, может достигать до гораздо большей

величины, чем 10%. Но относится эта добавка только к стенам, образующим угол, на окна и наружные двери она не распространяется. Величина этой добавки в виде доли от теплопотерь гладких ограждающих конструкций, примыкающих друг к другу, в СП 230.1325800.2015 дифференцирована в зависимости только от конструкции ограждений. Чем больше размеры помещения, тем на большую площадь добавка распределяется.

Приблизительно диапазон значений добавки по отношению к площади всех вертикальных наружных ограждающих конструкций можно оценить по примеру расчета для помещения 3×3 м высотой 3,3 м с окном в одной наружной стене. В зависимости от конструкции стены при площади окна, составляющей 18% от фасада, добавка примет значения от 2,9 до 12,7%, а при площади окон 80% от фасада в двух наружных стенах эта добавка составит от 13 до 21,4% от основных теплопотерь через стены. Если пересчитать добавки к теплопотерям через все вертикальные ограждающие конструкции (стены и окна), то при нормативных для общественных помещений по табл. 3 СП 50.13330.2012 сопротивлениях теплопередаче стен и окон в Москве они примут значения соответственно от 1,95 до 8,5% при площади окна в одной стене 18% от фасада и от 0,56 до 2,8% при 80% от фасада. Таким образом, вопрос об учете именно геометрической составляющей добавки с выходом СП 230.1325800.2015 решен, и она рассчитывается в зависимости от конструкции стены и ее площади.

Целью предлагаемой работы являлось выяснение по данным количественной оценки необходимости введения добавки к теплопотерям для учета энергозатрат, требующихся для поддержания заданной результирующей температуры помещения при наличии в нем двух и более наружных ограждающих конструкций и окон или витражей различной площади. Определялись теплопотери помещений одинаковой конфигурации, но с разным числом наружных ограждающих конструкций. В помещении с несколькими наружными ограждениями формируется пониженная радиационная

температура, и, следовательно, для поддержания заданной результирующей температуры необходима более высокая температура воздуха. В то же время ясно, что чем ниже радиационная температура помещения, тем ниже теплопотери.

Была использована программа расчета стационарного теплового режима помещения на РС [11], [12]. Расчет заключается в решении системы уравнений тепловых балансов внутренних поверхностей всех ограждений помещения при известных геометрических размерах помещения, сопротивлениях теплопередаче наружных и внутренних ограждений, температуре наружного воздуха. Считается, что все соседние помещения имеют такую же температурную обстановку, как и в рассматриваемом помещении. Неизвестными являются значения температуры каждой поверхности, обращенной в помещение, и одинаковая по объему помещения температура воздуха. Радиационная температура помещения  $t_r$  считалась, как средневзвешенная по площадям поверхностей, обращенных в помещение в соответствии с ГОСТом 30494–2011. Во всех вариантах расчета поддерживалась результирующая температура помещения, равная 20°C (с точностью до 0,001°C).

Сравнивались теплопотери в угловом и рядовом помещении с одинаковыми площадями наружных стен и окон (фактор изменения геометрии стены при этом никак не учитывался). Угловые помещения приняты в трех размерах: вариант 1: 3×3 м, вариант 2: 6×3 м, вариант 3: 6×6 м. При этом рядовые помещения имели наружную стену длиной, равной длине двух наружных стен, составляющих угол в угловых. Глубина рядового помещения рассматривалась тоже в двух вариантах. В варианте а) она сохранялась, и размеры рядовых помещений составляли: 6×3 м, 9×3 м, 12×6. В варианте б) глубина помещений принималась такой, чтобы соотношение ширины и глубины помещения оставалось одинаковым с угловым помещением, таким образом, размеры помещения составляли: 6×6 м, 9×4,5 м, 12×12 м. Высота всех помещений в чистоте принята 3,0 м.

Окна угловых помещений располагались в одной наружной стене. Сопротивление теплопередаче стен и окон (так как рассматривались только помещения промежуточных этажей) принималось в трех вариантах: 1: базовые требования к теплозащите – по табл. 3 СП 50.13330.2012 [1] "Тепловая защита зданий"; 2: минимально нормируемые – с уменьшенным сопротивлением теплопередаче стен по отношению к варианту 1 путем введения коэффициентов 0,63 для стен и 0,95 для окон; 3: санитарно-гигиенические требования для стен и окон. При этом следует отметить, что сопротивление теплопередаче окон в варианте 3 принималось равным требуемому по варианту 1.

Расчеты стационарного теплового режима помещений осуществлялись для жилых помещений в двух городах: Краснодаре и Томске (расчетная температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 соответственно равна -14 и -39°C). Сопротивления теплопередаче стен для Краснодара соответственно номерам вариантов утепления равны: 2,28, 1,44, 0,98 м<sup>2</sup>°C/Вт; для Тюмени: 3,68, 2,32, 1,695 м<sup>2</sup>°C/Вт. Сопротивления теплопередаче окон для Краснодара соответственно номерам вариантов равны: 0,34, 0,32, 0,34 м<sup>2</sup>°C/Вт; для Тюмени: 0,63, 0,59, 0,63 м<sup>2</sup>°C/Вт.

Основные результаты расчета приведены в табл. 1. Сравнение теплопотерь для угловых и рядовых помещений с одинаковыми по площади поверхности наружных ограждающих конструкций и сопротивлениями теплопередаче показывает, что при остеклении фасада 18% они практически равны друг другу, а при остеклении 80% теплопотери угловых помещений больше на величину, не превышающую 1,2% вне зависимости от варианта утепления стен. Таким образом, если говорить о поддержании одинаковых средних по помещению значениях результирующей температуры в угловых и рядовых помещениях, то никаких добавок к теплопотерям за счет снижения радиационной температуры помещения практически не требуется.

Город	Вариант размера помещения	Доля остекления фасада, %	Размеры помещения, м×м	Вариант теплозащиты помещения	Теплопотери помещения, Вт	Значения температуры в помещении, °С				
						воздуха	радиационной	внутренней поверхности наружной стены 1	внутренней поверхности наружной стены 2	внутренней поверхности окна
Краснодар	1	18	3×3	1	399,0	21,46	18,54	17,79	17,61	8,13
	1а)		6×3		399,8	20,98	19,02	17,86		8,05
	1б)		6×6		398,1	20,67	19,33	17,79		7,89
	2		6×3		665,2	21,45	18,55	17,86	17,45	8,04
	2а)		9×3		667,0	21,12	18,88	17,87		8,03
	2б)		9×4,5		665,0	20,91	19,09	17,83		7,93
	3		6×6		793,4	21,16	18,84	17,75	17,55	7,86
	3а)		12×6		795,5	20,75	19,25	17,79		7,84
	3б)		12×12		792,9	20,49	19,51	17,72		7,73
	1	80	3×3	1	877,9	22,62	17,38	18,10	17,41	8,50
	1а)		6×3		872,5	21,74	18,26	18,06		8,25
	1б)		6×6		864,9	21,18	18,82	17,92		8,03
	2		6×3		1624,7	22,84	17,16	18,25	17,29	8,53
	2а)		9×3		1615,7	22,16	17,84	18,17		8,34
	2б)		9×4,5		1604,8	21,76	18,24	18,07		8,18
	3		6×6		1734,9	22,06	17,94	18,20	17,58	8,21
	3а)		12×6		1725,5	21,31	18,68	17,94		8,00
	3б)		12×12		1712,7	20,85	19,15	17,81		7,82
	1	80	3×3	2	1017,4	22,95	17,05	17,04	17,44	7,86
	1а)		6×3		1013,1	21,96	18,04	17,03		7,63
	1б)		6×6		1003,3	21,33	18,67	16,84		7,36
	1	80	3×3	3	1087,5	23,12	16,88	15,68	15,26	8,53
	1а)		6×3		1086,9	22,09	17,91	15,72		8,36
	1б)		6×6		1076,2	21,42	18,58	15,51		8,11
Тюмень	1	18	3×3	1	409,9	21,50	18,50	17,62	17,46	8,74
	1а)		6×3		410,4	21,01	18,99	17,70		8,66
	1б)		6×6		409,5	20,69	19,31	17,63		8,47
	1	80	3×3	1	844,6	22,56	17,44	17,91	17,27	9,15
	1а)		6×3		842,4	21,70	18,30	17,89		8,88
	1б)		6×6		838,4	21,16	18,84	17,76		8,63

Однако радиационная температура по площади и объему помещения неодинакова. Следует проверить: а не имели ли в виду ведущие ученые требование поддержания равных с рядовыми помещениями локальных значений результирующей температуры во всем обслуживаемом объеме помещения. Для такой проверки были выполнены расчеты радиационной температуры (температура воздуха считалась одинаковой по всему объему помещения) в местах, указанных ГОСТом 30494–2011 для измерения: "...в центре плоскостей, отстоящих от внутренней поверхности наружной стены и отопительного прибора на 0,5 м..." на высоте 0,6, 1,1 и 1,7 м от поверхности пола. Наиболее критичным является высота 1,1 м, так как на

этой высоте в большей степени сказывается влияние окон. Расчеты были выполнены для помещений 3×3 м с окном в одной наружной стене. Контрольной считалась точка посередине ширины наружной стены без окна в угловом помещении и соответствующей внутренней стены в рядовом. В эту точку был виртуально помещен шаровой термометр диаметром 150 мм (в соответствии с требованием ГОСТа 30494–2011).

Расчеты показали, что для сохранения одинаковой радиационной температуры в указанной точке в рядовом и угловом помещениях с сопротивлениями теплопередаче ограждающих конструкций, отвечающими современным нормам, результирующая температура углового помещения должна

быть увеличена до 20,5°C при окне с площадью 18% от фасада, что составляет 1,4% от теплопотерь вертикальных ограждений, и до 20,7°C при окне с площадью 80% от фасада, что составляет 2,2% от теплопотерь вертикальных ограждений. Если же сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций приняты по санитарно-гигиеническим условиям, то при окнах с площадью 80% от фасада требуемая результирующая температура должна быть 21°C, а добавка составит 3,2% от теплопотерь вертикальных ограждений.

## ВЫВОДЫ

Добавка к теплопотерям помещений, имеющих более одной наружной стены, должна учитывать не только геометрическую составляющую угла, образованного наружными стенами, но и необходимость поддержания в помещении с двумя и более наружными стенами повышенной результирующей температуры. У помещений с сопротивлением теплопередаче ограждений, отвечающим современным нормам, величина добавки может быть выше 2%, а при утеплении здания по санитарно-гигиеническим условиям – не менее 3% от теплопотерь всех вертикальных ограждений помещения с числом наружных стен более одной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980.
2. Сканави А.Н. Конструирование и расчет систем водяного и воздушного отопления зданий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1983.
3. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). – М.: Высшая школа, 1970.
5. Viholo Ja., Sorri Ja., Heljo Ju., Kero P. Heat Loss Rate of the Finnish Building Stock // *Procedia Economics and Finance*. – Vol. 21, 2015. P. 601...608.
6. Gerson H.S., Mendes N., Philippi P.C. A building corner model for hygrothermal performance and mould growth risk analyses // *International Journal of Heat and Mass Transfe*. – Vol. 52, № 21–22, 2009. P.4862...4872.

7. Tang D., Saluja G.S. Analytic analysis of heat loss from corners of buildings // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – Vol. 41, № 4, 1998. P.681...689.

8. Dilmac S., Guner A., Senkal F., Kartal S. Simple method for calculation of heat loss through floor/beam-wall intersections according to ISO 9164 // *Energy Conversion and Management*. – Vol. 48, № 3, 2007. P. 826...835.

9. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. №2(978). С. 57...61.

10. Неклюдов А.Ю. Расчет характеристик энергопотребления здания при определении трансмиссионных тепловых потерь // *Жилищное строительство*. – 2016. № 7. С. 11...14.

11. Малявина Е.Г., Барсукова М.М. Разработка методики расчета локальной асимметрии радиационной температуры // *Научное обозрение*. – 2015, №8. С.38...41.

12. Малявина Е.Г., Барсукова М.М. Сравнение расчетных показателей локальной асимметрии радиационной температуры в помещениях // *Научное обозрение*. – 2015, №16. С.84...89.

## REFERENCES

1. Bogoslovskij V.N., Shheglov V.P., Razumov N.N. Otoplenie i ventiljacija. – 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Strojizdat, 1980.
2. Skanavi A.N. Konstruirovanie i raschet sistem vodjanogo i vozdušnogo otoplenija zdaniij. – 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Strojizdat, 1983.
3. Skanavi A.N., Mahov L.M. Otoplenie. – М.: Izd-vo ASV, 2002.
4. Bogoslovskij V.N. Stroitel'naja teplofizika (teplofizicheskie osnovy otoplenija, ventiljacji i kondicionirovanija vozduha). – М.: Vysshaja shkola, 1970.
5. Viholo Ja., Sorri Ja., Heljo Ju., Kero P. Heat Loss Rate of the Finnish Building Stock // *Procedia Economics and Finance*. – Vol. 21, 2015. P. 601...608.
6. Gerson H.S., Mendes N., Philippi P.C. A building corner model for hygrothermal performance and mould growth risk analyses // *International Journal of Heat and Mass Transfe*. – Vol. 52, № 21–22, 2009. P.4862...4872.
7. Tang D., Saluja G.S. Analytic analysis of heat loss from corners of buildings // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – Vol. 41, № 4, 1998. P.681...689.
8. Dilmac S., Guner A., Senkal F., Kartal S. Simple method for calculation of heat loss through floor/beam-wall intersections according to ISO 9164 // *Energy Conversion and Management*. – Vol. 48, № 3, 2007. P. 826...835.
9. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Nekljudov A.Ju. Uchet teploprovodnyh vkljuchenij pri opredelenii teplovoj nagruzki na sistemu otoplenija zdaniija // BST: Bjul'eten' stroitel'noj tehnik. – 2016. №2(978). S.57...61.

10. Nekljudov A.Ju. Raschet karakteristik jener-gopotreblenija zdanija pri opredelenii transmissionnyh teplovyh poter' // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2016. № 7. S. 11...14.

11. Maljavina E.G., Barsukova M.M. Razrabotka metodiki rascheta lokal'noj asimmetrii radiacionnoj temperatury // Nauchnoe obozrenie. – 2015, №8. S.38...41.

12. Maljavina E.G., Barsukova M.M. Sravnenie raschetnyh pokazatelej lokal'noj asimmetrii radiacionnoj temperatury v pomeshhenijah // Nauchnoe obozrenie. – 2015, №16. S.84...89.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 05.04.17.

УДК 624.042.8:69.025

## СНИЖЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРЕКРЫТИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ

## THE REDUCTION OF DYNAMIC IMPULSE LOADS ON SLABS USING TUNED MASS DAMPERS

*В.А. СМИРНОВ*

*V.A. SMIRNOV*

(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: belohvost@list.ru

*Работа посвящена задаче проектирования и оптимизации параметров динамических гасителей колебаний, предназначенных для снижения импульсных нагрузок на перекрытия промышленных зданий. Рассматривается расчетная схема части сооружения, построенная в программном комплексе Femap. Оптимизация динамического гасителя осуществляется на основе решения задачи частотного отклика конструкции на импульсное динамическое возмущение.*

*The paper solves the problem of design and optimization of tuned mass damper (TMD) used to reduce dynamic impulse loading on the floors of industrial buildings. The design scheme of this building is used made in PLM Femap software package. The parameter optimization of TMD is solved using frequency response analysis of the structure subjected to wideband impulse dynamic loading.*

**Ключевые слова:** динамический гаситель колебаний, импульсная нагрузка, МКЭ.

**Keywords:** tuned mass damper, impulse load, FEM.

Зачастую в помещениях производств легкой и тяжелой промышленности присутствует оборудование ударного принципа действия, к которому относят: гильотины для нарезки металлических заготовок, штамповочные молоты, оборудование для

нарезки печатной продукции, прессовальное оборудование, оборудование для передачи оттисков и штампов и др. При работе такого оборудования возникают значительные импульсные динамические силы, которые передаются на несущие конструкции



здания и приводят к их существенным прогибам, повышению уровней структурного шума в соседних помещениях и даже возможному разрушению.

В статье изучается вопрос оптимизации параметров и настройки одномассового динамического гасителя колебаний для снижения уровней вибрации и структурного шума в помещениях, расположенных под цехом, от работы прессовального оборудования, установленного на перекрытии. Общий импульс пресса составляет 0,73 кН·с. Пресс жестко установлен на перекрытии второго этажа. Многоэтажное здание имеет каркасно-связевую структуру, с железобетонными монолитными перекрытиями по профилированному настилу общей толщиной 250 мм, опирающимся на сетку металлических двуглавых колонн 9000×9000 мм. Фрагмент расчетной схемы исследуемого сооружения представлен на рис. 1.



Рис. 1

Теория расчета динамических гасителей колебаний детально изложена в работах [1], [2], при этом в работе [3] рассматривается численный пример расчета динамического гасителя колебаний для снижения вибрации от работы ткацкого станка. Подбор параметров динамических гасителей колебаний для снижения уровней вибрации перекрытий от импульсной нагрузки осуществляется по нескольким их первым формам свободных колебаний. При этом число форм, необходимое для расчета, определяется целями задачи. Так, для расчета уровней шума необходимо выбирать те формы колебаний, которые попадают в нормируемый частотный диапазон по [4]. Для рас-

чета динамических нагрузок на несущие конструкции здания выбираются наиболее насыщенные (по энергии) формы колебаний. При этом оптимизация параметров гасителя и определение скоростей колебаний перекрытий и стен проводится с помощью метода импульсных переходных функций, описанного в [2]. Расчетная схема плиты перекрытия с установленным на ней динамическим гасителем колебаний представлена на рис. 2.

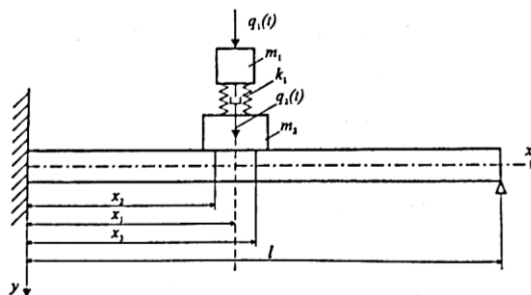


Рис. 2

Амплитуды колебаний массы  $m_1$  и  $m_2$  имеют вид:

$$y_1 = Sk_{u1m}, \quad y_2 = Sk_{u2m}, \quad (1)$$

где  $S$  – величина импульса, кН·с; а импульсные переходные функции определяются формулами:

$$k_{u2}(t) = \frac{p_{np}^2 X_1^2}{m_1 (p_{c2}^2 - p_{c1}^2)} \sum_{s=1}^2 (-1)^{s+1} \frac{1}{p_{cs}^*} e^{-\frac{\gamma_s}{2} p_{cs} t} \sin p_{cs}^* t, \quad (2)$$

$$k_{u1}(t) = \frac{1}{m_1 (p_{c2}^2 - p_{c1}^2)} \sum_{s=1}^2 (-1)^{s+1} \frac{F_{os}}{p_{cs}^*} e^{-\frac{\gamma_s}{2} p_{cs} t} \sin p_{cs}^* t. \quad (3)$$

В рассматриваемом случае проведем настройку гасителя на три первых частоты свободных колебаний перекрытия, а затем оценим уровень колебаний плиты перекрытия, вызванный импульсным приложением нагрузки. Настройка динамического гасителя осуществляется выбором его жесткости  $k$  и массы  $m$  таким образом, чтобы его парциальная частота совпадала с частотой той формы колебаний, которую он снижает. При

этом, как показала практика [1..3], масса гасителя должна составлять в среднем 5...10% от массы защищаемого объекта.

Частоты и формы собственных колебаний конструкции определяются по результатам модального анализа, выполненного в

ПК PLM Femap. На рис. 3 (частоты и формы колебаний перекрытия рассматриваемого фрагмента здания: а) – 7,66 Гц; б) – 14,32 Гц; в) – 19,02 Гц; г) – 30,08 Гц) представлены основные низшие формы колебаний перекрытий.

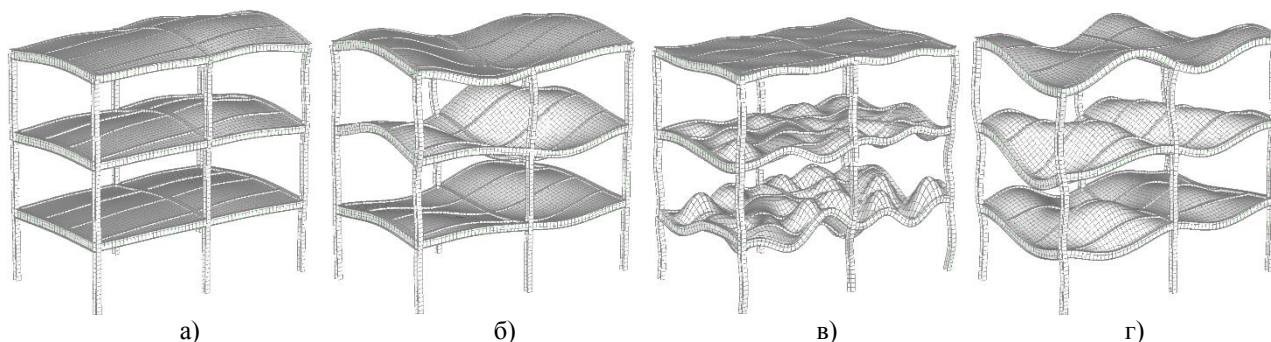


Рис. 3

Расположение динамического гасителя, настроенного на ту или иную форму колебаний перекрытия, назначается исходя из координат пучностей рассматриваемой формы колебаний [4]. При этом для повышения эффективности динамического гасителя в него было введено вязкое демпфирование, параметры которого подбирались итерационно для максимального снижения резонансного пика. Поскольку точка при-

ложения нагрузки расположена не по центру перекрытия, а вблизи колонны, оценим наиболее насыщенные (по энергии) формы колебаний при возбуждении конструкции в точке приложения силы. Для этого на рис. 4 представлены результаты расчета частотного отклика конструкции на единичное силовое воздействие, приложенное в точке приложения нагрузки от прессы в диапазоне частот 0...300 Гц (зеленой линией).

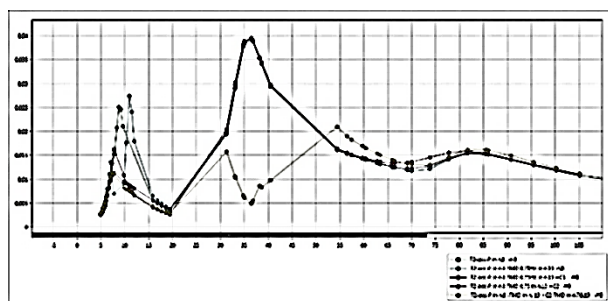


Рис. 4

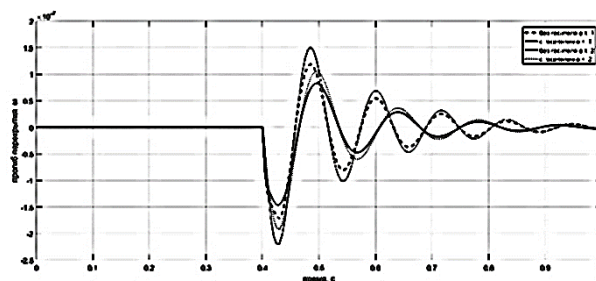


Рис. 5

После настройки динамического гасителя по первым трем формам колебаний спектр отклика сооружения будет иметь вид, представленный на рис. 4 желтой линией. Для сравнения эффективности динамического гасителя на рис. 4 приведен спектр колебаний исходной системы зеленым цветом. Оценка эффективности применения системы динамических гасителей колебаний, настроенных на первые три частоты собственных колебаний, осуществ-

лялась по результатам нестационарного динамического расчета колебаний конструкции на импульсное воздействие. Результаты расчета представлены на рис. 5 в виде осциллограмм затухающих колебаний плиты перекрытия в точке приложения импульсной нагрузки – т. 2 и в середине ее пролета – т. 1.

## ВЫВОДЫ

Анализ результатов расчетов показывает существенное снижение амплитуд динамических прогибов конструкции при настройке динамических гасителей колебаний по первым трем формам. Представленная методика позволяет дополнительно оптимизировать массово-инерционные характеристики гасителей под конструктивные схемы здания сложной формы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев Б.Г., Резников Л.М. Динамические гасители колебаний: теория и технические приложения. – М.: Наука, 1988.
2. Чернов Ю.Т. Вибрации строительных конструкций. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006.
3. Смирнов В.А. Особенности проектирования динамических гасителей для станков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №4. С. 173...176.
4. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

5. Смирнов В.А. Расчет и моделирование демпфирующих устройств прецизионного испытательного стенда // Строительство и реконструкция. – 2016, №3 (65). С. 61...70.

#### REFERENCES

1. Korenev B.G., Reznikov L.M. Dinamicheskie gasiteli kolebanij: teorija i tehnicheckie prilozhenija. – M.: Nauka, 1988.
2. Chernov Ju.T. Vibracii stroitel'nyh konstrukcij. – M.: Izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2006.
3. Smirnov V.A. Osobennosti proektirovanija dinamicheskikh gasitelej dlja stankov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №4. S.173...176.
4. SN 2.2.4/2.1.8.562–96. Shum na rabochih mestah, v pomeshhenijah zhilyh, obshhestvennyh zdaniy i na territorii zhiloy zastroyki.
5. Smirnov V.A. Raschet i modelirovanie dempfi-rujushhih ustrojstv precizionnogo ispytatel'nogo stenda // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2016, №3 (65). S.61...70.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 05.04.17.

УДК 624.012.45

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ, ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

## SAFETY ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE PLATES, SUPPORTED ALONG THE CONTOUR UNDER ANTHROPOGENIC INFLUENCES

Д.С. ВАЛУС  
D.S. VANUS

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)  
E-mail: dahiws@gmail.com

*При техногенных чрезвычайных ситуациях возникают особые динамические нагрузки большой интенсивности, часто приводящие к недопустимым деформациям конструкций и даже к их обрушению.*

*Рассмотрен метод динамического расчета железобетонных плит, опертых по контуру, при действии особых нагрузок. А также принят вероятностный метод расчета железобетонных плит. Нагрузки приняты равномерно распределенными по площади.*

*В настоящей работе предложены зависимости в упругой стадии, учтена только упругая (условная) стадия при работе арматуры в упругой стадии и с возможными трещинами в различных местах плиты.*

*State of the matter: In the case of man-made emergencies, special dynamic loads of high intensity arise, often leading to unacceptable deformations of structures and even to their collapse.*

*The method of dynamic calculation of reinforced concrete slabs supported by a contour under the action of special loads is considered. A probabilistic method for calculating reinforced concrete slabs has also been adopted. Loads are uniformly distributed over the area.*

*In this paper, the dependencies are proposed in the elastic stage, only the elastic (conditional) stage is considered when the armature works in the elastic stage and with possible cracks in various places of the plate.*

**Ключевые слова:** оценка безопасности железобетонных плит, метод динамического расчета железобетонных плит, опертых по контуру, действие особых нагрузок.

**Keywords:** safety evaluation of reinforced concrete slabs, method of dynamic calculation of reinforced concrete slabs supported on the contour, action of special loads.

При техногенных чрезвычайных ситуациях (взрывы различных веществ, ударные силы) возникают особые динамические нагрузки большой интенсивности, часто приводящие к недопустимым деформациям конструкций и даже к их обрушению [1].

Все основные параметры конструкций (нагрузки, усилия и деформации) являются случайными величинами или функциями. Поэтому применяем вероятностный метод расчета железобетонных плит. Аналогичный метод расчета балочных конструкций изложен в работе [2], в которой использовано аварийное предельное состояние, обеспечивающее отдельные конструкции от обрушения. Для нормирования аварийного предельного состояния для балочных элементов применим коэффициент пластичности.

Рассматривается прямоугольная железобетонная плита со сторонами  $l_1$  и  $l_2$ , причем  $l_2 \geq l_1$   $l_1 \leq l_2 \leq 2l_1$ , когда плита работает на изгиб в двух направлениях. Закрепление плиты по контуру возможно шарнирное, жесткое и податливое.

Нагрузки приняты равномерно распределенными по площади и состоящими из статической  $q_{st}$  и динамической: конечной длительности в течение  $\Theta$   $p(t) = pf(t)$ ,  $1 \geq f(t) \geq 0$  или в виде мгновенного импульса

интенсивностью  $i$  ( $f(t)=0$ ). При выводе расчетных зависимостей будет использоваться динамическая нагрузка постоянной во времени интенсивностью  $p$  ( $f(t) \equiv 1$ ).

Рассматриваются плиты с обычной арматурой из сеток с продольной и поперечной арматурой диаметром  $d=5 \dots 12$  мм с шагом  $150 \dots 250$  мм. Площади рабочей арматуры на 1 м ширины плиты обозначены:  $A_{sx}$  – в направлении оси  $OX$  (пролета  $l_1$ ),  $A_{sy}$  – в направлении от  $OY$  (пролета  $l_2$ ).

Как показывают эксперименты, в процессе деформирования в плите возможны различные стадии в зависимости от мест образования трещин: над опорами, в средней зоне. Динамический расчет плит с учетом влияния этих стадий, включая пластическую, рассмотрены в [3], [4].

Плита деформируется в обоих направлениях, как объединенные участки без трещин и с трещинами, изгибающий момент и крутящий момент определяются по формулам:

$$\begin{aligned} M_x &= -\beta_x \frac{\partial_n^2}{\partial x^2}, \\ M_y &= -\beta_x \frac{\partial_n^2}{\partial y^2}, \\ M_x &= -\beta_x \frac{\partial_n^2}{\partial x \partial y}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\beta_x$  и  $\beta_y$  – изгибные жесткости на ширине 1 м;  $\beta_{xy}$  – жесткость на кручение в стойке с трещинами принимается равной  $\beta_{xy} = 0,2(\beta_x + \beta_y)$ . Используя условие равновесия плиты в стадии с трещинами, получаем соотношение, представляющее реакцию внутренних сил:

$$L(\omega) = \beta_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2\beta_{xy} \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4}. \quad (2)$$

Для статического и динамического прогиба справедливы уравнения [9], [10]:

$$L(\omega_{st}) = q_{st}, \quad (3)$$

$$L(\omega_{st}) + m \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = p f(t). \quad (4)$$

При действии множественных импульсов  $p=0$ , значение импульсов входит в начальное условие.

Статический прогиб от единичной нагрузки принять равным:

$$\omega_{st} = z F_1(x) F_2(y), \quad (5)$$

где  $F_1(x)$ ,  $F_2(y)$  – формы балочных прогибов: определяются из уравнений  $F_1^{IV} = 1$ ,  $F_2^{IV} = 1$  в направлениях ОХ и ОУ. Граничные условия (при  $x=0$  и  $x=l_1$ ,  $y=0$  и  $y=l_2$ ) соответствуют условиям закрепления сторон плиты. Параметр  $Z_0$  находится из выражения (3):

$$L(\omega) = (\beta_x F_1 + \beta_{xy} F_1^{IV} F_2^{IV} + \beta_y F_2) Z_0 = 1. \quad (6)$$

Применение метода Бубнова-Галорхина приводит к соотношению:

$$Z_0 = \frac{1}{\beta_1}, \beta_1 = \beta_x \frac{1}{s_2^2} + \frac{\beta_{xy}}{s_{11} s_{22}} + \beta_y \frac{1}{s_1^2}, \quad (7)$$

где

$$S_1^2 = \frac{\int F_1 \partial x}{\int F_1^2 \partial x} = \frac{\lambda_1^4}{l_1^4}; \quad S_2^2 = \frac{\lambda_2^4}{l_2^4};$$

$$S_{11} = \frac{\int F_1^{IV} F_1 \partial x}{\int F_1 \partial x}; \quad S_{22} = \frac{\int F_2^{IV} F_2 \partial y}{\int F_2 \partial y},$$

коэффициенты  $\lambda_1^2$  и  $\lambda_2^2$  равны частотным коэффициентам балок: при закреплении концов шарнирном защемленным податливым:

$$X_1^2 = \pi^2; \quad 22,42; \quad 15,4 \quad (\lambda_1 = \pi, 4,72; 3,92).$$

Величины  $\lambda_{11}$ ,  $\lambda_{22}$  принимают значения близкие к  $\lambda_1^2$ ,  $\lambda_2^2$ .

Для функции прогиба при одинаковых податливых закреплениях справедливы выражения:

$$F_1(x) = \frac{1}{12} \left( \frac{x^4}{2} - l x^3 + \frac{l^2 x^2}{2} Y_1 + \frac{l^3 x}{2} Y_2 \right), \quad (8)$$

где  $\gamma_1 = \frac{Kx}{2+Kx}$ ,  $\gamma_2 = \frac{2}{2+Kx}$ ,  $K = \frac{kl}{\beta_x}$ ;

$K$  – коэффициент жесткости опорных закреплений.

При шарнирных опорах  $K=0$ ,  $\gamma_1=0$ ,  $\gamma_2=1$ ; при жестких опорах  $K=\infty$ ,  $\gamma_1=1$ ,  $\gamma_2=0$ ; при податливых опорах частного вида, когда  $K=0$ ,  $\gamma_1 = \frac{3}{4}$ ,  $\gamma_2 = \frac{1}{4}$ .

При одной шарнирной и другой жесткой опорах:

$$F_1(x) = \frac{1}{12} \left( \frac{x^4}{2} - \frac{5}{4} l x^3 + \frac{3}{4} l^2 x^2 \right). \quad (9)$$

Для функции  $F_2(y)$  справедливы аналогичные выражения, с измененными параметрами.

При приближенных решениях уравнения (4) динамический прогиб представлен в виде:

$$\omega_1(x,y,t) = p z_0 F_1(x) F_2(y) T_1(t) = \omega_{st}(x,y) p T_1(t), \quad (10)$$

где  $T_1(t)$  – функция динамичности для упругой стадии. Учитывая, что  $L_1(\omega_{st})=1$ , имеем  $L_1(\omega_1) = p T_1(t)$  и уравнение (4) представляем в виде:

$$pT_1(t) + pz_0 m F_1(x) F_2(y) \ddot{T}_1(t) = pf(t). \quad (11)$$

После применения метода Бубнова-Галеркина [6...8] и преобразований получаем:

$$T_1 + \omega^2 \ddot{T}_1 = \omega^2 f(t), \quad (12)$$

$$\beta = \left( \beta_x \frac{\ell_2^4}{\lambda_2^4} + \frac{2\beta_{xy} \ell_1^2 \ell_2^2}{\lambda_{11}^2 \lambda_{22}^2} + \beta_y \frac{\ell_1^4}{\lambda_1^4} \right) \frac{\lambda_1^4 \lambda_2^4}{\ell_1^4 \ell_2^4} = \beta_x \frac{\lambda_1^4}{\ell_1^4} + \frac{2\beta_{xy} \lambda_1^4 \lambda_2^4}{\lambda_{11}^2 \lambda_{22}^2 \ell_1^2 \ell_2^2} + \beta_y \frac{\lambda_2^4}{\ell_2^2}. \quad (14)$$

Для оценки точности принятого метода расчета плиты, основанного на представленных прогибах в виде (5), проведено сравнение прогибов упругой плиты, определенной по формулам (5) и (7), с полученными вычислениями (методом конечных элементов), представленными в виде  $\omega = \alpha \frac{q \ell_1^4}{D}$ , где коэффициент  $\alpha$  зависит от схемы опирания сторон, а также отношением  $X = \frac{\ell_1}{\ell_2}$  и его значением, которые приведены в [5].

Максимальный прогиб плиты определяли по формуле (5) в сечении  $X_0 = \frac{\ell_1}{2}$ ,  $y_0 = \frac{\ell_2}{2}$ , где  $F_1(x_0) = \frac{\ell_1^4}{\sigma_1}$ ,  $F_1(y_0) = \frac{\ell_2^4}{\sigma_2}$ ; в упругой стадии без трещин будет:

$$\beta_x = \beta_y = \beta_{xy} = D \text{ и } \beta_1 = D \left( \frac{\ell_1^4}{\lambda_1^4} + \frac{2\ell_1^2 \ell_2^2}{\lambda_{11}^2 \lambda_{22}^2} + \frac{\ell_2^4}{\lambda_2^4} \right).$$

Обозначив

$$\beta_2 = \frac{\beta_1}{\lambda_2^4} = \frac{1}{\lambda_2^4} + \frac{2x_2^3}{\lambda_{11} \lambda_{22}} + \frac{x^4}{\lambda_1^4},$$

$$T_1(t) = T_1(0) \cos \omega t + \frac{\dot{T}_1(0)}{\omega} \sin \omega t + \omega \int_0^t f(\tau) \cos \omega(t-\tau) \tau. \quad (16)$$

При этом:

где  $\omega^2 = \frac{1}{mz_0} S_1^2 S_2^2$  – круговая частота колебаний плиты в стадии с трещинами, которую представим в виде:

$$\omega^2 = \frac{B}{m} = \frac{\beta_1 \gamma_1^2 s_2^2}{m}. \quad (13)$$

Обобщенную жесткость плиты с трещинами найдем с помощью (7):

получим:

$$\omega m(x_0, y_0) = \alpha_p \frac{\ell_1^4}{D}, \quad (15)$$

где  $\alpha_p = \frac{1}{\sigma_1 \sigma_2 \beta_2}$  при расчетах принимается:

для шарнирной опоры плиты  $\lambda_{11} = \lambda_{22} = \pi^2$ ; для защемленной плиты  $\lambda_{11} = \lambda_{22} = 35 = 1,56 \lambda_1^2$ ,  $\lambda_1^2 = 22,4$ . Для плиты с произвольным (смешанным) закреплением сторон при соответствующих  $\lambda_{10}^2$  значение  $\lambda_{11}$  принимается по линейной интерполяции между значениями  $\pi^2$ ,  $\lambda_{10}^2$ , 35.

Проведенные расчеты показали, что отличие в значениях  $\alpha$  не превышает 2%.

Решение уравнения (12) состоит из суммы общего и частного решений:

$$T_1(t) = T_1(0) \cos \omega t + T_1(t) + \frac{\dot{T}_1(0)}{\omega} \sin \omega t + T_1^{(1)}(t).$$

Для частного решения при производной функции  $f(t)$  целесообразно использовать реакцию элемента на единичном импульсе

$$\psi(t) = \frac{\sin \omega t}{\omega}.$$

Тогда:

$$\dot{T}(t) = -\sin\omega t T_1(0) + \dot{T}_1(0)\cos\omega t + \omega^2 \int_0^t f(\tau)\cos\omega(t-\tau)\tau. \quad (17)$$

При нулевых начальных условиях:

$$T_1(t) = \omega \int_0^t f(\tau)\sin\omega(t-\tau)d\tau, \dot{T}(t) = \omega^2 \int_0^t f(\tau)\cos\omega(t-\tau)\tau. \quad (18)$$

Для случая действия постоянной во времени нагрузки ( $f(t) \equiv 1$ ):

$$T_1(t) = \cos\omega t, \dot{T}(t) = \sin\omega t. \quad (19)$$

При действии импульса интенсивностью  $i$  вместо (10) имеем:

$$\omega_1(x, y, t) = \omega_{st}(x, y) T_1(t). \quad (20)$$

Из равенства количества движения плиты мгновенному импульсу получаем:

$$m \frac{d\omega_1}{dt} = m z_0 F_1(x) F_2(y) \dot{T}(0) = i,$$

или

$$m z_0 \int F_1^2 dx \int F_2^2 dy \dot{T}(0) = i \int F_1 \int F_2.$$

$$\frac{q_n \ell_1^2}{12} (3\ell_2 - \ell_1) = (2M_1 + M_I + M_I') \ell_2 + (2M_2 + M_{II} + M_{II}') \ell_1, \quad (23)$$

где  $M_1, M_2$  – предельные пролетные моменты;  $M_I, M_{II}, M_I', M_{II}'$  – предельные опорные моменты.

Время конца упругой стадии находится из уравнений:

- для нагрузки конечной длительности:

$$p T_1(t_1) \omega_{st}(x_0, y_0) + q_{st} \omega_{st}(x_0, y_0) = q_n \omega_{st}(x_0, y_0),$$

отсюда:

$$T_1(t_1) = \frac{q_n - q_{st}}{p} = Y_p, \quad (24)$$

для постоянной во времени нагрузки согласно (19) будет:

$$\cos\omega t_1 = Y_p, \quad (25)$$

- для мгновенного импульса согласно (20) и (22) получим:

Отсюда:

$$\dot{T}(0) = i \omega^2, \quad (21)$$

тогда:

$$T_1(t) = i \omega \sin\omega t, \dot{T}(0) = i \cos\omega t. \quad (22)$$

Более целесообразным является способ, основанный на представлении конца упругой стадии через предельный упругий прогиб, который принимаем равным

$$w_d = q_n \omega_{st}(x_0, y_0),$$

где  $x_0, y_0$  – координаты точки плиты с максимальным прогибом;  $q_n$  – предельная нагрузка, определенная методом предельного равновесия из соотношения

$$\sin\omega t_1 = \frac{q_n - q_{st}}{i \omega} = Y_i. \quad (26)$$

Коэффициенты  $\gamma_{p1}, \gamma_i$  трактуются как коэффициенты динамичности по нагрузке. При известных их значениях находится предельная нагрузка  $q_n$ , по которой производится конструирование элемента [11].

## ВЫВОДЫ

При увеличении прогиба плиты происходит повышение напряжения арматуры и изгибающих моментов; в некоторых сечениях плиты в арматуре возникает предел текучести и соответственно предельные моменты при жестких защемлениях некоторых сторон плиты; возможно возникновение предельных моментов на опорах и ре-

ализации в плите упругопластичной стадии. В общем случае возможны довольно сложные процессы перехода из упругой стадии в пластичную.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Tamrazyan A.* Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns // *Applied Mechanics and Materials.* – V.475-476, 2014. P.1563...1566.

2. *Расторгуев Б.С., Ванус Д.С.* Оценка безопасности железобетонных конструкций при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // *Строительство и реконструкция.* – 2014, №6 (56).

3. *Расторгуев Б.С.* Динамика железобетонных плит при взрывных нагрузках // *Аварии и Катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий.* – Том 6. – М.: Изд-во Ассоциация строительных вузов, 2003. С. 343...365.

4. *Tamrazyan A., Filimonova E.* Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions // *Applied Mechanics and Materials.* – V. 467, 2014. С. 404...409.

5. *Гольшев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П., Харченко А.В., Руденко И.В.* Проектирование железобетонных конструкций. – Киев: Будивельник, 1990.

6. Кодекс-образец ЕКБ/ФИП для норм по железобетонным конструкциям. – Том. II. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984.

7. *Бидерман В.Л.* Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980.

8. *Шпете Г.* Надежность несущих строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1994.

9. *Попов Н.Н., Расторгуев Б.С.* Вопросы расчета и конструирования специальных сооружений. – М.: Стройиздат, 1980.

10. *Попов Н.Н., Расторгуев Б.С., Забегав А.В.* Расчет конструкции на динамические специальные нагрузки. – М.: Высшая школа, 1992.

11. *Тамразян А.Г.* Оценка живучести зданий при комбинированных аварийных воздействиях // *Безопасность жизнедеятельности.* – 2003, №10. С. 394.

#### REFERENCES

1. *Tamrazyan A.* Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns // *Applied Mechanics and Materials.* – V.475-476, 2014. P.1563...1566.

2. *Rastorguev B.S., Vanus D.S.* Ocenka bezopasnosti zhelezobetonnykh konstrukcij pri chrezvychajnykh situacijah tehnogennogo haraktera // *Stroitel'stvo i rekonstrukcija.* – 2014, №6 (56).

3. *Rastorguev B.S.* Dinamika zhelezobetonnykh plit pri vzryvnykh nagruzkah // *Avarii i Katastrofy. Preduprezhdenie i likvidacija posledstviy.* – Tom 6. – М.: Izd-vo Associacija stroitel'nyh vuzov, 2003. S.343...365.

4. *Tamrazyan A., Filimonova E.* Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions // *Applied Mechanics and Materials.* – V. 467, 2014. С. 404...409.

5. *Golyshev A.B., Bachinskij V.Ja., Polishhuk V.P., Harchenko A.V., Rudenko I.V.* Proektirovanie zhelezobetonnykh konstrukcij. – Kiev: Budivel'nik. 1990.

6. Кодекс-образец ЕКБ/ФИП для норм по железобетонным конструкциям. – Том. II. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984.

7. *Biderman V.L.* Teorija mehanicheskikh kolebanij. – М.: Vysshaja shkola, 1980.

8. *Shpete G.* Nadezhnost' nesushhikh stroitel'nykh konstrukcij. – М.: Strojizdat, 1994.

9. *Popov N.N., Rastorguev B.S.* Voprosy rascheta i konstruirovaniya special'nykh sooruzhenij. – М.: Strojizdat, 1980.

10. *Popov N.N., Rastorguev B.S., Zabegaev A.V.* Raschet konstrukcii na dinamicheskie special'nye nagruzki. – М.: Vysshaja shkola, 1992.

11. *Tamrazjan A.G.* Ocenka zhivuchesti zdaniy pri kombinirovannykh avarijnykh vozdeystvijah // *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti.* – 2003, №10. С. 394.

Рекомендована Ученым советом МГСУ. Поступила 18.04.17.



УДК 677.022:19.86

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНОСТИ  
СТАРЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН  
МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИИ**

**RESEARCH OF ROBUSTNESS  
OF AGING OF POLYMER THREADS AND FIBERS  
WITH COMPUTER SIMULATION**

*П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.А. САМОЙЛОВА, В.В. МОНАХОВ*  
*P.A. SEVOSTYANOV, T.A. SAMOYLOVA, V.V. MONAKHOV*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: petrsev46@yandex.ru

*Приведены результаты анализа робастности на компьютерной модели старения полимерных нитей и волокон к распределениям и динамике потока дефектов и их интенсивности.*

*The article presents the results of the analysis of the robustness on a computer model of aging of polymeric threads and fibers to the distribution and flow dynamics of defects and their intensity.*

**Ключевые слова:** полимерная нить, волокно, дефекты, распределения, робастность, числовые характеристики старения.

**Keywords:** polymer thread, fiber, defects, distribution, robustness, numerical characteristics of aging.

Исследования природы износа, старения, деструкции и разрушения полимерных нитей и волокон показали, что механизм этих явлений принципиально отличен от аналогичных процессов в кристаллических и аморфных телах. В основе этого механизма лежит разрушение межмолекулярных связей под действием внешних факторов, таких, например, как радиация, что проявляется в возникновении дефектов, количество которых постепенно увеличива-

ется, а область действия нарастает [1], [2]. Накопление и распространение влияния дефектов на все большую часть нити ведет к изменению ее свойств и потере функциональности. Представляется перспективным использовать компьютерное моделирование как инструмент для теоретического анализа этих процессов [3].

Модель старения полимерной нити или волокна построена на следующих представлениях о механизме этого процесса. Возни-

кающий в нити дефект захватывает некоторую область вокруг центра возникновения. Интенсивности дефектов и размеры области их влияния на свойства нити различны, причем интенсивность влияния тем меньше, чем дальше участок нити от центра дефекта. Обозначим  $n(t)$  число дефектов, возникших в нити к моменту времени  $t$ ;  $D(i)$  – интенсивность,  $c(i)$  – координата и  $tc(i)$  – момент возникновения  $i$ -го дефекта;  $f(x, i, t)$  – распределение интенсивности  $i$ -го дефекта по длине  $L$  нити,  $0 \leq x \leq L$ . Вид этой функции зависит от механизма распространения дефекта по нити. Далее предполагаем, что эти функции одинаковы для всех дефектов и отличаются только параметрами для разных дефектов. Суммарная интенсивность дефектов на момент  $t$  в точке  $x$  нити равна:

$$d(x, t) = \sum_{i=1}^{n(t)} D(i) f(\Delta x, \Delta t),$$

$$\Delta x = x - c(i), \quad (1)$$

$$\Delta t = t - tc(i).$$

Например, если распределение дефекта  $f(x, i, t)$  моделировать распределением Лапласа [4] с зависящей от времени возникновения дефекта характерной длиной области влияния дефекта  $a(i, \Delta t)$ , то формула (1) преобразуется к виду:

$$d(x, t) = 0,5 \sum_{i=1}^{n(t)} \frac{D(i)}{a(i, \Delta t)} \exp\left(-\frac{|\Delta x|}{a(i, \Delta t)}\right). \quad (2)$$

При диффузионном механизме распространения дефекта вдоль нити функция  $f(x, i, t)$  является нормальным распределением с модой в центре дефекта и дисперсией  $S^2(i, t) = \sigma^2(i) \Delta t$ , нарастающей с ростом времени [4]. В этом случае функция  $d(x, t)$  будет равна:

$$d(x, t) = \sum_{i=1}^{n(t)} \frac{D(i)}{\sigma(i) \sqrt{2\pi \Delta t}} \exp\left(-\frac{(\Delta x)^2}{2\sigma^2(i) \Delta t}\right). \quad (3)$$

В тех случаях, когда область влияния дефекта не меняется со временем, параметры  $a(i, \Delta t) = a(i)$  и  $S(i, \Delta t) = S(i)$  не зависят от времени. Для любых распределений  $f(x, i, t)$  область распространения каждого дефекта много меньше длины нити  $L$ . Если в процессе эксплуатации или хранения нить находится в стационарных условиях, то можно принять, что моменты  $t(i)$  возникновения дефектов образуют пуассоновский поток со средним интервалом времени  $\tau S r$  между моментами появления дефектов. Одним из важных преимуществ моделирования является возможность использования условных единиц для параметров и переменных, что делает выводы из результатов моделирования более общими, пригодными для целых классов подобных моделируемых систем и процессов. Далее считаем, что длина нити  $L = 1000$ , центры дефектов  $xc(i)$  с одинаковой вероятностью могут возникать в любой точке длины нити, интервалы  $\tau$  распределены по экспоненциальному закону со средним интервалом времени  $\tau S r = 1$ . Средняя интенсивность дефекта  $Dsr = 1$ , а интенсивности  $D(i)$  – случайные величины, также распределенные по экспоненциальному закону. Значения  $a(i)$  и  $S(i)$  у каждого дефекта – случайные величины, распределенные по треугольному закону распределения в пределах от нуля до максимального значения  $a_{\max} = 2$  и  $s_{\max} = 2$ .

В задачах старения полимерных нитей наибольший интерес представляет время, за которое в результате накопления дефектов их суммарная интенсивность  $d(x, t)$  достигнет в некоторой точке нити предельного уровня  $D_{\max}$ , превышение которого означает непригодность нити для дальнейшей эксплуатации. Первое достижение этой границы функцией  $d(x, t)$  к некоторому моменту  $T$  является случайным событием, а сама задача оценки  $T$  относится к категории задач о выбросах вероятностных процессов и достижении ими границ [4]. Аналитическое решение задачи в рассматриваемом случае возможно лишь в простейших частных случаях. Поэтому даль-

нейший анализ выполнен численными методами с применением метода Монте-Карло. Ниже приведен алгоритм оценки T.

1. Задание начальных значений  $i = 0$ ;  $t = 0$ ;  $d(x, t) = 0$ ,  $0 \leq x \leq L$ .

2. Моделирование появления нового дефекта:  $i = i + 1$ . Генерация атрибутов i-го дефекта:  $\tau(i)$ ;  $D(i)$ ;  $c(i)$ ;  $a(i)$  или  $S(i)$ .

3. Переход к моменту времени появления нового дефекта:  $t = t + \tau(i)$ .

4. Вычисление суммы (2) или (3) с учетом i-го дефекта.

5. Поиск  $dMax = \max\{d(x, t)\}$ .

6. Если  $dMax \leq Dmax$ , то возврат к п.2.

7.  $T = t$ . Вывод или сохранение значений T,  $n = i$ ;  $dMax$ ,  $d(x, T)$ .

Поскольку значения  $\tau(n)$ ,  $D(n)$  и  $c(n)$  для каждого дефекта – случайные, то и результирующие значения T,  $n$  и  $dMax$  являются случайными.

Для робастной оценки статистических характеристик T,  $n$  и  $dMax$  в соответствии с методом Монте-Карло было выполнено  $N_{prov}$  прогонов алгоритма при следующих значениях параметров модели и условиях моделирования (все единицы измерения условные):  $L = 2000$ , число точек дискретизации длины нити  $M = 10000$ , величины интенсивности дефектов  $D(i)$  и интервалы  $\tau(i)$  распределены по экспоненциальному закону с соответствующими средними  $Dsr=1$  и  $TauSr = 1$ , координаты центров дефектов распределены равномерно от 0 до L. Предельно допустимый уровень интенсивнос-

ти дефектов  $Dmax = 3$ . Число повторных прогонов алгоритма составило  $N_{prov} = 10000$ . По выборкам T,  $n$  и  $dMax$  для моделей, основанных на формулах (2) и (3), найдены оценки числовых характеристик, приведенные в табл. 1. Это минимальное Min и максимальное Max значения выборочных данных, модальное Mod, медианное Med, среднее Sr, среднеквадратическое SKO значения, коэффициенты вариации CV, асимметрии KA и эксцесса KЭ. Была проверена гипотеза о незначимом различии между моделями (2) и (3) при прочих равных условиях моделирования. Гипотеза проверялась по критерию однородности Смирнова [5] по выборочным значениям случайных величин T и  $n$  не противоречит этим данным с вероятностью ошибки при отклонении гипотезы не менее 0,83. Поэтому далее рассматривалась только модель на основе формулы (3). Подбор наиболее близкого к выборкам типового распределения по критерию максимального правдоподобия показал, что наиболее близким является распределение Вейбулла [4], [5], что соответствует модели броуновского движения и достижения границы случайного блуждания. Отметим, что распределения величины  $dMax$  в отличие от T и  $n$  для формул (2) и (3) значительно отличаются друг от друга. Поэтому при исследовании этой величины необходимо располагать достаточно достоверной информацией о функции  $f(x, i, t)$ .

Т а б л и ц а 1

Параметр	Выборка					
	T(2)	N(2)	dMax(2)	T(3)	N(3)	dMax(3)
Min	3,034e-4	1	3,00	0,0003	1	3,00
Max	61,81	63	438,03	52,55	57	576,23
Mod	3,037e-4	1	3,00	0,0003	1	3,00
Med	4,23	4	4,88	4,28	4	5,05
Sr	6,08	6,06	7,18	6,20	6,18	7,57
SKO	6,09	5,55	10,32	6,19	5,60	11,90
CV, %	100,1	91,5	143,8	99,9	90,7	157,2
KA	1,99	2,02	16,18	1,93	1,94	20,72
KЭ	9,00	9,32	468,4	8,13	8,32	735,0

Для анализа робастности модели было выполнено сравнение результатов моделирования по выборкам T,  $n$  и  $dMax$ , полученным при экспоненциальных и равномерных

распределениях величин  $\tau(i)$  и  $D(i)$ . Соответствующие выборки обозначены  $T_u$ ,  $n_u$  и  $dMax_u$ , когда  $\tau(i)$  имеет равномерное распределение с тем же средним значением, и

$T_e$ ,  $n_e$  и  $dMax_e$ , когда  $D(i)$  имеет равномерное распределение,  $T_{uu}$ ,  $n_{uu}$  и  $dMax_{uu}$ , когда обе величины имеют равномерное распределение.

Выборки сравнивались попарно по критерию однородности Смирнова. Результаты оценки числовых параметров распределений  $T$ ,  $n$  и  $dMax$  при проверке робастности модели приведены в табл. 2. Установлены значимые различия в распределениях

выборочных значений  $T$ ,  $n$  и  $dMax$  при разных модельных распределениях интервалов между моментами появления дефектов  $\tau(i)$  и их интенсивностей  $D(i)$ . Таким образом, обнаружена чувствительность результатов моделирования к выбору законов распределения параметров возникновения дефектов, приводящих к старению нитей и волокон.

Т а б л и ц а 2

Параметр	Выборки								
	$T_u$	$n_u$	$dMax_u$	$T_e$	$n_e$	$dMax_e$	$T_{uu}$	$n_{uu}$	$dMax_{uu}$
Min	0,0002	1	3,001	0,0019	1	3,000	0,0021	1	3,000
Max	56,65	47	423,47	57,72	58	582,71	57,40	55	605,90
Mod	0,0002	1	3,001	0,0019	1	3,000	0,0021	1	3,000
Med	4,17	4	4,60	4,36	4	5,05	4,28	4	4,56
Sr	5,98	5,97	6,59	6,15	6,14	7,49	6,05	6,06	6,48
СКО	5,94	5,37	9,09	5,80	5,61	10,91	5,76	5,60	9,63
CV, %	99,3	89,93	138,0	94,3	91,3	145,7	95,1	92,3	148,6
КА	1,96	1,85	17,8	1,98	2,01	22,03	2,05	2,07	30,01
КЭ	8,54	7,53	581,8	9,03	9,14	913,5	9,20	9,20	1605,0

## ВЫВОДЫ

1. Разработана компьютерная модель статистической динамики старения полимерных нитей и волокон на основе появления и распространения по длине нити дефектов с различной интенсивностью влияния на свойства нитей.

2. Установлено, что продолжительность срока службы нитей распределена по закону распределения Вейбулла.

3. Анализ робастности модели показал необходимость получения информации о законах распределения интервалов между моментами появления дефектов и интенсивностей дефектов. Вид этих распределений значимо сказывается на оценках показателей старения и износа полимерных нитей и волокон.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бокшицкий М.Н. Длительная прочность полимеров. – М.: Химия, 1978.
2. Бартенев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров. – М.: Химия, 1984.
3. Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров //Отв. редактор к.ф.-м.н. В.А. Иванов, д.ф.-м.н. А.П. Рабинович, академик А.Р. Хохлов. – М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009.

4. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / Пер. с англ. Р.Л. Добрушина, А.А. Юшкевича, С.А. Молчанова. – т.1. – М.: Мир, 1967; т.2 – М.: Мир, 1967.

5. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983.

## REFERENCES

1. Bokshickij M.N. Dlitel'naja prochnost' polimerov. – М.: Himija, 1978.
2. Bartenev G.M. Prochnost' i mehanizm razrusheniya polimerov. – М.: Himija, 1984.
3. Metody komp'yuternogo modelirovaniya dlja issledovaniya polimerov i biopolimerov //Otv. redaktor k.f.-m.n. V.A. Ivanov, d.f.-m.n. A.P. Rabinovich, akad. A.R. Hohlov. – М.: Knizhnyj dom "LIBROKOM", 2009.
4. Feller V. Vvedenie v teoriju verojatnostej i ee prilozhenija / Per. s angl. R.L. Dobrushina, A.A. Jushkevicha, S.A. Molchanova. – т.1. – М.: Mir, 1967; т.2 – М.: Mir, 1967.
5. Bol'shev L.N. Tablicy matematicheskoj statistiki. – М.: Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoj literatury, 1983.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления. Поступила 10.04.17.

УДК 539.434:677.494

**КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ  
ДЕФОРМАЦИОННО-РЕЛАКСАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
АРАМИДНЫХ ШНУРОВ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ\***

**QUALITY ANALYSIS  
OF DEFORMATION-RELAXATION PROPERTIES  
OF ARAMID CORDS MOUNTAIN RESCUE APPOINTMENTS**

*А.Г. МАКАРОВ, Н.В. ПЕРЕБОРОВА, М.А. ЕГОРОВА, И.М. ЕГОРОВ  
A.G. MAKAROV, N.V. PEREBOROVA, M.A. EGOROVA, I.M. EGOROV*

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Санкт-Петербургский государственный университет)  
(Sankt-Petersburg State University of Industrial Technology and Design,  
Sankt-Petersburg State University)  
E-mail: makvin@mail.ru

*В статье рассматриваются вопросы качественного анализа деформационно-релаксационных свойств текстильных арамидных шнуров, применяемых при спасении людей при пожарах, в горах и в шахтах. Указанные материалы обладают как повышенной прочностью, так и большой устойчивостью к температурным воздействиям. Качественный анализ деформационно-релаксационных свойств арамидных шнуров проводился на основе математического моделирования процессов релаксации и ползучести с применением вычислительных технологий.*

*The article deals with the qualitative analysis of strain-relaxation properties of aramid textile cords used in rescuing people from fires in the mountains and in the mines. These materials have as high strength and high resistance to temperature influences. Qualitative analysis of strain-relaxation properties of aramid cords is based on mathematical modeling of relaxation processes and creep with computing technology.*

**Ключевые слова:** деформация, релаксация, арамидные шнуры, прогнозирование, математическое моделирование, горноспасательное оборудование.

**Keywords:** deformation, relaxation, aramid cords, forecasting, mathematical modeling, mine-rescue equipment.

\* Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства образования и науки РФ. Проект № 11.4696.2017/БЧ.

Для сравнительного анализа и прогнозирования деформационных свойств арамидных материалов необходима разработка адекватной математической модели на основе физически обоснованного аналитического описания вязкоупругости. Особую ценность имеет решение задачи прогнозирования

деформационных процессов для таких материалов, когда помимо сопоставления их механических свойств, приходится учитывать условия их эксплуатации [1].

Технические характеристики арамидных шнуров, изучаемые в статье, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Название	Диаметр, мм	Линейная плотность, ктекс	Разрывная нагрузка, кН	Удлинение при разрыве, %	Компонентный состав
ШТВ	4	34,2	15,1	4,0	тварон
ШТР	3,5	21,1	7,2	4,3	терлон
ШТХ	6	43,6	22,8	4,2	технора
ШКВ	5	74,1	72,3	4,4	кевлар

Математическое моделирование вязкоупругости арамидных текстильных материалов проводили на основе нормированной функции арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ), которая положительно себя зарекомендовала при моделировании вязкоупругости текстильных материалов сложной макроструктуры [2]. Она имеет вид:

– для процесса релаксации

$$\varphi_{\varepsilon t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left( \frac{1}{b_{n\varepsilon}} \ln \frac{t}{\tau_{\varepsilon}} \right), \quad (1)$$

– для процесса ползучести

$$\varphi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left( \frac{1}{b_{n\sigma}} \ln \frac{t}{\tau_{\sigma}} \right). \quad (2)$$

Обоснованность выбора функции НАЛ заключается в том, что она характеризует вероятностное распределение Коши, обладающее тем важным свойством, что распределение суммы случайных величин, подчиняющихся закону Коши, также подчинено этому закону [3]. Текстильные же объекты сложной макроструктуры типа тканей и шнуров можно считать условно состоящими из "суммы" объектов простой макроструктуры – нитей, моделирование релаксации и ползучести которых проводится также на основе функции НАЛ.

С учетом сказанного математические модели релаксации (3) и ползучести (4)

имеют вид [4]:

$$E_{\varepsilon t} = E_0 - (E_0 - E_{\infty}) \varphi_{\varepsilon t}, \quad (3)$$

$$D_{\sigma t} = D_0 + (D_{\infty} - D_0) \varphi_{\sigma t}, \quad (4)$$

где  $t$  – время;  $1/b_{n\varepsilon}$  – параметр интенсивности процесса релаксации;  $1/b_{n\sigma}$  – параметр интенсивности процесса ползучести;  $\tau_{\varepsilon}$  – время релаксации (время, за которое "отрелаксирует" половина всех "релаксирующих" частиц при величине деформации  $\varepsilon$ );  $\tau_{\sigma}$  – время запаздывания (время, за которое осуществится половина конформационных переходов "запаздывающих" частиц при величине напряжения  $\sigma$ );  $E_{\varepsilon t} = \sigma/\varepsilon$  – модуль релаксации;  $E_0$  – модуль упругости;  $E_{\infty}$  – модуль вязкоупругости;  $D_{\sigma t} = \varepsilon/\sigma$  – податливость;  $D_0$  – начальная податливость;  $D_{\infty}$  – предельная равновесная податливость;  $\varepsilon$  – деформация;  $\sigma$  – напряжение.

Использование нормированной функции НАЛ в качестве основы математической модели вязкоупругости позволяет с достаточной степенью точности моделировать деформационные свойства арамидных материалов.

Прогнозирование деформационных и восстановительных процессов арамидных текстильных материалов целесообразно проводить на основе известных интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра (5)

– для процесса нелинейно-наследственной релаксации и (6) – для процесса нелинейно-наследственной ползучести [5]:

$$\sigma_t = E_0 \varepsilon_t - (E_0 - E_\infty) \int_0^t \varepsilon_\theta \varphi'_{\varepsilon, t-\theta} d\theta, \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = D_0 \sigma_t + (D_\infty - D_0) \int_0^t \sigma_\theta \varphi'_{\sigma, t-\theta} d\theta. \quad (6)$$

Преимущество применения такого моделирования деформационных процессов, как следствие математической модели (1)...(4), состоит в возможности расширения области доверительного прогнозирования в сторону "больших" (длительные процессы) и в сторону "малых" времен (кратковременные процессы) с уменьшением погрешности прогноза за счет снижения влияния квазимгновенного фактора деформирования в начале процесса, что обусловлено замедленной сходимостью функции НАЛ к своим асимптотическим значениям.

Для повышения точности прогнозирования применяли методы вычисления несобственных нелинейно-наследственных интегралов (5), (6), основанные на неравномерном разбиении временной шкалы с учетом специфики рассматриваемого процесса. При прогнозировании активных (быстропротекающих) процессов, характеризующихся ростом скорости деформирования, временная шкала разбивалась в возрастающей геометрической прогрессии с целью наилучшего учета влияния квазимгновенного фактора деформирования в начале процесса. При прогнозировании длительных процессов, характеризующихся снижением скорости деформирования, временная шкала разбивалась в убывающей геометрической прогрессии с целью наилучшего учета длительных деформационных воздействий [6].

Использование математической модели с функцией НАЛ для описания деформационных процессов арамидных текстильных материалов позволяет с достаточной степенью точности прогнозировать деформационные свойства указанных материалов [7].

Системный анализ деформационных процессов арамидных материалов позволяет ответить на многие вопросы, касающиеся упругих и вязкоупругопластических свойств изучаемых материалов. Например, арамидные ткани, предназначенные для индивидуальной бронезащиты, должны обладать не только большой степенью жесткости, которая свойственна всем арамидным материалам, но и определенной долей пластичности, чтобы максимально гасить вредные механические воздействия. Здесь первостепенную роль начинает играть структура арамидной ткани, способ переплетения нитей, геометрическая структура материала, количество слоев ткани [8].

Арамидные текстильные материалы, применяемые в качестве арматуры корпусов космических летательных аппаратов, должны обладать несколько иными характеристиками. Здесь на первое место выходит их огнестойкость и возможность наиболее длительного сохранения упругих механических свойств при повышенной температуре [9].

Арамидные шнуры, применяемые при спасении людей из высотных зданий при пожаре, должны обладать определенными упругими и вязкоупругопластическими свойствами наряду с огнестойкостью [10].

Арамидным текстильным материалам свойственно также такое явление, как усадка с ростом температуры и последующее восстановление при остывании. Если, например, металлы расширяются при нагревании, то арамидные материалы ведут себя противоположным образом – они усаживаются. Физическая суть этого интересного явления заключается в том, что в нормальных условиях (при комнатной температуре) макромолекулы арамидных нитей находятся в транс-конформации, то есть геометрически представляют собой более или менее распрямленные отрезки. С увеличением температуры эти макромолекулы постепенно меняют свою геометрическую структуру, переходя к цис-конформации, которая представляет собой уже не прямые отрезки, а волнообразную структуру.

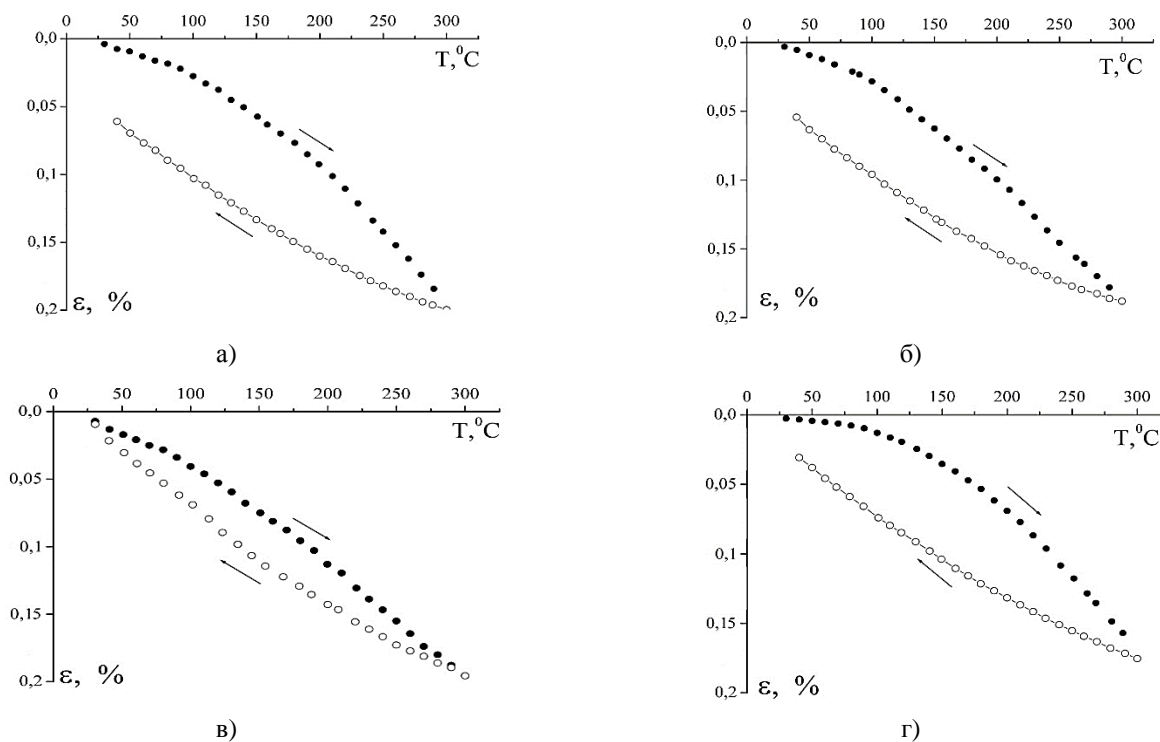


Рис. 1

Явление усадки, как показали эксперименты (рис. 1 – экспериментальные кривые усадки и последующего восстановления арамидных текстильных шнуров: а – ШКВ (кевлар), б – ШТВ (тварон), в – ШТР (терлон), г – ШТХ (технора)), является обратимым, то есть при остывании макромолекулы снова стремятся полностью или частично перейти к транс-конформации [11].

Как видно из рис. 1, полной обратимостью усадки из представленных материалов обладает только шнур из терлона, остальные же шнуры восстанавливаются не полностью [12].

## ВЫВОДЫ

1. Системный анализ деформационных процессов арамидных текстильных материалов позволяет ответить на многие вопросы, касающиеся упругих и вязкоупруго-пластических свойств изучаемых материалов, что является важным для оценки функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов.

2. Разработанные методы сравнительного анализа деформационных свойств ара-

мидных текстильных материалов позволяют выявить взаимосвязи указанных свойств со структурой.

3. Системный анализ деформационных свойств арамидных текстильных материалов позволяет выявить роль влияния геометрических размеров, линейной плотности, способа переплетения нитей и компонентного состава на их деформационные свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Исследование изменений деформационных свойств полиэфирных нитей в зависимости от степени крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С. 9...13.
3. 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.
4. Макаров А.Г., Демидов А.В., Новоселова А.Г., Сталевич А.М. Методы спектрального моделирования механической релаксации текстильных матери-



алов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1. С. 15...19.

5. Дроботун Н.В., Слуцкер Г.Я., Макаров А.Г. Метод расчета компрессионного трикотажа для лечения варикозного расширения вен // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2009, № 3. С. 34...37.

6. Макаров А.Г., Слуцкер Г.Я., Терушкина О.Б., Дроботун Н.В. Физический анализ кинетики ползучести моноплетей из полипропилена и поливинилденфторида // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012, № 3 (23). С. 41...44.

7. Головина В.В., Рымкевич П.П., Макаров А.Г., Романова А.А. Прогнозирование деформационных и релаксационных процессов в одноосноориентированных полимерных материалах // Химические волокна. – 2013, № 6. С. 33...40.

8. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Основы математического моделирования релаксации и ползучести полимерных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013, № 3 (21). С. 27...31.

9. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Основы спектрально-временного анализа релаксационных и деформационных свойств полимерных материалов текстильной и легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014, № 1 (23). С. 19...23.

10. Рымкевич П.П., Головина В.В., Горшков А.С., Макаров А.Г., Романова А.А. Осреднение физических величин методом нормального распределения // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2015, № 2 (28). С. 98...103.

11. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Ледов Д.С., Бусыгин К.Н., Коновалов А.С. Методология спектрального моделирования деформационно-релаксационных процессов полимерных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2015, № 4 (30). С. 7...16.

12. Переборова Н.В. Разработка критериев качественной оценки функционально-потребительских свойств продукции текстильной и легкой промышленности с целью управления качеством продукции // Материалы. Дизайн. Технология. – 2015, № 4 (39). С. 98...102.

## REFERENCES

1. Makarov A.G., Stalevich A.M. Prognozirovanie vosstanovitel'nogo deformatsionnogo processa i obratnoj relaksacii polimernyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2002, № 3. S.10...13.

2. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Issledovanie izmenenij deformatsionnyh svojstv polijefirnyh nitej v zavisimosti ot stepeni krutki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 4. S. 9...13.

3. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Kriterii optimal'nogo vybora matematicheskoj modeli vjaskouprugosti tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, № 5. S.18...22.

4. Makarov A.G., Demidov A.V., Novoselova A.G., Stalevich A.M. Metody spektral'nogo modelirovanija mehanicheskoj relaksacii tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, № 1. S. 15...19.

5. Drobotun N.V., Slucker G.Ja., Makarov A.G. Metod rascheta kompressionnogo trikotazha dlja lechenija varikoznogo rasshirenija ven // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2009, № 3. S.34...37.

6. Makarov A.G., Slucker G.Ja., Terushkina O.B., Drobotun N.V. Fizicheskij analiz kinetiki polzuchesti mononitej iz polipropilena i polivinilidenfторида // Dizajn. Materialy. Tehnologija. – 2012, № 3 (23). S.41...44.

7. Golovina V.V., Rymkevich P.P., Makarov A.G., Romanova A.A. Prognozirovanie deformatsionnyh i relaksacionnyh processov v odnoosnoorientirovannyh polimernyh materialah // Himicheskie volokna. – 2013, № 6. S. 33...40.

8. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Osnovy matematicheskogo modelirovanija relaksacii i polzuchesti polimernyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2013, № 3 (21). S. 27...31.

9. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Osnovy spektral'no-vremennogo analiza relaksacionnyh i deformatsionnyh svojstv polimernyh materialov tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2014, № 1 (23). S. 19...23.

10. Rymkevich P.P., Golovina V.V., Gorshkov A.S., Makarov A.G., Romanova A.A. Osrednenie fizicheskikh velichin metodom normal'nogo raspredelenija // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2015, № 2 (28). S. 98...103.

11. Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Ledov D.S., Busygin K.N., Konovalov A.S. Metodologija spektral'nogo modelirovanija deformatsionno-relaksacionnyh processov polimernyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2015, № 4 (30). S. 7...16.

12. Pereborova N.V. Razrabotka kriteriev kachestvennoj ocenki funkcional'no-potrebitel'skih svojstv produkcii tekstil'noj i legkoj promyshlennosti s cel'ju upravlenija kachestvom produkcii // Materialy. Dizajn. Tehnologija. – 2015, № 4 (39). S. 98...102.

Рекомендована кафедрой интеллектуальных систем и защиты информации СПбГУПТД. Поступила 07.02.17.

УДК 687.13

**КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АДАПТАЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ  
ДЛЯ ДЕТЕЙ С ОВЗ**

**PERFORMANCE CRITERIA  
OF TEXTILE ADAPTATION  
FOR CHILDREN WITH DISABILITIES**

*A.B. ГОЛУБЧИКОВА, П.М. МОВШОВИЧ, С.Б. ЛАЗУРЕНКО,  
Е.В. ПАВЛЮЧЕНКО, К.Э. РАЗУМЕЕВ*  
*A.V. GOLUBCHIKOVA, P.M. MOVSHOVICH, S.B. LAZURENKO,  
E.V. PAVLYUCHENKO, K.E. RAZUMEEV*

(Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского,  
"Научный центр здоровья детей" Минздрав РФ,  
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky,  
"Scientific Center of Children's Health" Ministry of Health,  
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))  
E-mail: movshovich@yandex.ru

*В статье рассмотрена модель процесса воздействия адаптационных текстильных инструментов на психофизическое состояние ребенка в виде системы управления. Показано, что общее психофизическое состояние ребенка может быть представлено в виде трех отдельных компонентов: психического, физического и социального состояния. Разработана методика оценки эффективности текстильных инструментов на цифровой основе с применением индекса эффективности.*

*In the article the process model of the impact of the adaptation of textile tools on the psychophysical state of the child in the form of the control system. It is shown that the general physical condition of the child may be presented in the form of three separate components: mental, physical and social well-being. The methodology of efficiency evaluation of textile tools on a digital basis with the use of a performance index.*

**Ключевые слова:** система управления, психофизическое состояние, критерии эффективности, методика.

**Keywords:** control system, the psychophysical condition, performance criteria, methodology.

В процессе исследовательских работ, проводимых нами совместно с ФГАУ "Научный центр здоровья детей" Минздрава РФ, было выявлено, что разрабатываемая нами система текстильных изделий представляет собой эффективный инструмент для реабилитации детей с ОВЗ, имеющих различные нарушения. Изучая воздействие таких инструментов на психофизическое состояние ребенка, нами было выявлено, что характер их воздействия во многом аналогичен тем процессам, которые происходят в технических системах управления. Промежуточные результаты проводимых нами исследований были опубликованы в [1], [2]. В этих материалах было показано, что психофизическое состояние ребенка совместно с воздействующими на него управляющими текстильными инструментами (изделиями) может рассматриваться как некоторая замкнутая система управления.

Отметим, что между предлагаемой нами системой управления и традиционными техническими системами имеется существенное различие. Оно состоит в том, что связи, характерные для стандартных систем управления, имеют очевидную физическую основу (механическую, электрическую, оптическую, химическую). В разработанной же нами модели связи (воздействие управляющих факторов и выходные сигналы) имеют принципиально другую основу. Действительно, выходом для объекта (психофизическое состояние) не могут быть стандартные физические величины. Эти выходные сигналы представляют собой самочувствие пациента, его настроение, чувство комфорта (дискомфорта), улучшение способности к восприятию новой информации. Точно также влияние родителей на ребенка в случае положительных эмоций является физически неизмеряемым понятием – позитивным воздействием на ребенка. Очевидно, что влияния такого рода могут рассматриваться на описательном уровне (хорошо – плохо). Однако косвенные результаты таких взаимосвязей могут быть оценены и с количественной точки зрения. Пример: воздействие управляющего эле-

мента улучшает физическое состояние ребенка и обеспечивает возможность сократить время обучения какому-то навыку в два раза; тем самым педагог соответственно может изменить темп обучения ребенка [3]. Существуют и другие примеры, когда благодаря статистической обработке результатов опытов можно получать количественные оценки управляющих факторов другого рода. Из приведенных рассуждений следует, что предложенная нами модель является аналогом традиционных управляющих систем, однако для ее функционирования необходимо вводить специфические приемы, в основе которых лежат результаты проводимых исследований.

Важно отметить то, что описанная нами модель в виде системы управления по существу представляет собой комплекс, характеризующий влияние традиционных методов воздействия и разработанных корректирующих инструментов на те, или иные психофизические показатели ребенка. Как уже было указано, эти инструменты воздействуют на показатели различного рода (физическое состояние ребенка, его способность к обучению, его эмоциональное состояние и т.п.). В рассматриваемой нами системе управления можно принять, что воздействия на систему, оказываемые управляющими инструментами, представляют собой некоторые входные сигналы. В этом случае выходным сигналом рассматриваемой системы управления является психофизическое состояние ребенка. Естественно, что для использования предложенной модели необходимо разработать методику определения эффективности работы новых инструментов.

Позитивное воздействие разработанных инструментов на психофизическое состояние ребенка проявляется в виде большого количества факторов. Эти факторы можно выразить в виде множества отдельных элементов, которые целесообразно разбить на три группы:

- первая группа определяет психическое состояние,
- вторая группа определяет физическое состояние,

- третья группа определяет социальное состояние.

Наша задача заключается в следующем: найти выражение для этих групп факторов, которое позволило бы выразить психофизическое состояние ребенка с использованием управляющих инструментов и без них в аналитической форме. С этой целью введем понятие о критериях состояния  $I_p$ ,  $I_f$  и  $I_s$ , где  $I_p$  – критерий психического состояния ребенка;  $I_f$  – критерий физического состояния ребенка;  $I_s$  – критерий социального состояния ребенка.

Эти критерии будут иметь различные значения с использованием управляющих инструментов и без них.

Для каждого из этих критериев  $I_p$ ,  $I_f$  и  $I_s$  примем линейную зависимость от упомянутых выше факторов:

$$I_p = \sum_{i=1}^m \alpha_i x_i, \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – весовой коэффициент;  $x_i$  – факторы, определяющие психическое состояние ребенка, а именно:  $x_1$  – освоение новых умений и навыков;  $x_2$  – продолжительность целенаправленной деятельности;  $x_3$  – динамика двигательной активности.

$$I_f = \beta_1 y_1, \quad (2)$$

где  $\beta_1$  – весовой коэффициент;  $y_1$  – фактор, определяющий способствование восстановлению нарушенной функции или структуры организма ребенка.

$$I_s = \sum_{k=1}^{\ell} \gamma_k z_k, \quad (3)$$

где  $\gamma_k$  – весовой коэффициент;  $z_k$  – факторы, определяющие социальное состояние ребенка, а именно:  $z_1$  – облегчение проведения медицинских манипуляций;  $z_2$  – облегчение ухода и процесса воспитания ребенка;  $z_3$  – комфорт ребенка в социуме;  $z_4$  – расширение социального пространства.

Все критерии состояния ребенка определяются для двух случаев:  $I_0$  – значение критерия без использования инструмента,

$I_1$  – значение критерия с учетом использования инструмента.

Приведенные ранее выражения представляют собой решение поставленной выше задачи в общем виде. Весовые коэффициенты и численное значение факторов  $x_i$ ,  $y_j$ ,  $z_k$  будут различны для каждого отдельного инструмента (текстильного изделия).

Результирующий критерий психофизического состояния ребенка:

$$I_{\text{рез}} = I_p + I_f + I_s. \quad (4)$$

Критерий определяется для случаев с использованием и без инструмента.

Полученные результаты представляют собой решение первой и главной задачи расчета воздействия разработанного инструмента на психофизическое состояние ребенка. В то же время имеется и второй дополнительный аспект рассматриваемой проблемы. Это – учет влияния психологического состояния ребенка и эмоционально-психологического восприятия родителями своего ребенка на процесс реабилитации. Этот эффект можно рассматривать как некоторый дополнительный управляющий сигнал, который складывается с первичным управляющим сигналом инструмента. По существу этот сигнал представляет собой обратную связь, поступающую на вход системы с положительным знаком. Тем самым образуется замкнутый контур с положительной обратной связью [1].

Обозначим через  $\bar{I}_{\text{рез}}$  критерий психофизического состояния ребенка с учетом влияния упомянутой положительной обратной связью. Запишем:

$$\bar{I}_{\text{рез}} = a I_{\text{рез}}, \quad (5)$$

где  $a > 1$  – постоянный коэффициент, величина которого может быть выбрана на основании экспертной оценки, даваемой специалистами на основании исследования группы пациентов. По нашему мнению, величина  $a$  может находиться в пределах 1,05...1,15.

$$aI_{рез} = \frac{I_{рез}}{1 - I_{рез} K_{пос}} . \quad (6)$$

На рис. 1 показана структурная схема для замкнутой системы управления, где  $I_{рез}$  – выходной сигнал разомкнутой системы,  $\bar{I}_{рез}$  – выходной сигнал замкнутой системы,  $K_{пос}$  – коэффициент передачи положительной обратной связи, характеризующей действие рассматриваемой положительной обратной связи.

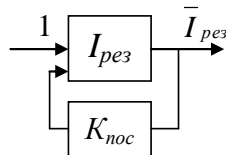


Рис. 1

Характерной особенностью схемы является то, что входной сигнал равен единице. Из теории управления (см. также [1]) следует, что  $\bar{I}_{рез} = \frac{I_{рез}}{1 - I_{рез} \cdot K_{пос}}$ . Подставляя выражение для  $\bar{I}_{рез}$  из формулы (5), получим:

$$K_{пос} = \frac{a - 1}{aI_{рез}} . \quad (7)$$

Полученная формула позволяет оценить зависимость величины положительной обратной связи от коэффициента  $a$ , характеризующего воздействие положительных эмоций пациента и его родителей.

Для определения эффективности каждого отдельного инструмента введем понятие индекса эффективности инструмента. Под этим индексом будем понимать отношение разницы между максимальным и минимальным значением, отнесенной к минимальному значению. Другими словами, индекс эффективности – это отношение размаха значений к базовому (минимальному) значению. Итак:

$$Q = \frac{\bar{I}_{рез1} - I_{рез0}}{I_{рез0}} , \quad (8)$$

где  $I_{рез0}$  – психофизическое состояние ребенка без применения инструмента;  $\bar{I}_{рез1}$  – психофизическое состояние ребенка при использовании инструмента с действием положительной обратной связи.

При равенстве максимального и минимального значений (отсутствие эффективности)  $Q=0$ . Целесообразно разбить весь диапазон измерения эффективности на три группы.

1. Невысокая эффективность  $Q=0...0,3$ .
2. Средняя эффективность  $Q=0,3...0,9$ .
3. Высокая эффективность  $Q=$  более  $0,9$ .

## ВЫВОДЫ

1. Предложена модель процесса воздействия адаптационных текстильных инструментов на психофизическое состояние ребенка в виде системы управления.

2. Разработана модель психофизического состояния ребенка в виде трех отдельных компонентов: психического, физического и социального состояния.

3. Разработана методика оценки эффективности текстильных инструментов на цифровой основе с применением индекса эффективности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голубчикова А.В., Мовшович П.М. Комплекс адаптационных текстильных изделий для детей с ОВЗ, как многофакторная система управления // Дизайн и технологии. – 2016, №52. С.60...66.
2. Голубчикова А.В., Мовшович П.М. и др. Системный подход к проектированию адаптационных текстильных изделий с использованием принципов эргодизайна // Швейная промышленность. – 2015, №5-6. С.9...11.
3. Голубчикова А.В., Мовшович П.М., Лазуренко С.Б. Фиксирующие устройства, обеспечивающие перцептивное восприятие объектов детьми с болезнями нервной системы // Дизайн и технологии. – 2015, №50. С.99...106.

## REFERENCES

1. Golubchikova A.V., Movshovich P.M. Komplex adaptacionnyh tekstil'nyh izdelij dlja detej s OVZ, kak mnogofaktornaja sistema upravlenija // Dizajn i tehnologii. – 2016, №52. S.60...66.
2. Golubchikova A.V., Movshovich P.M. i dr. Sistemnyj podhod k proektirovaniju adaptacionnyh tekstil'nyh izdelij s ispol'zovaniem principov jergo-

dizajna // Shvejnjaja promyshlennost'. – 2015, №5-6. S.9...11.

3. Golubchikova A.V., Movshovich P.M., Lazurenko S.B. Fiksirujushhie ustrojstva, obespechivajushhie perceptivnoe vosprijatie ob"ektov det'mi s

boleznjami nervnoj sistemy // Dizajn i tehnologii. – 2015, №50. S.99...106.

Рекомендована кафедрой прядения РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 28.02.17.

УДК 658.562.3+625

## ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### TRENDS AND PROSPECTS OF USE OF GEOTEXTILES IN ROAD CONSTRUCTION

*Р.М. АЛОЯН, А.Б. ПЕТРУХИН, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА*  
*R.M. ALOYAN, A.B. PETRUKHIN, N.A. GRUZINTSEVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: ttp@ivgpu.com

*В статье проведен анализ применения российских инновационных геосинтетических материалов в дорожном строительстве. Рассмотрены положительные тенденции и затронуты негативные моменты, связанные с использованием геотекстильных материалов в отечественном дорожно-строительном комплексе.*

*In article the analysis of use of the Russian innovative geosynthetic materials in road construction is carried out. Positive tendencies are considered and the negative moments connected with use of geotextile materials in a domestic road-building complex are mentioned.*

**Ключевые слова:** геосинтетический материал, геотекстильный материал, производство, дорожное строительство, тенденции, перспективы, интеграция.

**Keywords:** geosynthetic material, geotextile material, production, road construction, tendencies, prospects, integration.

Современное дорожное строительство невозможно представить без применения инновационных геосинтетических материалов (ГСМ). К основным видам ГСМ, которые широко применяются при строительстве и ремонте дорог, относятся геотекстильные (тканые, нетканые и вязаные) материалы, георешетки и геосетки.

В российской и мировой практике применение ГСМ в дорожном строительстве выполняет армирующие, разделительные и фильтрующие функции, и, как правило, для этих целей используют тканый или нетканый геотекстильный материал (ГТМ). Данный вид ГСМ производится из полипропилена и используется в основании дорожных

одежд, а также в качестве фильтров в дренажных системах.

Эффективность применения ГТМ в конструкциях дорог очевидна и подтверждена мировым и отечественным опытом. К основным преимуществам использования ГТМ можно отнести: улучшение технологических процессов, сокращение сроков строительства, повышение долговечности возводимых объектов, возможность строительства в сложных геологических условиях, в которых применение традиционных методов работы либо экономически нецелесообразно, либо физически невозможно. Следует отметить, что использование данного вида ГСМ в дорожной отрасли позволяет значительно уменьшить расход традиционных строительных материалов и изделий из них (песка, щебня, гравия, бетона) икратно увеличить срок службы дорожной одежды [1].

По данным Федерального дорожного агентства за последние три года объем использования геосинтетических материалов в дорожной отрасли увеличился более чем на 30% и по прогнозам будет продолжать расти [2]. Ежегодный рост объемов производства и потребления ГТМ в России можно объяснить следующими факторами [3]:

- большая протяженность автомобильных федеральных, региональных и муниципальных дорог, требующих строительства и ремонта;

- строительство новых федеральных и региональных дорог в Крыму, Сибири и восточных регионах;

- разнообразие климатических, почвенно-минералогических условий, требующих применения геотекстильных материалов с различными свойствами и характеристиками (температуры воздуха в пределах от -60 до +43°C, наличие переувлажненных участков, разнообразие характеристики почв);

- географическая ограниченность потребления ГТМ при строительстве, ремонте, капитальном ремонте региональных и муниципальных дорог;

- растущие темпы дорожного, транспортного, гидротехнического строительства, а также обустройства магистральных нефте-, газопроводов.

Следует отметить, что за последнее время в практике использования ГТМ произошли значительные изменения [3]: расширился ассортимент, появились новые способы и технологии производства. Среди производителей ГТМ отечественные предприятия занимают уверенные позиции и являются конкурентоспособными не только на российском, но и на зарубежном рынках. Промышленные предприятия оснащены современным оборудованием российских и западноевропейских фирм и при производстве ГТМ используют отечественное и зарубежное сырье. С целью улучшения технологии производства и качества ГТМ отечественные предприятия совместно с ГК "Автодор" участвуют в тестировании своей продукции. Так, например, для изучения влияния геосинтетических материалов на повышение долговечности конструкций дорожных одежд свою продукцию для полигона испытаний ГСМ с целью армирования слоев дорожных одежд предоставили российские предприятия: ООО "СИБУР Геосинт", ООО "Гекса-нетканые материалы", ООО "РЕКСТРОМ-К", ООО "ВЗТМ", ГК "МИАКОМ", ООО "Тенсар Инновэйтв Солшунз", АО "СТЕКЛОНИТ", ООО "НПК "СЛАВРОС", ООО "СЕТКА", ООО "МАСУИНА-TST", ООО "Ультростаб", ООО "ТД "РГК", ООО "Техполимер" и ООО "ТД "Новополимер".

Однако помимо положительных тенденций применения отечественных геотекстильных материалов имеются и негативные обстоятельства, к которым можно отнести [3]:

- недостаточно развитую нормативно-техническую базу, регламентирующую производство и применение ГТМ в дорожном строительстве;

- слабую информированность проектировщиков и строителей об ассортименте ГТМ по свойствам, номенклатуре показателей, технологиям производства, используемого состава и природы сырья, условиям поставки по ширине и длине полотна в рулоне;

- использование при строительстве низкокачественных и контрафактных ГТМ;

- недостаток квалифицированных производственных кадров;
- различие подходов строительных и эксплуатационных организаций к применению ГТМ, обусловленное отсутствием их совместной заинтересованности в увеличении сроков службы дорожного покрытия;
- отсутствие гарантийного срока эксплуатации дорог и системы страхования дорожного покрытия.

Особое внимание хотелось бы уделить проблеме нехватки квалифицированных кадров для промышленных предприятий, производящих ГТМ. По мнению специалистов-производителей ГТМ, в настоящее время, испытывается недостаток [4]:

- в квалифицированных инженерах, инженерах-проектировщиках, владеющих знаниями и навыками в области проектирования и использования ГТМ;
- в специализированных учебных программах подготовки специалистов в вузах и курсов переподготовки (совершенствования) в области проектирования и использования ГТМ;
- в недостаточной взаимной интегрированности вузов и учебных программ с реальным отраслевым опытом (актуальным методическим и нормативным обеспечением, разработками, практикой проектирования и применения ГТМ);
- в низкой мотивации труда с точки зрения карьерного роста и оплатой труда уровнем вузовской подготовки инженеров-проектировщиков.

В рамках решения данной проблемы на базе Ивановского государственного политехнического университета успешно функционирует Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности (ИЦ ТЛП ИВГПУ). Деятельность ИЦ ТЛП направлена не только на проведение научных исследований, цель которых заключается в создании прогрессивных импортзамещающих текстильных технологий, материалов, в том числе и ГСМ, но и на обучение, переподготовку и повышение квалификации кадров для промышленности [5]. Сотрудники ИЦ ТЛП совместно с преподавателями и студентами Текстильного ин-

ститута ИВГПУ осуществляют свою научную и образовательную деятельность на площадке индустриального партнера ООО "Ультростаб" (г. Тейково, Ивановская область), что говорит об интеграции полученных в вузе научных результатов и знаний в реальные производственные условия.

## В Ы В О Д Ы

В ближайшей временной перспективе, при условии сохранения темпов развития рынка и роста финансирования дорожного хозяйства, следует ожидать самого широкого использования геосинтетических (геотекстильных) материалов в строительстве отечественных дорог и рассматривать применение ГСМ не только как перспективный материал, но и как неотъемлемый элемент дорожного хозяйства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов С.В., Поспелов П.И., Гойс Т.О., Грузинцева Н.А., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. Проблемы оценки качества и стандартизации геосинтетических материалов в дорожном строительстве // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2016, №1. С. 101...106.
2. Росавтодор: Спрос на геосинтетику вырос на треть // *ДОРОГИ. Инновации в строительстве*. – 2017, №59. С. 16...21.
3. Мухамеджанов Г.К., Мухамеджанова О.Г. Тенденции и перспективы развития производства и потребления геосинтетических материалов в России и странах таможенного союза // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. – 2014, №6(185). С. 16...20.
4. Демин К. Тенденции и перспективы развития рынка геосинтетических материалов в дорожном строительстве / III межотраслевая конференция: Геосинтетические материалы в дорожном строительстве. Актуальные вопросы. – 2015.
5. Алоян Р.М., Петров Р.В., Одинцов А.С., Петрухин А.Б. Производство и области применения геотекстиля в Ивановской области // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2017, №1. С. 265...269.

## REFERENCES

1. Fedosov S.V., Pospelov P.I., Gojs T.O., Gruzinceva N.A., Matrohin A.Ju., Gusev B.N. Problemy ocenki kachestva i standartizacii geosinteticheskikh materialov v dorozhnom stroitel'stve // *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. – 2016, №1. S. 101...106.



2. Rosavtodor: Spros na geosintetiku vyros na tret' // DOROGI. Innovacii v stroitel'stve. – 2017, №59. S.16...21.

3. Muhamedzhanov G.K., Muhamedzhanova O.G. Tendencii i perspektivy razvitiya proizvodstva i potrebleniya geosinteticheskikh materialov v Rossii i stranah tamozhennogo sojuza // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka. – 2014, №6(185). S.16...20.

4. Demin K. Tendencii i perspektivy razvitiya rynka geosinteticheskikh materialov v dorozhnom stroitel'stve /

III mezhotraslevaja konferencija: Geosinteticheskie materialy v dorozhnom stroitel'stve. Aktual'nye voprosy. – 2015.

5. Alojjan R.M., Petrov R.V., Odincov A.S., Petruhin A.B. Proizvodstvo i oblasti primenenija geotekstilja v Ivanovskoj oblasti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, №1. S. 265...269.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 13.04.17.

УДК 378.147.88

## ОЦЕНКА ОТКРЫТОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВУЗА НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

### ASSESSMENT OF OPENNESS OF EDUCATIONAL SYSTEM OF THE UNIVERSITY ON THE BASIS OF SYNERGETIC APPROACH

*Е.К. ГИТМАН, А.Н. ДАНИЛОВ, И.Д. СТОЛБОВА*  
*E.K. GITMAN, A.N. DANILOV, I.D. STOLBOVA*

(Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет,  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

(Perm State Humanitarian-Pedagogical University,  
Perm National Research Polytechnic University)

E-mail: mygitman@gmail.com, dan@pstu.ru, irina.stolbova@gmail.com

*Рассматривается открытая образовательная система вуза, позволяющая взаимодействовать с бизнес-сообществом путем более тесного участия основных работодателей в проектировании и реализации образовательных программ, а также индивидуализации обучения. Предполагается, что для обеспечения конкурентоспособности вуза необходимо повышение его степени открытости, которая выступает в качестве параметра порядка образовательной системы в рамках применяемого синергетического подхода. Предлагается оценка степени открытости образовательной системы вуза, позволяющая более обоснованно осуществлять планирование учебного процесса подготовки студентов с учетом имеющихся ресурсов вуза.*

*The open educational system of the university allowing to interact with business community by closer participation of the main employers in designing and implementation of educational programs is considered. It is supposed that providing competitiveness of the university requires increase in its degree of openness. Degree of openness acts as the parameter of an order of educational system within the applied synergy approach. The offered assessment of degree of openness of educational system of the university allows to perform planning of educational process of training of students taking into account the available resources of the university.*

**Ключевые слова:** образовательная система вуза, степень открытости, синергетический подход, планирование учебного процесса.

**Keywords:** educational system of the university, openness degree, synergetic approach, planning of educational process.

Как и любая система, образовательные системы могут быть как открытые, так и закрытые. Система называется *абсолютно закрытой* (изолированной), если она не взаимодействует с внешним миром, и *открытой*, если она взаимодействует с внешним миром путем передачи энергии, вещества или информации. В качестве примеров открытых и закрытых систем можно рассмотреть различные образовательные системы вуза. Например, в СССР качество подготовки выпускника определялось соответствием уровня его подготовки квалификационной характеристике, которая не изменялась в течение достаточно длительного времени. При этом образовательная система вуза представляла собой закрытую систему, в которой практически отсутствовали процессы саморазвития.

В современной России образовательная система вуза становится все более открытой. При этом качество подготовки выпускника вуза согласно федеральным государственным образовательным стандартам (ФГОС) высшего образования (ВО) определяется уровнем сформированности заявленных компетенций, определенных в компетентностной модели выпускника (КМВ). В этом случае набор заявленных компетенций определяется не только компетенциями, определяемыми ФГОС ВО, но и внешними потребностями (например, потребностями основных работодателей региона, предприятий текстильной промышленности, представителей малого и среднего бизнеса и т.п.). Примером таких компетенций могут служить инновационные компетенции выпускника вуза (способность к генерированию новых научных знаний, способность к коммерциализации научного продукта в соответствующей отрасли промышленности и т.п.) [1], [2]. Другими словами, возникает необходимость связи с внешним миром, то есть возникают и активно проис-

ходят процессы самоорганизации и саморазвития, направленные на более тесное взаимодействие вуза и бизнес-сообщества [3]. Основные работодатели активно участвуют не только в формировании требований к выпускнику вуза, но и принимают непосредственное участие в реализации образовательных программ и оценке качества подготовки специалистов. За счет этого вуз становится все более открытой образовательной системой, которая не только сама определяет требования к качеству подготовки выпускника, но и в большей степени самостоятельно формирует содержание образовательных программ и осуществляет контроль за всей образовательной деятельностью вуза.

Очевидно, что в современных условиях вузы будут конкурентоспособны и способны к развитию только в том случае, если будут востребованы на рынке образовательных услуг, а это, в свою очередь, требует все большей открытости образовательной системы. При этом образовательная система вынуждена постоянно адаптироваться к тем изменениям, которые происходят в окружающей среде, путем модификации и развития своих внутренних элементов и подсистем. Образовательный процесс становится все более сложным. Его основными характеристиками теперь являются открытость, нелинейность, многомерность и неравновесность, что обуславливает необходимость применения синергетического подхода при управлении этим процессом.

Отметим, что образовательная система функционирует в окружении рынков образовательных услуг, потенциальных учащихся (абитуриентов), труда и инноваций и взаимодействует с этими рынками, обмениваясь информацией, материальными и трудовыми ресурсами. Внешней средой для образовательной системы также являются:

государство, общество, школы, вузы, работодатели, находящиеся на определенном уровне развития, преследующие свои цели и взаимодействующие с образовательной системой через политические, экономические и социальные институты. Внешние воздействия могут существенно влиять на образовательный процесс, изменить отношения внутри образовательной системы и дать дополнительные возможности не только для успешного ее функционирования, но и ее развития. Например, дистанционное обучение [4], межвузовское сетевое взаимодействие позволяют повысить мобильность студентов [5], связь с бизнес-сообществом позволяет управлять номенклатурой и качеством подготовки высококвалифицированных кадров, изменения состояния общества также оказывают существенное влияние на студентов и их поведение в процессе обучения в вузе, в том числе на процессы самоорганизации и дезорганизации.

Эффективность функционирования любой открытой системы, в том числе и вуза, зависит от эффективности протекающих в ней бизнес-процессов. Бизнес-процессы управления отражают специфику управляемых объектов, а их структуру можно представить в виде стандартной цепочки управленческого цикла, состоящего, например для образовательной деятельности вуза, из следующих этапов: планирование и организация учебного процесса, учет результатов освоения образовательной программы, контроль качества реализации образовательных программ и регулирование, то есть корректировка учебных планов и рабочих программ дисциплин, изменения образовательных технологий, стимулирование сотрудников, которые реализовывали образовательные программы.

Необходимо отметить, что согласно *синергетическому подходу* [6] развитие открытых образовательных систем представляет собой нелинейный динамический процесс чередования этапов устойчивости и неустойчивости, являющихся закономерным способом их развития. Только согласованные взаимодействия между всеми участниками образовательного процесса и

целенаправленное взаимодействие их с внешней средой обеспечит устойчивость образовательной системы в целом. В этих условиях резко возрастает роль управления образовательной деятельностью вуза. В открытой образовательной системе вуза могут и должны спонтанно возникать новые структурные элементы, приводящие к рождению неустойчивых (неравновесных) состояний, между которыми возможны переходы через состояние хаоса к новым устойчивым состояниям. При этом состояние хаоса рассматривается как источник развития, совокупность вероятных будущих путей развития образовательной системы [6]. Поэтому управленческие решения должны быть направлены на развитие образовательной системы и в условиях постоянного воздействия внешней среды приводить к оптимальной форме организации и взаимодействия между элементами системы.

Рассмотрим процесс планирования подготовки студентов в вузе. Считаем, что основными работодателями выпускников вуза являются промышленные предприятия региона, формирующие широкий спектр требований к их профильной профессиональной подготовке. При этом требуемое количество выпускников одного профиля невелико. Это влечет за собой необходимость подготовки студентов по большому количеству образовательных программ, отличающихся набором учебных дисциплин и практических разделов даже в рамках одного направления ВО.

Пусть в рамках перехода на ФГОС ВО требуется провести планирование образовательной деятельности вуза с учетом индивидуализации профильной профессиональной подготовки студентов. Синергетический подход к управлению образовательным процессом состоит в том, чтобы понять, что и на каких этапах данного процесса оказываются параметрами порядка, определяющими поведение системы. Эти параметры порядка не являются универсальными, они должны определяться отдельно в каждом конкретном случае. При планировании образовательных программ вуза в качестве параметра порядка предла-

гается выбрать степень открытости образовательной системы  $\alpha$  и определить способ ее оценивания [7].

Рассмотрим систему подготовки бакалавров. Благодаря внешнему воздействию со стороны государства (введению ФГОС ВО по направлениям и уровням подготовки), система подготовки бакалавров становится более открытой. Это связано с тем, что ФГОС ВО предполагает переход к компетентностной парадигме образования, в рамках которой целями и результатами обучения в вузе становятся компетенции выпускника, формируемые в процессе освоения основной образовательной программы (ООП) по выбранному направлению подготовки бакалавров. При этом ФГОС ВО задает только часть общекультурных и профессиональных компетенций выпускника, которые должны быть сформированы за счет базовой части ООП, остальные же формируемые компетенции должны быть сформулированы вузом с учетом интересов региональных работодателей и специфики вуза. Кроме того, вуз имеет право самостоятельно определять уровень сформированности каждой компетенции с учетом мнений экспертов: работодателей, выпускников вуза, научно-педагогических работников. Набор базовых и дополнительных компетенций с их дескрипторами представляется в виде КМВ, которая становится целеполагающей нормативной базой подготовки бакалавров в рамках данной ООП вуза [8]. Необходимо добавить, что ФГОС ВО предписывает вузу обеспечить каждому студенту возможность выбора части учебных дисциплин, причем объем этих дисциплин по выбору студентов (элективных дисциплин) не может быть менее  $1/3$  объема вариативной части ООП. Другими словами, каждый студент может строить свою индивидуальную образовательную траекторию (ИОТ), обеспечивающую формирование индивидуальной КМВ. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость вузу формировать каждому студенту индивидуальный рабочий учебный план освоения ООП, что требует больших материальных затрат и реорганизации всего учебного процесса.

Очевидно, что если вуз сразу перейдет на индивидуальную подготовку бакалавров, то учебный процесс невозможно будет быстро перестроить (не хватит аудиторного фонда, квалифицированных преподавателей, лабораторной базы и т.п.), и образовательная система может разрушиться. Реорганизацию учебного процесса целесообразно проводить постепенно, чтобы скорость повышения степени открытости  $\alpha$  системы планирования вуза за счет участия в ней работодателей и студентов не превысила некоторой критической величины, и в образовательной системе успели пройти необходимые процессы организации (подготовка новых преподавателей, открытие новых учебных аудиторий и т.п.) и самоорганизации (разработка новых образовательных технологий, подготовка видеопрезентаций учебного материала, разработка тестов для самоконтроля студентов и т.д.). Для этого необходимо провести оценку степени открытости системы  $\alpha$  и критической скорости ее возрастания.

В качестве меры, характеризующей степень открытости системы подготовки бакалавров по некоторому направлению ВО, предлагается взять показатель, включающий количество КМВ, согласованных с основными работодателями, отнесенное к числу студентов, поступивших на данное направление, и относительный объем дисциплин по выбору студентов, запланированных в ООП. Степень открытости образовательной программы  $\alpha$  в этом случае можно оценить по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{1}{2m} \left( n - 1 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{t_i m_i}{T_i} \right), \quad (1)$$

где  $m$  – число студентов, поступивших на ООП;  $n$  – число КМВ (рабочих учебных планов), реализуемых в рамках ООП;  $t_i$  – объем учебных дисциплин, запланированных в  $i$ -м учебном плане;  $T_i$  – объем вариативной части в  $i$ -м учебном плане;  $m_i$  – количество студентов, обучающихся по  $i$ -му учебному плану.

Очевидно, что если в вузе реализуется полная индивидуализация образования, то

есть число КМВ (соответственно и число рабочих учебных планов) равно числу студентов, и предлагается широкий выбор учебных дисциплин, то для такой системы подготовки  $\alpha$  стремится к 1. Если же в вузе все группы обучаются по одному учебному плану и выбирают одну и ту же элективную дисциплину, то  $\alpha = 0$ .

Рассмотрим пример оценки степени открытости образовательной системы вуза. Предположим, что в вузе по рассматриваемому направлению подготовки бакалавров в рамках ФГОС ВО реализуется одна ООП и на нее поступило 25 студентов. Пусть вузом разработано и согласовано с работодателями 3 КМВ, и студентам предлагается на выбор один из 3 разработанных учебных планов подготовки. При этом во всех учебных планах относительный объем учебных дисциплин по выбору составляет 0,36. Тогда степень открытости данной системы подготовки бакалавров в рамках рассматриваемого направления ВО определяется по формуле (1):

$$\alpha = 1/50 (2 + 1/3 \cdot 0,36 \cdot 25) = 0,1.$$

Величина  $\alpha = 0,1$ , на наш взгляд, является достаточной, чтобы запустить процесс реорганизации системы образования, не подвергая ее опасности разрушения. Кстати, такой подход к планированию при переходе на новые образовательные стандарты был реализован в ряде российских университетов и показал свою работоспособность. Вуз предлагал на выбор студентам 3 учебных плана: базовый, с профилизацией в научную деятельность и с предпринимательским уклоном. Если студент не мог определиться с выбором, его записывали на базовый учебный план. При этом для реализации такой системы планирования в вузах прошли необходимые организационные изменения, и был принят ряд нормативных документов, регламентирующих порядок формирования индивидуальных образовательных траекторий. Особенно проблемным вопросом стал выбор студентом элективных дисциплин в различных семестрах образовательной программы. При

первых попытках планирования вуз столкнулся с острой нехваткой специализированных лабораторий. Понадобились достаточно долгие и тщательные расчеты при планировании учебного процесса, позволившие вузу успешно реализовать все учебные планы и приобрести новое равновесное состояние, соответствующее новой величине параметра порядка – степени открытости образовательной системы.

Если нас интересует степень открытости образовательной системы вуза, реализующей несколько направлений ВО, то  $\alpha$  в этом случае можно оценить следующим образом:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{\ell} c_i \alpha_i, \quad (2)$$

где  $\ell$  – количество направлений ВО;  $\alpha_i$  – степень открытости образовательной системы по  $i$ -му направлению ВО;  $c_i$  – коэффициент, показывающий "вес"  $i$ -го направления ВО в образовательной системе вуза, который определяется по формуле:

$$c_i = V_i / \sum_{i=1}^{\ell} V_i, \quad (3)$$

где  $V_i$  – общая трудоемкость образовательных программ, входящих в  $i$ -е направление ВО.

Предлагаемая методика позволяет достаточно просто оценить максимально возможную степень открытости системы при имеющихся ресурсах вуза. Для этого необходимо найти зависимости основных образовательных ресурсов (дополнительных преподавательских ставок, аудиторий, специализированных лабораторий, преподавателей выпускающих кафедр) вуза от роста степени открытости системы, а затем найти оптимальное значение из условия выполнения самого "жесткого" ограничения на ресурсы. Другими словами, необходимо решить следующую задачу минимизации:

$$\alpha^* = \min_i (\alpha_i^* | R_i(\alpha_i^*) = R_i^*, i=1, \dots, n), \quad (4)$$

где  $R_i^*$  – максимальное значение  $i$ -го ресурса.

Для каждого вуза "узким местом" обычно является один из ресурсов. Он и будет определять возможности вуза при переходе на индивидуальное образование. В текстильном вузе это чаще всего решение об экономии дополнительных ставок при реализации ФГОС ВО. При этом несложно посчитать, что при делении учебной группы пополам при выборе студентами одной элективной дисциплины из двух предлагаемых в базовом учебном плане ООП при 1/3 трудоемкости элективных дисциплин от трудоемкости вариативной части необходимо выделить около 20% дополнительных ставок преподавателей. Чтобы минимизировать количество дополнительных ставок при выполнении требований ФГОС ВО при подготовке бакалавров, имеет смысл принять решение сформировать 2 рабочих учебных плана в рамках ООП (например, один с ориентацией студентов для поступления в магистратуру, а другой – с предпринимательским уклоном). При этом реформирование учебных групп в основном необходимо проводить в крупных потоках при изучении гуманитарных и естественно-научных дисциплин. Для этого следует провести уровневую унификацию рабочих программ базовых дисциплин этих циклов [9]. Такой подход позволит спланировать учебный процесс, удовлетворяющий требованиям ФГОС ВО, со степенью открытости  $\alpha^* = 0,08$ . При этом будут выполнены все ограничения по аудиторному фонду и профессорско-преподавательскому составу. Конечно, при дальнейшем повышении системы планирования необходимо думать о формировании профессиональных элективных дисциплин в рамках не отдельных ООП, а факультетов или институтов.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, предлагаемая методика управления процессом планирования позволяет оценивать рост параметра порядка в системе и выявлять "узкие" места, на которые необходимо обратить внимание руко-

водству вуза для повышения эффективности образовательной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов А.Н., Столбов В.Ю., Ташкинов А.А., Шевелев Н.А. Стратегическое партнерство вузов и бизнес-сообщества // Университетское управление: практика и анализ. – 2011, №6. С. 44...52.
2. Гитман М.Б., Гитман Е.К., Черкасов В.Д. Готовность к инновационной деятельности как фактор профессионального отбора в аспирантуру // Регионология. – 2009, №2. С.194...203.
3. Матушкин Н.Н., Столбова И.Д. Прагматизм как лейтмотив отношений формирования компетентностной модели выпускника с учетом требований регионального рынка труда (на основе исследовательских материалов Пермского государственного технического университета) // Аккредитация в образовании. – 2008, № 27. С. 58...61.
4. Высокос М.И., Садыкова Д.М. Развитие и совершенствование дистанционного обучения в высшей школе, влияние на уровень знаний студентов и зависимость рентабельности предприятий текстильной промышленности от компетентности специалистов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №2. С. 151...154.
5. Гитман М.Б., Данилов А.Н., Столбов В.Ю., Южаков А.А. Модели сетевого взаимодействия вузов при подготовке кадров высшей квалификации // Университетское управление: практика и анализ. – 2012, № 3 (79). С. 69...73.
6. Солодова Е.А. Новые модели в системе образования: Синергетический подход / предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: ЛИБРОКОМ, 2012.
7. Данилов А.Н., Столбов В.Ю. Управление открытой образовательной системой вуза на основе энтропийного подхода // Системы управления и информационные технологии. – 2012, № 4.1(50). С. 204...208.
8. Балыхин Г.А., Радько С.Г., Балыхин М.Г. Развитие трудового потенциала на основе компетентного подхода // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №3. С. 12...18.
9. Александрова Е.П., Крайнова М.Н., Столбова И.Д. Унификация рабочих программ графической подготовки студентов // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2014. Т.1. С. 120...127.

## REFERENCES

1. Danilov A.N., Stolbov V.Ju., Tashkinov A.A., Shevelev N.A. Strategicheskoe partnerstvo vuzov i biznes-soobshhestva // Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz. – 2011, №6. S. 44...52.
2. Gitman M.B., Gitman E.K., Cherkasov V.D. Gotovnost' k innovacionnoj dejatel'nosti kak faktor professional'nogo otbora v aspiranturu // Regionologija. – 2009, №2. S.194...203.

3. Matushkin N.N., Stolbova I.D. Pragmatizm kak lejtmotiv otnoshenij formirovaniya kompetentnostnoj modeli vypusknika s uchetom trebovanij regional'nogo rynka truda (na osnove issledovatel'skikh materialov Permskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta) // Akkreditacija v obrazovanii. – 2008, № 27. S. 58...61.

4. Vysokos M.I., Sadykova D.M. Razvitie i sovershenstvovanie distancionnogo obuchenija v vysshej shkole, vlijanie na uroven' znaniy studentov i zavisimost' rentabel'nosti predpriyatij tekstil'noj promyshlennosti ot kompetentnosti specialistov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №2. S. 151...154.

5. Gitman M.B., Danilov A.N., Stolbov V.Ju., Juzhakov A.A. Modeli setevogo vzaimodejstvija vuzov pri podgotovke kadrov vysshej kvalifikacii // Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz. – 2012, № 3 (79). S. 69...73.

6. Solodova E.A. Novye modeli v sisteme obrazovaniya: Sinergetičeskij podhod / predisl. G.G. Malineckogo. – M.: LIBROKOM, 2012.

7. Danilov A.N., Stolbov V.Ju. Upravlenie otkrytoj obrazovatel'noj sistemoj vuza na osnove jentropijnogo podhoda // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. – 2012, № 4.1(50). S. 204...208.

8. Balyhin G.A., Rad'ko S.G., Balyhin M.G. Razvitie trudovogo potenciala na osnove kompetentnostnogo podhoda // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №3. S. 12...18.

9. Aleksandrova E.P., Krajnova M.N., Stolbova I.D. Unifikacija rabochih programm graficheskoj podgotovki studentov // Problemy kachestva graficheskoj podgotovki studentov v tehničeskom vuze: tradicii i innovacii. – 2014. T.1. S. 120...127.

Рекомендована кафедрой педагогики ПГГПУ.  
Поступила 31.03.17.

УДК 69:551.58(035)

## К ВЫБОРУ УНИВЕРСАЛЬНОГО "ТИПОВОГО ГОДА"

### TO THE CHOICE OF UNIVERSAL "TYPICAL YEAR"

*H.G. VOLKOVA*

*N.G. VOLKOVA*

(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: vngeo12@yandex.ru

*Наружная среда формируется исходя из закономерностей тепловлажностного состояния воздуха, обусловленного гармоничной взаимосвязью физических процессов. Представление климатических параметров должно соответствовать реальным условиям. В связи с этим при проектировании удобнее исходить из универсального "типичного года" с почасовым представлением, взаимоувязанным с метеорологическими элементами.*

*The exterior environment is formed, proceeding from laws heat-moisture content conditions of air caused by harmonious interrelation of physical processes. Representation of climatic parameters should correspond to real conditions. In this connection, at designing it is more convenient to start with universal "typical year", with hourly representation mutually dependental meteorological elements.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, долговечность ограждающих конструкций, почасовые климатические параметры.

**Keywords:** an energy saving, working life of non load bearing designs, hourly climatic parameters.

В связи с оценкой энергоэффективности зданий в годовом цикле возникла необходимость выбора и детализации некоторого "среднего" стандартного года [1]. Разработка норм с ежечасными значениями климатических параметров позволяет использовать детальные и достоверные климатические данные при проектировании зданий и сооружений с учетом глобального потепления климата. Типовой год позволяет в масштабах жизненного цикла эксплуатации зданий и сооружений учитывать ход изменения климатических параметров: годовой, месячный, суточный и почасовой.

Представление климатических параметров в форме типового года получило большее распространение в мировой практике [2]. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) был предложен набор данных "климатический год для энергетических расчетов". Значительный интерес представляет работа российского ученого Сотникова А.Г., в которой было предложено совмещение  $i-d$  диаграммы влажного воздуха с многообразной климатической информацией. К недостаткам данной работы можно было отнести то, что в ней не уделялось должного внимания источникам и репрезентативности исходных климатических данных.

В Своде правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция. СНиП 23-01-99\* представлены средние месячные значения температур, а также актуальные значения других климатических характеристик, однако осредненные суточные величины не позволяют оценить специфику погодных явлений в течение отдельных суток того или иного годового периода. Суровый климат территории РФ диктует необходимость считать актуальными также переходные периоды года [3], [4]. Почасовое рассмотрение переходных процессов позволяет поновому взглянуть на тепловлажностные состояния ограждающих конструкций зданий.

В НИИСФ совместно с ГГО Воейкова были разработаны климатические нормативы для г. Москвы за 30 летний период. "Типовой" (справочный) год учитывал од-

новременное воздействие на здание отдельных параметров. Климатический массив европейского "справочного года" был сформирован в соответствии со стандартом ISO 159274. Массив элементов был составлен из основных параметров, дополнительных и справочных элементов. Основные элементы непосредственно влияли на формирование типового года и отражали наиболее представительные значения параметра за рассматриваемую временную выборку. Дополнительные элементы (ветер) участвовали в выборе месяца после окончания основной обработки и влияли на окончательный выбор. Справочные элементы (теплосодержание и влагосодержание воздуха, а также интенсивность прямой солнечной радиации, приходящей на вертикальные поверхности) не участвовали в процедуре формирования типового года и были получены пересчетом из основных элементов [5].

Ежечасные климатические параметры стандартного (среднего) года были разработаны для южной и северной части Москвы и включали следующие параметры наружного воздуха: температуру, относительную влажность, влагосодержание, барометрическое давление, энтальпию, а также скорость ветра и суммарную солнечную радиацию на горизонтальную поверхность [6]. При формировании "справочного года" было осуществлено максимальное приближение выбранного календарного месяца к результатам долгосрочных осредненных наблюдений по таким критериям, как средние значения отдельных параметров; частотное распределение этих параметров; соотношения между различными параметрами в течение каждого месяца. Однако при таком подходе может быть утрачена взаимосвязь параметров в воздушной среде. Следует отметить, что значительная часть инженерных задач обеспечения требуемого микроклимата помещений базируется на преобразовании наружного воздуха во внутреннюю среду помещения. В этом случае каждый климатический параметр имеет определенное влияние на энергетические потребности зданий. Например, влажность (скрытая теплота) не учитывается в энергетических расчетах по



отоплению зданий, но существенно влияет на холодопроизводительность систем КВ. Температура и солнечная радиация влияют на тепловой режим здания. Для ряда территорий основным из доминирующих параметров может являться солнечная радиация, для других – скорость и направление ветра. Следовательно, для различных территорий актуальные параметры могут отличаться. При осреднении отдельных климатических параметров из определенной выборки может быть утрачена физическая связь между характеристиками воздуха, которую желательно сохранять при их годовом рассмотрении. Соответствие процессов теплообмена в режиме типового года для энергосберегающих технологий и оценки долговечности ограждающих кон-

струкций делает типовой год универсальным. На формирование температур на поверхности ограждений в суточном режиме существенное влияние оказывает солнечная радиация. В зависимости от климатических условий в месте строительства здания переменное воздействие температур в дневное и ночное время суток может отрицательно сказываться на наружных слоях конструкций [7].

В НИИСФ РААСН были также подготовлены варианты типового года с учетом процессов переработки наружного воздуха и ориентированные на решение инженерных энергосберегающих технологий. Основные характеристики "типовых" годов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№	Назначение	Метеорологические параметры
1	Утилизация теплоты вытяжного воздуха, обработка приточного наружного воздуха в вентиляционной установке	Ежечасные значения температуры наружного воздуха
2	Кондиционирование воздуха, утилизация холода вытяжного воздуха	Ежечасные значения температуры и относительной влажности, а также (справочно) энтальпии и влагосодержания наружного воздуха
3	Теплопотери заглубленных в грунт частей зданий и сооружений, энергоэффективность теплонасосных установок с грунтовым теплообменником	Ежечасные значения температуры наружного воздуха, интенсивности суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность и (дополнительно) скорости ветра
4	Теплопотери и теплопоступления (в том числе от солнечной радиации) в помещение	Ежечасные значения температуры наружного воздуха, интенсивности прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную и (справочно, в печатных таблицах не показаны, имеются только в электронной версии) восемь различно ориентированных по сторонам света вертикальных поверхностей, а также (дополнительно) скорости и направления ветра
5	Энергозатраты и энергоэффективность систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, утилизации теплоты вытяжного воздуха, теплонасосных установок при совместном расчете с теплопотерями и теплопоступлениями через наружную оболочку здания с учетом тепловой инерции помещений и без	Ежечасные значения температуры, относительной влажности (справочно), энтальпии и влагосодержания наружного воздуха; интенсивности прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную и (справочно, в печатных таблицах не показаны, имеются только в электронной версии) восемь различно ориентированных по сторонам света вертикальных поверхностей, а также (дополнительно) скорости и направления ветра

Из табл. 1 следует, что пятый вариант типового года рассчитан на широкий диапазон инженерных задач и располагает большим количеством метеорологических параметров, такой год может стать универсальным.

## В Ы В О Д Ы

При решении задач энергосбережения и долговечности ограждающих конструкций зданий следует учитывать годовой, месячный, суточный и почасовой ход изменения

климатических параметров, отдавая предпочтение универсальному "типовому году", в котором климатические параметры сохраняют физическую взаимосвязь между собой. В зависимости от специфических особенностей местности при расчетах параметров актуальными могут быть различные метеорологические характеристики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савин В.К. Энергосбережение и климатология // АВОК. – 2016, № 2. С. 72...77.
2. Вишневецкий Е.П., Чепурин Г.В., Салин М.Ю. Расчет теплофизических характеристик атмосферного воздуха // СОК – 2009, №11.
3. Волкова Н.Г. Динамика знакопеременной температуры наружного воздуха типового года. Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции ТГВ. – М.: МГСУ. – 2015. С. 70...76.
4. Волкова Н.Г. Об устранении теплового дискомфорта помещений в переходные периоды года // Архитектура и строительство. – 2014, № 3. С.93...96.
5. Малявина Е.Г., Иванов Д.С., Журавлев П.А., Крючкова О.Ю. Детали в разработке климатической информации специализированного "типового года" // Жилищное строительство. – 2013, №6. С. 36...38.
6. ipso.ru>files/tom -1pdf. Изменение № 1 СП 131.13330.2012 (Продолжение изменения №1 к СП 131.13330.2012 "Строительная климатология"). Приложение В. Климатические параметры для Москвы (север) и Новой Москвы.

7. Умнякова Н.П. Элементы навесных вентилируемых фасадов, определяющие их теплозащитные качества // Архитектура и строительство. – 2009, № 5. С. 372...380.

#### REFERENCES

1. Savin V.K. Jenergosberezhenie i klimatologija // AVOK. – 2016, № 2. S. 72...77.
2. Vishnevskij E.P., Chepurin G.V., Salin M.Ju. Raschet teplofizicheskikh harakteristik atmosfernogo vozduha // SOK – 2009, №11.
3. Volkova N.G. Dinamika znakoperemennoj temperatury naruzhnogo vozduha tipovogo goda. Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzhenija i ventiljacii TGV. – M.: MGSU. – 2015. S. 70...76.
4. Volkova N.G. Ob ustranении teplovogo diskomforta pomeshhenij v perehodnye periody goda // Arhitektura i stroitel'stvo. – 2014, № 3. S. 93...96.
5. Maljavina E.G., Ivanov D.S., Zhuravlev P.A., Krjuchkova O.Ju. Detali v razrabotke klimaticheskoj informacii specializirovannogo "tipovogo goda" // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2013, №6. S. 36...38.
6. ipso.ru>files/tom -1pdf. Izmenenie № 1 SP 131.13330.2012 (Prodolzhenie izmenenija №1 k SP 131.13330.2012 "Stroitel'naja klimatologija"). Prilozhenie V. Klimaticheskie parametry dlja Moskvuy (sever) i Novoj Moskvuy.
7. Umnyakova N.P. Jelementy navesnyh ventiliruemyh fasadov, opredel'jajushhie ih teplozashhitnye kachestva // Arhitektura i stroitel'stvo. – 2009, № 5. S.372...380.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

УДК 699.86

### ОСОБЕННОСТИ КРИТЕРИЯ БИО ДЛЯ ВЫСТУПАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЯ

#### FEATURES OF THE BIO CRITERION FOR EXPOSED BUILDING ELEMENTS

*Н.П. УМНЯКОВА, К.С. АНДРЕЙЦЕВА, В.А. СМИРНОВ*  
*N.P. UMNYAKOVA, K.S. ANDREJTSEVA, V.A. SMIRNOV*

(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: n.umniakova@mail.ru; belohvost@list.ru

*На основе экспериментальных значений распределения температур на поверхности и в толще балконной плиты выведено выражение для вычисления критерия Био для выступающих элементов здания, которое позволило определить условия теплообмена балконной плиты с окружающим наружным воздухом.*

*Based on the experimental values of the temperature distribution on the surface and in the thickness of the balcony slab, an expression was derived for calculating the Bio number for the protruding elements of the building, which made it possible to determine the conditions for the heat exchange of the balcony plate with the surrounding outside air.*

**Ключевые слова:** критерий Био, теплообмен, сопротивление теплопередаче, количество теплоты, балконная плита, температура.

**Keywords:** Bio number, heat transfer, thermal resistance, the amount of heat, balcony slabs, temperature.

В 60-70-е годы прошлого века фундаментальные работы ряда ученых при решении задач теплопроводности для различных конструкций сводили их к передаче теплоты по стержню, ребру или внутренней перегородке, которые описывались дифференциальным уравнением:

$$\left(\frac{d^2\tau}{dx^2}\right) - \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\lambda\delta}\right)}(\tau - t_b) = 0.$$

При этом принималось, что коэффициент теплопроводности  $\alpha$  является постоянной величиной, которая не зависит от длины (по оси абсцисс  $x$ ).

Используя решение этого дифференциального уравнения Ф.В. Ушковым [1] была получена аналитическая зависимость распределения температуры и теплового потока по длине внутренней перегородки, которая примыкает к стыку наружных стеновых панелей. В результате выполненных исследований установлена степень влияния внутренней перегородки на теплоизоляционные свойства стыков.

В.Н. Богословский в своей работе [2] также приводит решение этого дифференциального уравнения при теплопередаче по внутренней перегородке, которая примыкает к стыку наружной стеновой панели. Затем, базируясь на полученных зависимостях, использует их применительно к передаче теплоты в перегородке, когда в ней расположены обогревательные трубы.

Необходимо отметить при решении задачи теплопередачи по внутренней перегородке в работах [1], [2] величина коэффициента

теплообмена принималось как среднее постоянное значение, равное  $\alpha_b = 7,5$  Вт/м<sup>2</sup>·°С. Такое значение существующие нормы рекомендуют принимать при определении теплозащиты наружных стен.

Однако вопросы теплообмена, исследования изменения температур и тепловых потоков в конструкциях, выступающих наружу на поверхности фасада, рассмотрены не были. В связи с этим в климатических камерах НИИСФ РААСН и в натуральных условиях был проведен комплекс теплотехнических исследований [3...5] конструкции балконной плиты при двух вариантах решения узла ее сопряжения с наружной стеной – при традиционном устройстве перфорационных отверстий в междуэтажном перекрытии и с использованием несущего теплоизоляционного элемента Шекк-Изокорб. В результате были получены кривые распределения тепловых потоков и температур в толще и на поверхности балконной плиты при температурах наружного воздуха -10, -20, -30 и -40°С. Для исследования характера теплообмена балконной плиты с наружным воздухом на основе экспериментальных данных были вычислены и проанализированы значения критерия Био.

Критерий Био представляет особенно важный теплотехнический параметр, который позволяет выяснить условия степени охлаждения поверхности балконной плиты за счет теплообмена ее с окружающей воздушной средой. Его выражение в безразмерном виде можно представить следующей зависимостью:

$$Bi = \frac{\alpha_{н.б}\delta}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{н.б}$  – коэффициент теплообмена на поверхности балкона,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ ;  $\delta$  – половина толщины балконной плиты, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала балконной плиты,  $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ .

Определение сопротивления теплообмену на поверхности балконной плиты выполним с учетом полученных экспериментальных данных распределения температуры в ее толще  $\tau_{н.т}$  и на ее поверхности  $\tau_{н.б}$  следующим образом.

Количество теплоты, которое теряет балконная плита в результате разности температур  $(\tau_{н.т} - \tau_{н.б})$  за 1 ч через 1 м<sup>2</sup>, будет:

$$Q_{н.б} = \frac{\tau_{н.т} - \tau_{н.б}}{R_{н.б}} = (\tau_{н.т} - \tau_{н.б}) \frac{\lambda}{\delta}, \quad (2)$$

где  $R_{н.б}$  – половина термического сопротивления балконной плиты,  $\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ .

Количество теплоты, которое теряет 1 м<sup>2</sup> поверхности балконной плиты за 1 ч, будет:

$$Q_{н.б} = \alpha_{н.б} (\tau_{н.б} - t_n) = \frac{(t_b - t_n)}{R_{н.б}}, \quad (3)$$

где  $t_n$  – расчетная температура наружного воздуха,  $^\circ C$ ;  $R_{н.б}$  – сопротивление теплоотдачи поверхности балконной плиты,  $\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ .

Откуда

$$\frac{\tau_{н.т} - \tau_{н.б}}{\tau_{н.б} - t_n} = \frac{\alpha_{н.б} \delta}{\lambda} \text{ и } \frac{\tau_{н.т} - \tau_{н.б}}{\tau_{н.б} - t_n} = Bi, \quad (4)$$

или

$$\frac{\tau_{н.т} - \tau_{н.б}}{\tau_{н.б} - t_n} = \frac{\delta}{R_{н.б} \lambda} \text{ и } \frac{\tau_{н.т} - \tau_{н.б}}{\tau_{н.б} - t_n} = Bi. \quad (5)$$

Полученные выражения (4) и (5) позволяют вычислить величину критерия Био на базе имеющихся распределений температур в толще и на поверхности балконной плиты.

Проанализируем величины критерия Био по ширине балконной плиты на основе полученных в климатических камерах экспериментальных значений температур,

начиная от узла сопряжения балконной плиты с наружной стеной до ее торцевой части. Величина значений критерия  $Bi$  при  $t_n = -10^\circ C$ ,  $t_n = -20^\circ C$ ,  $t_n = -30^\circ C$  и  $t_n = -40^\circ C$  для конструкции балконной плиты по теплопроводному железобетонному включению, перфорации с теплоизоляционным материалом и несущему теплоизоляционному элементу Шекк приведены в табл. 1, из которой следует, что величина критерия  $Bi$  значительно меньше 1, и это характеризует интенсивный отток теплоты с поверхности балконной плиты на всем ее протяжении, и вследствие этих условий она интенсивно охлаждается.

Определим коэффициент теплоотдачи для конструкции узла шириной 1,4 м, состоящего из междуэтажного перекрытия, наружной стены и монолитной железобетонной балконной плиты, в которой перфорация с теплоизоляционным вкладышем имеет объем  $V_{пер.ут} = 0,12 \times 0,2 \times 0,5 = 0,012$  м<sup>3</sup>, а теплопроводное включение из железобетона имеет  $V_{пер.вк} = 0,12 \times 0,2 \times 0,2 = 0,0048$  м<sup>3</sup>. Для этого воспользуемся графиками распределения коэффициента теплоотдачи по теплопроводному железобетонному включению (рис. 1 – изменение коэффициента теплообмена на поверхности бетонной плиты при традиционном решении узла сопряжения наружной стены с балконной плитой с устройством перфорационных отверстий в перекрытии, заполненных теплоизоляционным материалом, в сечении по теплопроводному включению при  $t_n = -40^\circ C$  (1),  $t_n = -30^\circ C$  (2),  $t_n = -20^\circ C$  (3),  $t_n = -10^\circ C$  (4)) и по перфорации с теплоизоляционным вкладышем (рис. 2 – изменение коэффициента теплообмена на поверхности бетонной плиты при традиционном решении узла сопряжения наружной стены с балконной плитой с устройством перфорационных отверстий в перекрытии, заполненных теплоизоляционным материалом, в сечении по теплоизоляционному материалу при  $t_n = -40^\circ C$  (1),  $t_n = -30^\circ C$  (2),  $t_n = -20^\circ C$  (3),  $t_n = -10^\circ C$  (4)), а также при установке в узел сопряжения несущего теплоизоляционного элемента Шекк-Изокорб (рис. 3 – изменение среднего коэффициента теплообмена на поверхности бетонной плиты при

использовании несущего теплоизоляционного элемента Шекк в узле сопряжения наружной стены с балконной плитой при  $t_H = -40^\circ\text{C}$  (1),  $t_H = -30^\circ\text{C}$  (2),  $t_H = -20^\circ\text{C}$  (3),  $t_H = -10^\circ\text{C}$  (4).

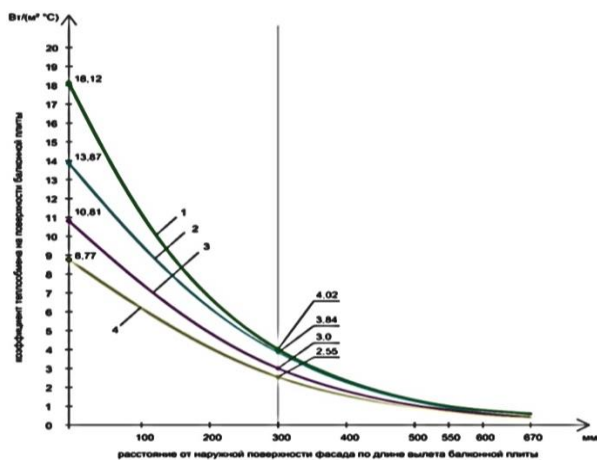


Рис. 1

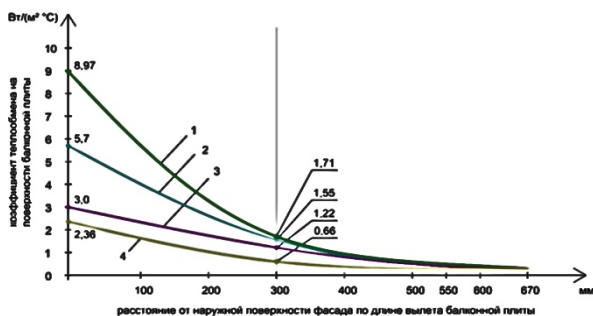


Рис. 2

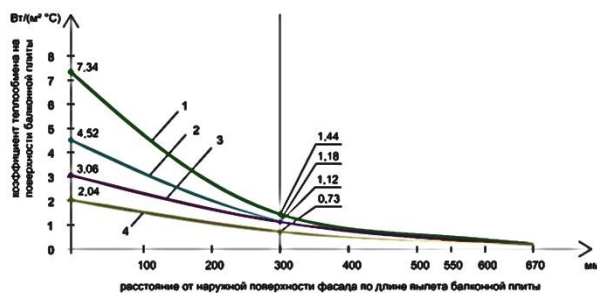


Рис. 3

Величину коэффициента теплоотдачи найдем как среднее значение с учетом объема, которое занимает теплопроводное включение  $V_{\text{пер.вк}}$  и теплоизоляционный вкладыш в перфорации  $V_{\text{пер.уг}}$ , по следующему выражению:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{в.теп.вк}} V_{\text{теп.вк}} + \alpha_{\text{в.пер.уг}} V_{\text{пер.уг}}}{V_{\text{теп.вк}} + V_{\text{пер.уг}}}$$

Проанализируем величины критерия Био по ширине балконной плиты на основе полученных в климатических камерах экспериментальных значений температур, начиная от узла сопряжения балконной плиты с наружной стеной до ее торцевой части. Величина значений критерия  $Bi$  при  $t_H = -10^\circ\text{C}$ ,  $t_H = -20^\circ\text{C}$ ,  $t_H = -30^\circ\text{C}$ ,  $t_H = -40^\circ\text{C}$  для конструкции балконной плиты по теплопроводному железобетонному включению, перфорации с теплоизоляционным материалом и несущему теплоизоляционному элементу Шекк приведены в табл. 1. Из табл. 1 следует, что величина критерия  $Bi$  значительно меньше 1, и это характеризует интенсивный отток теплоты с поверхности балконной плиты на всем ее протяжении, и вследствие этих условий она интенсивно охлаждается.

Поэтому при  $Bi < 1$  можно не учитывать температурный градиент в поперечном сечении балконной плиты. Тогда при решении дифференциального уравнения теплопроводности допустимо пренебречь двухмерным температурным полем, и процесс распределения теплоты вдоль балконной плиты следует рассматривать в одномерной постановке.

Таблица 1

Вид конструкции	Температура наружного воздуха, °C	Значения критерия $Bi$		
		по теплопроводному железобетонному включению	по перфорации с утеплением пенополистиролом	по конструкции с несущим теплоизоляционным элементом Шекк
Грань нижнего угла между стеной и балконной плитой	-40	0,89	0,44	0,36
	-30	0,68	0,28	0,222
	-20	0,53	0,158	0,149
	-10	0,43	0,115	0,1
На расстоянии 0,3 м от фасада здания (от грани наружного угла) по поверхности бетонной плиты	-40	0,195	0,084	0,071
	-30	0,159	0,076	0,055
	-20	0,15	0,06	0,058
	-10	0,125	0,03	0,05

## ВЫВОДЫ

1. На основании полученных экспериментальных значений температур на поверхности и в толще балконной плиты при различных вариантах сопряжения конструкции балкона с наружной стеной и междуэтажном перекрытии получено выражение для вычисления критерия Био на поверхности балконной плиты.

2. Анализ значений критерия Био, рассчитанных по выведенной формуле, показал, что при температурах наружного воздуха от  $-10$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  наибольшие численные значения наблюдаются в зоне примыкания балконной плиты к наружной стене, что свидетельствует о наиболее интенсивном теплообмене на этом участке балкона. По мере удаления от наружной поверхности стены значения критерия Био резко уменьшаются на участке балкона размером  $0,3$  м, а на расстоянии  $0,3$  м от наружной поверхности стены и до торца балкона происходит плавное изменение значений критерия Био.

3. На основе полученных значений критерия Био установлено, что по всей поверхности балконной плиты его значение меньше единицы ( $Bi < 1$ ), что дает возможность рассматривать задачу охлаждения балконной плиты при составлении дифференциального уравнения как одномерную, не учитывая температурный градиент в поперечном сечении плиты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ушков Ф.В. Теплотехнические свойства крупнопанельных зданий и расчет стыков. – М.: Изд-во "Литература по строительству", 1967.

2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1982. 3. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Теплообмен на поверхности выступающих элементов наружных ограждений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С.157...160.

4. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Эффективное конструктивное решение узла оболочки здания и биосферная совместимость // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013, № 4. С.51...64.

5. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Инженерный метод расчета температуры в узле сопряжения наружной стены с монолитными междуэтажным и балконным плитами при использовании несущего теплоизоляционного элемента Шекк-Изокорб // Строительство и реконструкция. – 2013, № 6 (50). С.53...64.

## REFERENCES

1. Ushkov F.V. Teplotekhnicheskie svojstva krupnopanel'nyh zdaniy i raschet stykov. – M.: Izd-vo "Literatura po stroitel'stvu", 1967.

2. Bogoslovskij V.N. Stroitel'naja teplofizika / 2-e izd., pererab i dop. – M.: Vysshaja shkola, 1982.

3. Umnjakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Teploobmen na poverhnosti vystupajushhih jelementov naruzhnyh ograzhdenij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S.157...160.

4. Umnjakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Jefferktivnoe konstruktivnoe reshenie uzla obolochki zdanija i biosfernaja sovmestimost' // Biosfernaja sovmestimost': chelovek, region, tehnologii. – 2013, №4. S.51...64.

5. Umnjakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Inzhenernyj metod rascheta temperatury v uzle soprjazhenija naruzhnoj steny s monolitnymi mezhdujetazhnym i balkonnym plitami pri ispol'zovanii nesushhego teploizoljacionnogo jelementa Shekk-Izokorb // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2013, № 6 (50). S.53...64.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 03.04.17.

.....

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАЛОЭТАЖНОГО СТРОЕНИЯ

### AUTOMATION OF HEAT SUPPLY FUNCTIONAL SCHEME OF TEXTILE LOW-RISE BUILDINGS

*P.M. АЛОЯН, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, Н.В. ВИНОГРАДОВА, В.А. ВОРОНОВ*  
*R.M. ALOYAN, V.N. FEDOSEEV, N.V. VINOGRADOVA, V.A. VORONOV*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: 4932421318@mail.ru

*В статье рассматривается применение автоматических систем управления зданиями для более полного и рационального использования энергоресурсов. Автоматические системы управления обеспечивают качество управления работой отдельных объектов и всей системы теплоснабжения в целом, повышают надежность и уровень эксплуатации систем теплообеспечения, способствуют экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов.*

*The article discusses the use of automated building management systems for a more complete and rational use of energy resources. Automatic control systems ensure the quality control of individual objects and the entire system of heat supply in General, increase the reliability and utilization of systems of heating, saves energy, material and labor resources.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, подсистема, автоматическая система управления, теплоснабжение, энергоэффективность, экономичность.

**Keywords:** energy saving system, automatic control system, heat supply, energy efficiency, economy.

Применение автоматических систем управления зданиями (автономными строениями) существенно сокращает расход энергии. С точки зрения энергоснабжения используются технологии рекуперации тепла, отопление тепловыми насосами, системами солнечных панелей, светодиодное освещение, индивидуальные тепловые пункты и т.д.

Для более полного и рационального использования энергоресурсов предлагается рассмотреть (применить) систему автоматического управления теплоснабжением, например, швейного цеха, цель которой – снижать перерасход ресурсов до минимума.

В большинстве случаев тепловые пункты зданий до сих пор присоединены к наружным тепловым сетям по зависимой элеваторной схеме с помощью нерегулируемых водоструйных насосов.

В рассматриваемом варианте предлагается система автоматического управления теплоснабжением на базе воздушно-теплого насоса (ВТН). В этом случае принимаем решение о разбиении объекта управления на контуры автоматического регулирования, каждый из которых имеет свою задачу, направленную на выполнение общей задачи системы теплоснабжения.

На рис.1 представлена функционально-структурная схема подсистем управления теплоснабжением строения (*подсистемы 1.1.;1.2.;1.3.;1.4.*).

*Первая* подсистема через процессор управляет ВТН, совмещенным с маломощным (резервным) электродкотлом (ЭК) по датчику считываемой температуры с буферной емкости, тем самым стабилизирует на заданном уровне состояние контура (ВТН-БЕ), (рис. 1, *подсистема 1.1.*).

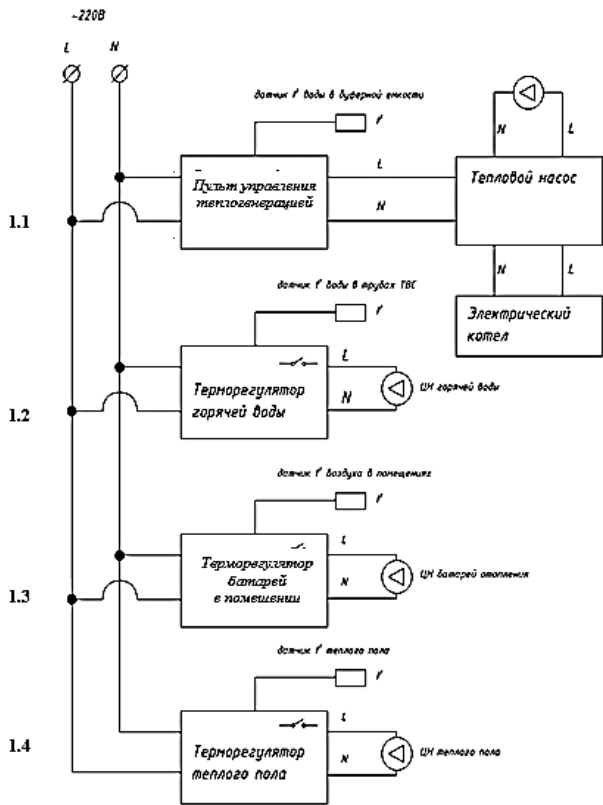


Рис. 1

Вторая подсистема стабилизирует на заданном уровне через терморегулятор и цен-

тробежный насос температуру  $t$  горячего водоснабжения (рис. 1, подсистема 1.2.).

Третья подсистема управляет процессом теплообмена между жидкостью в радиаторах, находящихся внутри помещения, и воздухом внутри помещения через датчик температуры  $t$  и терморегулятор (термостат), который управляет центробежным насосом теплоносителя в контуре обогреваемого помещения (рис. 1, подсистема 1.3.).

Четвертая подсистема управляет процессом теплообмена в помещении через терморегулятор теплого пола, воздействуя на центробежный насос по температуре датчика  $t$ , находящегося в рукавах теплого пола (рис. 1, подсистема 1.4.).

Исходя из перечисленных подсистем, можно выделить управляющие, управляемые величины и возмущающие воздействия.

Параметры, с помощью которых система управления воздействует на объект управления (ОУ) через подсистемы, – это частота вращения насосов (скорость  $V$ ).

В качестве возмущающих воздействий в данной системе это будет включение – отключение радиаторов или теплого пола.

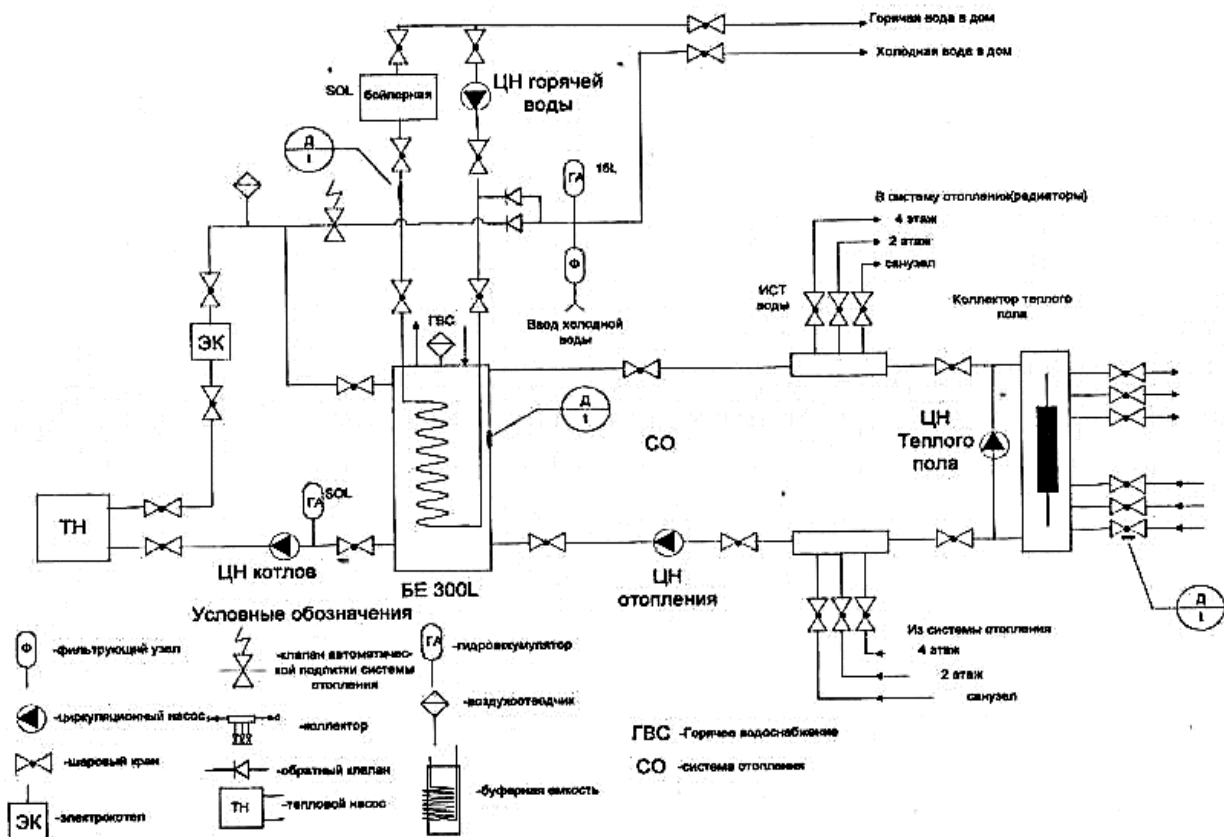


Рис. 2



Раскрывая работоспособность приведенной функционально-структурной схемы управления, соответствующей гидравлической схеме теплоснабжения (рис. 2 – гидравлическая (функционально-структурная) схема системы теплообеспечения помещения), решаем задачу оперативного управления теплоснабжением автономного строения (швейного цеха, иного производственного помещения).

В этом случае предлагаемые подсистемы, регулируя параметры всей системы в реальном времени, технологически соответствуют режиму работы автономного малоэтажного строения текстильного профиля.

Такая система достаточно экономична и энергоэффективна. Применяя современные энергосберегающие автоматизированные решения через регулирование подсистем, можно учитывать погодные факторы по датчику температуры наружного воздуха, внутреннего, тепловые характеристики здания и теплогидравлические характеристики системы.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемая система апробирована в реальных условиях для теплоснабжения малоэтажного строения (швейный цех) площадью 200 м<sup>2</sup>. Экономический эффект составит до 40% от затраченных энергоресурсов.

1. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б. Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непроизводственного назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С.18...21.

2. Воронов В.А., Емелин В.А., Федосеев В.Н., Зайцева И.А. Климатические условия и факторы, влияющие на производительность воздушного теплового насоса // Сб. научн. тр.: Теория и практика технических, организационно-технических и экономических решений. – Иваново, 2015. С.241...251.

3. Филиппов С.П., Дильман М.Д., Ионов М.С. Эффективность использования тепловых насосов для теплоснабжения малоэтажной застройки // Теплоэнергетика. – 2011, №11. С. 12...19.

## REFERENCES

1. Alojjan R.M., Fedoseev V.N., Petruhin A.B. Jekonomicheskaja jeffektivnost' vozdušno-teplovых nasosov dlja ob"ektov proizvodstvennogo i neproizvodstvennogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S.18...21.

2. Voronov V.A., Emelin V.A., Fedoseev V.N., Zajceva I.A. Klimaticheskie uslovija i faktory, vlijajushie na proizvoditel'nost' vozdušnogo teplovogo nasosa // Sb. nauchn. tr.: Teorija i praktika tehničeskij, organizacionno-tehničeskij i jekonomičeskij reshenij. – Ivanovo, 2015. S.241...251.

3. Filippov S.P., Dil'man M.D., Ionov M.S. Jeffektivnost' ispol'zovanija teplovых nasosov dlja teplosnabzhenija malojetazhnoj zastrojki // Teplojenergetika. – 2011, №11. S. 12...19.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 20.04.17.

**НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ СУСЛОВ**  
**РЕКТОР КОСТРОМСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА С 1964 ПО 1983 гг.**  
**(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

**NIKOLAY NIKOLAEVICH SUSLOV**  
**THE RECTOR OF KOSTROMA TECHNOLOGICAL INSTITUTE FROM 1964 TO 1983 YEARS**  
**(TO THE 100 ANNIVERSARY)**

27 февраля 2017 г. ведущему ученому в области первичной обработки лубяных волокон, Заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, профессору, доктору технических наук Николаю Николаевичу Суслову исполнилось 100 лет со дня рождения.

Н.Н. Суслов родился 27 февраля 1917 г. в д. Михалево Шуйской волости Тотемского уезда Вологодской губернии в семье крестьянина-середняка Николая Михайловича Суслова. В 1932 г. Н.Н. Суслов поступил на первый курс Вологодского автомобильно-дорожного техникума, который и окончил в 1936 г., получив квалификацию техника по постройке и эксплуатации автогужевых дорог.

В 1939 г. Н.Н. Суслов поступает на первый курс Куйбышевского института, а в феврале 1941 г. переводится на второй курс механического факультета Костромского текстильного института. В 1943 г. ему назначают Сталинскую стипендию за отличную учебу. В июле 1944 г. Н.Н. Суслов окончил институт с отличием и получил квалификацию инженера-механика по специальности "Первичная обработка лубяных волокон".

С 1.09.1944 г. Н.Н. Суслов был оставлен в институте в должности управляющего учебно-производственными лабораториями.



В апреле 1945 г. он поступает в аспирантуру и учится у профессора А.Н. Сивцова. 29 июня 1950 г. Н.Н. Суслов защитил кандидатскую диссертацию на тему "Элементы анализа плющильного процесса" в диссертационном совете Московского текстильного института.

С августа 1954 г. он возглавил кафедру первичной обработки лубяных волокон и был ее бессменным руководителем до 1984 г.

В 1954-1955 гг. Н.Н. Сулов работает заместителем директора КТИ по учебной и научной работе.

В 1962-1964 гг. Николай Николаевич работает секретарем парткома института. В марте 1963 г. он защищает докторскую диссертацию на тему "Исследования процесса трепания льна" в диссертационном совете Московского текстильного института, а 1 октября 1963 г. ВАК Министерства высшего и среднего специального образования СССР утвердила его в ученом звании профессора.

11 июля 1964 г. Приказом министра высшего и среднего образования РСФСР профессор Н.Н. Сулов был назначен ректором Костромского технологического института и возглавлял его в течение 19 лет, до ухода на пенсию 10 октября 1983 г.

За все эти годы институт активно развивался практически по всем направлениям вузовской деятельности. В 1965 г. в вузе начал работать совет по защите кандидатских диссертаций по трем специальностям. За период работы Н.Н. Суслова ректором в совете были защищены 312 кандидатских диссертаций. В 1977 г. в институте был открыт совет по защите докторских диссертаций по двум специальностям. За время работы Н.Н. Суслова в совете были защищены 9 докторских диссертаций.

Много было сделано Н.Н. Сусловым по развитию материальной базы вуза, по строительству учебных корпусов и общежитий. В 1964 г. был введен в строй учебно-лабораторный корпус "Б", а в 1969 г. для лесомеханического факультета построен корпус "Д". В 1971 г. вводится в строй общежитие №2, а в 1977 г. – общежитие №4, где разместились студенты механико-технологического факультета.

В 1982 г., к празднованию 50-летия образования КТИ, было завершено строительство заволжского учебного корпуса "Е", предназначенного для занятий студентов младших курсов.

19 августа 1982 г. Президиум Верховного Совета СССР в связи с 50-летием образования вуза наградил коллектив Костромского технологического института орденом Трудового Красного Знамени.

Проф. Н.Н. Суслов занимает особое место среди создателей научных школ нашего института. Среди обширных научных интересов Н.Н. Суслова наиболее значимыми были вопросы процессов мятья и трепания льняного сырья, как основные технологии механической обработки лубяных растений. Вместе со своими учениками он проводил фундаментальные и прикладные исследования по актуальным тематикам. Изучал и совершенствовал технологии и оборудование для промышленного приготовления тресты; механическую обработку льна, конопли и кенафа. В итоге его работ были созданы новые технологические процессы по переработке лубяных растений, разработано новое оборудование, которое было внедрено на предприятиях страны.

Н.Н. Суслов автор шести учебников по специальности первичной обработки лубяных волокон, которые были утверждены Минвузом СССР в качестве учебников для вузов и техникумов по курсу первичная обработка лубяных волокон.

За 35 лет руководства аспирантурой им подготовлены 32 кандидата технических наук. Вместе с учениками и коллегами он получил 25 авторских свидетельств на изобретения, им были опубликованы 62 научные работы.

Ученики проф. Н.Н. Суслова работали и работают в промышленности, научно-исследовательских организациях, университетах, возглавляют целые отрасли промышленности и являются ведущими учеными в области первичной обработки лубяных волокон.

С 1970 по 1982 гг. школу студенческих строительных отрядов прошли почти девять тысяч студентов, которые освоили более 15 млн. руб. капитальных вложений на стройках области. Многие годы институтский ССО держал по всем показателям первенство среди вузовских отрядов страны. В результате успехов в развитии ССО ЦК ВЛКСМ наградил коллектив вуза в 1978 и 1979 гг. Красными знаменами, а ректор Н.Н. Суслов в 1982 г. был награжден знаком ЦК ВЛКСМ "Трудовая доблесть".

Работая ректором института, Николай Николаевич жил полной жизнью не только администратора, но и педагога, ученого, общественного деятеля. В разные годы он избирался членом городского и областного комитетов КПСС, депутатом районного, городского и областного Советов народных депутатов. Постановлением Совета Министров СССР от 20.08.1979 г. он был утвержден членом комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники, а также членом Комиссии по премиям Совета Министров СССР, где был председателем секции легкой, пищевой промышленности и товаров народного потребления. Много лет он был активным членом редколлегии научного журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", постоянно участвуя в

рецензировании и подготовке статей к печати.

Н.Н. Суслов награжден шестью медалями, орденом "Знак Почета" и орденом Трудового Красного Знамени. Ему были вручены знаки Минвуза СССР "За отличные успехи в работе в области высшего образования СССР", Всесоюзного общества "Знание" за активную работу.

Также он был награжден Почетными грамотами Минвуза СССР и РСФСР, Костромского обкома КПСС и Облисполкома. Решением Костромского горисполкома ему было присвоено звание "Почетный гражданин г. Костромы".

В марте 1977 г. Н.Н. Суслову присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки и техники РСФСР".

Н.Н. Суслов ушел от нас в сентябре 1990 г. Но светлая память о нем осталась благодаря его огромной любви к людям, его большому творческому наследию, неоценимому вкладу в развитие науки, высшего образования, которые продолжают служить нашему вузу, городу, стране. Его именем названа улица рядом с учебным корпусом "Е" в Заволжье. На главном здании университета установлена мемориальная доска в его честь.

**Ректорат и профсоюзная организация  
Костромского государственного университета.  
Редколлегия и редакция журнала "Известия  
вузов. Технология текстильной промышленности".**

.....

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

<i>Подгорный Б.Б.</i> Инвестиции в текстильную отрасль: проблемы и решения .....	5
<i>Малкова Т.Б., Халезов А.В., Выполскова Е.Н., Масюк Н.Н.</i> Актуальные вопросы инвестиционно-инновационного механизма в Ивановском регионе .....	9
<i>Гумба Х.М., Власенко В.А.</i> Стратегия развития инновационной деятельности в промышленности и строительстве: обоснование регионального аспекта .....	14
<i>Бурова О.А.</i> Человеческий капитал как фактор роста экономики страны и технологического обновления производства .....	19
<i>Вайниток Н.Р.</i> Исследование рентабельности как показателя оценки эффективности хозяйственной деятельности текстильных предприятий .....	22
<i>Дикарева В.А., Овсепян Т.А.</i> Методика оценки влияния методов управления на конкурентоспособность предприятий реального сектора экономики .....	27
<i>Бадалова А.Г., Канхва В.С.</i> Реализация системности в промышленном риск-менеджменте .....	30
<i>Заславская И.В.</i> Проблемы оценки основных средств предприятий текстильной промышленности в российском бухгалтерском учете .....	34
<i>Канхва В.С., Ефремян Б.Л.</i> Анализ и классификация рисков в зависимости от жизненного цикла предприятия .....	37
<i>Козлова О.А.</i> Теневая экономика – как один из факторов стагнации текстильной промышленности России .....	41
<i>Ларионов А.Н., Викторов М.Ю.</i> Актуальные проблемы энергоэффективного строительства объектов текстильной промышленности .....	45
<i>Луговая В.П.</i> Выбор энергоэффективных экологических технологий в условиях дефицита энергоресурсов .....	49
<i>Лукманова И.Г.</i> Система конкурентных отношений на современном рынке .....	53
<i>Лукманова И.Г., Ладыгина Е.Е.</i> Клиентоориентированный подход к обеспечению конкурентоспособности предприятий .....	57
<i>Лукманова И.Г., Петрова С.Н.</i> Факторы развития и особенности инновационной восприимчивости организаций .....	61
<i>Мишланова М.Ю., Патрина Т.К.</i> Методы оценки эксплицитных транзакционных издержек хозяйствующего субъекта .....	65
<i>Нежникова Е.В., Канхва В.С.</i> Инвестиции в процессы реновации в условиях изменения среды жизнедеятельности .....	70
<i>Нидзий Е.Н.</i> Основы эффективного управления развитием бренда на предприятиях отрасли .....	73
<i>Папельнюк О.В.</i> Повышение конкурентоспособности предприятия на основе организации системы инновационного менеджмента .....	77
<i>Полити В.В.</i> Теоретические и практические аспекты проявления экономической турбулентности в рыночной среде предприятия .....	81
<i>Силка Д.Н.</i> Перспективы специализации производства в условиях ускоренного развития технологий .....	85
<i>Яськова Н.Ю.</i> К вопросу о движущих силах процессов экономической трансформации .....	89

**Материаловедение**

<i>Давыдов А.Ф., Белкин Н.А.</i> Изучение свойств тканей для верхнего намета палаток в процессе ускоренного старения .....	94
--	----

<i>Асланян А.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Федулова Т.Н.</i> Оценка воздействия жидких строительных отделочных материалов на ткани для пошива рабочей одежды .....	98
<i>Любименко А.И., Чигиринова М.В., Чуланов Э.Ю.</i> Качество текстиля как важнейший фактор конкурентоспособности женского белья .....	100
<i>Ярмаковский В.Н.</i> Об инновационных технологиях переработки крупнотоннажных техногенных отходов в низкоэнергоемкие и экономически эффективные строительные материалы .....	107
<i>Желдаков Д.Ю., Гагарин В.Г.</i> Терминология и общая теория прогнозирования предельной долговечности конструкций .....	114
<i>Коркина Е.В., Шмаров И.А., Гагарин В.Г.</i> Классификация покрытий оконных стекол по светопропусканию .....	118
<i>Король Е.А.</i> Анализ конструктивных решений наружных стен для повышения теплозащиты при строительстве и реконструкции инфраструктуры производственных предприятий .....	124
<i>Карпенко С.Н., Петров А.Н.</i> Влияние прочности бетона на механизм разрушения балки-стенки .....	130
<i>Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ерышев В.А.</i> Диаграммы материалов в расчетах железобетонных элементов при центральном сжатии и растяжении с учетом усадки бетона .....	135
<i>Истомин А.Д.</i> Работа центрально-растянутых железобетонных элементов при отрицательной температуре .....	141
<i>Тонких Г.П., Глаголев А.В., Бузин Р.А., Павленко И.А., Осипов П.В.</i> Экспериментальные исследования сейсмоусиления железобетонных ядер жесткости системой внешнего армирования на основе углеволокна .....	145
<i>Жарницкий В.И., Курнавина С.О.</i> Механизм разрушения железобетонных балок по наклонным сечениям при действии особых нагрузок .....	150

### **Первичная обработка. Сырье**

<i>Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Алтухова И.Н., Пучков Е.М.</i> Технология переработки безнаркотической конопли после зернового комбайна в однотипное и штапелированное волокно .....	156
---	-----

### **Прядение**

<i>Медведев А.В., Разумеев К.Э.</i> Особенности изменения натяжения при сматывании нитей из оксида алюминия с вращающейся катушки .....	161
---	-----

### **Ткачество**

<i>Сафонов П.Е., Юхин С.С.</i> Изучение натяжения нитей основы при формировании тканей комбинированных и сложных переплетений на станках различной конструкции .....	166
<i>Панин И.Н., Николаев С.Д., Кащеев О.В., Николаева Н.А.</i> Структура мотальной паковки для очистки сточных вод, обеспечивающая прохождение пузырьков воздуха через нее .....	172
<i>Джаббарова Г.З., Нуриев М.Н.</i> Формирование паковок с синусоидальным изменением скорости нитеводителя .....	176

### **Отделка**

<i>Третьякова А.Е., Ороспаева П.А., Кузнецова Е.Э., Сафонов В.В.</i> Разработка состава комплексных полиуретановых загустителей с природными полимерами в пигментной печати .....	181
---	-----

### **Технология нетканых материалов**

<i>Хосровян А.Г., Тувин М.А., Красик Т.Я., Хосровян Г.А., Тувин А.А.</i> Математическая модель движения волокна при его съеме ускорющимся воздушным потоком с гарнитуры вращающегося пильчатого барабана .....	185
--	-----

<i>Дерябина А.И., Лисиенкова Л.Н.</i> Исследование теплового сопротивления нетканых материалов при их циклическом сжатии .....	189
<b>Трикотажное производство</b>	
<i>Корниенко Е.И., Заваруев В.А., Фомина О.П., Пивкина С.И., Куприянова Т.О.</i> Способ вязания двойного кулирного трикотажа с дополнительным петельным слоем .....	193
<b>Швейное производство и дизайн</b>	
<i>Савина Н.В.</i> Трансформация орнаментальных традиций ивановского текстильного рисунка в период 1950-1980-х годов .....	198
<i>Гусева М.А., Зарецкая Г.П., Бахадурова З.Б., Айкян Д.А.</i> Исследование влияния модельных особенностей на эргономические свойства школьной формы .....	202
<b>Текстильные машины и агрегаты</b>	
<i>Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н., Макаров В.А.</i> Методика расчета рабочих нагрузок в ремизе ткацкой машины .....	206
<i>Кривошеина Е.В., Букалов Г.К.</i> Модель изнашивания стальной пластины тормоза уточной нити станка СТБ в период установившегося изнашивания .....	211
<i>Топилин А.Н.</i> К статическому расчету пластинчато-стержневых ферм различных конструктивных систем .....	216
<b>Автоматизация технологических процессов</b>	
<i>Грушина Ю.С., Иванов А.В., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> Автоматизация метода испытания на ударную прочность геосинтетических материалов для дорожного строительства .....	223
<b>Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика</b>	
<i>Кришан А.Л., Римшин В.И., Теличенко В.И., Рахманов В.А., Наркевич М.Ю.</i> Практическая реализация расчета несущей способности трубобетонных колонн .....	227
<i>Грунин Ю.Б., Грунин Л.Ю., Шевелева Н.Н., Масас Д.С., Федосов С.В., Котлов В.Г.</i> Характер изменения надмолекулярной структуры целлюлозы в процессе ее увлажнения .....	233
<i>Соколов Б.С., Трошков Е.О.</i> Реконструкция и новое строительство зданий легкой промышленности с использованием несущей системы "УИКСС" .....	237
<i>Смирнов В.А., Смоляков М.Ю., Цукерников И.Е.</i> Оценка эффективности виброизоляции конструкций на основе щебеночной засыпки .....	241
<i>Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В.</i> Аспекты производственной и экологической безопасности при строительстве и реконструкции объектов с подземной частью в рыхлых водонасыщенных песках .....	245
<i>Леденев В.И., Макаров А.М., Матвеева И.В., Шубин И.Л.</i> Методика оценки коэффициентов звукопоглощения в производственных помещениях с технологическим оборудованием .....	249
<i>Гусев В.П., Сидорина А.В., Антонов А.И., Леденев В.И.</i> Проектирование звукоизоляции крупногабаритных вентиляционных каналов .....	254
<i>Гусев В.П., Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И.</i> Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных помещениях с перегородками неполной высоты .....	260
<i>Киселёв И.Я.</i> Радиационный теплоперенос через минераловатные изделия различной плотности при изменении температуры .....	267
<i>Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Пастушков П.П.</i> Импульсное взаимодействие струй с проницаемой границей .....	270

<i>Шеина С.Г., Умнякова Н.П., Миненко Е.Н.</i> Управление устойчивым ресурсосбережением в жилищном фонде российских городов .....	277
<i>Хромченков В.Г., Шютс У., Яворовский Ю.В., Жигулина Е.В., Гашио Е.Г., Султангузин И.А., Андрейцева К.С., Войтович Е.В., Зайцев С.В.</i> К вопросу системной оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в системах теплоснабжения городов .....	281
<i>Кочкин А.А., Шашкова Л.Э., Шубин И.Л.</i> Влияние измененной изгибной жесткости на звукоизоляцию вибродемпфированного элемента .....	286
<i>Малявина Е.Г., Умнякова Н.П.</i> Величина добавки к основным теплопотерям помещения с числом наружных стен более одной .....	291
<i>Смирнов В.А.</i> Снижение импульсных нагрузок на перекрытия с помощью динамических гасителей колебаний .....	296
<i>Ванус Д.С.</i> Оценка безопасности железобетонных плит, опертых по контуру при техногенных воздействиях .....	299

### **Информационные технологии**

<i>Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Монахов В.В.</i> Исследование робастности старения полимерных нитей и волокон методами компьютерной имитации .....	305
---	-----

### **Механика нити и полотен**

<i>Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М.</i> Качественный анализ деформационно-релаксационных свойств арамидных шнуров горноспасательного назначения .....	309
---	-----

### **Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения**

<i>Голубчикова А.В., Мовшиович П.М., Лазуренко С.Б., Павлюченко Е.В., Разумеев К.Э.</i> Критерии эффективности адаптационных текстильных инструментов для детей с ОВЗ .....	314
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Грузинцева Н.А.</i> Тенденции и перспективы применения геотекстильных материалов в дорожном строительстве .....	318
<i>Гитман Е.К., Данилов А.Н., Столбова И.Д.</i> Оценка открытости образовательной системы вуза на основе синергетического подхода .....	321
<i>Волкова Н.Г.</i> К выбору универсального "типового года" .....	327
<i>Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А.</i> Особенности критерия БИО для выступающих элементов здания .....	330
<i>Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В., Воронов В.А.</i> Автоматизация функционально-структурной схемы теплообеспечения текстильного малоэтажного строения .....	335
<i>Николай Николаевич Суслов.</i> Ректор Костромского технологического института с 1964 по 1983 гг. (К 100-летию со дня рождения) .....	338

## **CONTENTS**

### **Economics and Production Planning**

<i>Podgorny B.B.</i> Investment in the Textile Industry: Problems and Solutions .....	5
<i>Malkova T.B., Khalezov A.V., Vypolskova E.N., Masyuk N.N.</i> Topical Issues of Investment-Innovation Mechanism in the Ivanovo Region .....	9
<i>Gumba H.M., Vlasenko V.A.</i> Strategy of Development of Innovative Activity in Industry and Construction: the Rationale of the Regional Dimension .....	14



<i>Burova O.A.</i> Human Capital as a Factor of Economic Growth of the Country and Technological Renewal of Production .....	19
<i>Vainshtok N.R.</i> The Study of Profitability as an Indicator of the Assessment the Efficiency of Economic Activities of the Textile Enterprises .....	22
<i>Dikareva V.A., Ovsepyan T.A.</i> The Methodology for Assessing the Impact of Management Practices on the Competitiveness of the Enterprises of Real Sector of Economy .....	27
<i>Badalova A.G., Kankhva V.S.</i> Implementation of the Systematic Approach To Industrial Risk-Management .....	30
<i>Zaslavskaya I.V.</i> Problems of Valuation of Fixed Assets of Textile Enterprises in Russian Accounting .....	34
<i>Kankhva V.S., Efremyan B.L.</i> Analysis and Classification of Risks Based on from the Life Cycle of the Enterprise .....	37
<i>Kozlova O.A.</i> The Shadow Economy – as A Factor in the Russian Textile Industry Stagnation .....	41
<i>Larionov A.N., Viktorov M.Yu.</i> Current Problems of Energy Efficient Construction of Objects of Textile Industry .....	45
<i>Lugovaja V.P.</i> Choosing Energy Efficient Environmentally Friendly Technologies in Deficit Situation of Energy .....	49
<i>Lukmanova I.G.</i> The System of Competitive Relation on the Market Today.....	53
<i>Lukmanova I.G., Ladygina E.E.</i> Customer-Centric Approach To Securing Business Competitiveness .....	57
<i>Lukmanova I.G., Petrova S.N.</i> Development Factors and Features of Innovation Susceptibility of the Organizations .....	61
<i>Mishlanova M.Yu., Patrina T.K.</i> Methods of Evaluation Explicit Transaction Costs of the Entity .....	65
<i>Nezhnikova E.V., Kankhva V.S.</i> Investments in Renovation Processes in A Changing Environment .....	70
<i>Nidziy E.N.</i> The Foundations of Effective Management of the Development of the Brand in the Enterprise Sector .....	73
<i>Papelnyuk O.V.</i> Increase of Business Competitiveness of Enterprise on the Basis of the Organization of Innovative Management System .....	77
<i>Politi V.V.</i> Theoretical and Practical Aspects of the Action of Economic Turbulence in the Market Environment of the Enterprise .....	81
<i>Silka D.N.</i> The Prospects of the Industry in Terms of Accelerated Development of Technologies .....	85
<i>Yaskova N.Yu.</i> To the Question about the Driving Forces of Economic Transformation .....	89

## Materials

<i>Davydov A.F., Belkin N.A.</i> The Study of the Properties of Fabrics for the Upper Tentorium Tents in the Process of Accelerated Aging .....	94
<i>Aslanyan A.A., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Fedulova T.N.</i> Impact Assessment Construction of Liquid Finishing Materials on Fabrics for Work Clothes .....	98
<i>Lyubimenko A.I., Chigirina M.V., Chulanov E.Yu.</i> Quality Textile as an Important Factor of Competitiveness Lingerie .....	100
<i>Yarmakovskiy V.N.</i> About Innovative Technologies of Processing of Large Tonnage By-Products in Low Energy Consumption and Cost-Effective Building Materials .....	107
<i>Zheldakov D.Yu., Gagarin V.G.</i> Terminology and General Theory of Prediction of the Critical Durability of the Structures .....	114
<i>Korkina E.V., Shmarov I.A., Gagarin V.G.</i> Classification of Coatings of Window Glass on Light Transmission .....	118
<i>Korol E.A.</i> The Analysis of Constructive Solutions of External Walls for Increase the Heat-Shielding of Construction and Reconstruction of Infrastructure of Manufacturing Enterprises .....	124
<i>Karpenko S.N., Petrov A.N.</i> Influence of Concrete Strength on the Fracture Mechanism of Deep Beam .....	130
<i>Karpenko N.I., Karpenko S.N., Eryshev V.A.</i> Chart of Materials in the Calculations of Reinforced Concrete Elements under Central Compression and Tension Taking into Account the Shrinkage of Concrete .....	135
<i>Istomin A.D.</i> Behavior of the Centrally-Stretched Reinforced Concrete Elements at Negative Temperature .....	141
<i>Tonkikh G.P., Glagolev A.V., Buzin R.A., Pavlenko I.A., Osipov P.V.</i> Experimental Study of Seismic Reinforcement of the Reinforced Concrete Construction By Externally Bonded FRP Systems .....	145
<i>Jarnytsky V.I., Kurnavina S.O.</i> Failure Mechanism of Reinforced Concrete Beams on the Inclined Sections under the Emergency Loads .....	150

## **Preliminary Treatment. Raw Materials**

<i>Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Altukhova I.N., Puchkov E.M.</i> Technology of Processing of Hemp after the Grain Combine in the Same and Chopped Fibre .....	156
---	-----

### **Spinning**

<i>Medvedev A.V., Razumeev K.E.</i> Features of Change of Tension in Winding Threads of Aluminum Oxide with a Rotating Coil .....	161
---	-----

### **Weaving**

<i>Safonov P.E., Yukhin S.S.</i> The Research of Tension Warp Threads in Forming Fabrics Combined and Complex Weaves on Looms of Various Constructions .....	166
<i>Panin I.N., Nikolaev S.D., Kascheyev O.V., Nikolaeva N.A.</i> The Structure of the Winding Packages for Wastewater Treatment, Allowing the Passage of Air Bubbles Through It .....	172
<i>Dzhabbarova G.Z., Nuriev M.N.</i> Formation Packages with a Sinusoidal Rate of Change of the Yarn Feeder .....	176

### **Finishing**

<i>Tretyakova A.E., Orospaeva P.A., Kuznetsova E.E., Safonov V.V.</i> Development of the Composition of Complex Polyurethane Thickeners with Natural Polymers in the Pigment Printing .....	181
---	-----

### **Technology of Non-Wovens**

<i>Khosrovyan A.G., Tuvin M.A., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A., Tuvin A.A.</i> Mathematical Model of Fiber Motion in the Removal By the Accelerating Air Flow from Tape of Rotating Serrated Drum .....	185
<i>Deryabina A.I., Lisienkova L.N.</i> The Study of Thermal Resistance of Nonwoven Fabric at Cyclic Compression .....	189

### **Knitting**

<i>Kornienko E.I., Zavaruev V.A., Fomina O.P., Pivkina S.I., Kupriyanova T.O.</i> Method of Knitting Double Kulirniy Knitwear with an Additional Loop Layer .....	193
---	-----

### **Sewing and Design**

<i>Savina N.V.</i> Transformation of Ivanovo Textile Pattern Ornamental Traditions in the Period of 1950 - 1980 Years .....	198
<i>Guseva M.A., Zaretskaya G.P., Bakhadyrova Z.B., Aikyan D.A.</i> Study of the Influence of Model Characteristics on Ergonomic Properties of School Uniforms .....	202

### **Textile Machines and Aggregates**

<i>Khozina E.N., Gavrilov A.N., Makarov V.A.</i> The Method of Workloads Calculating in the Heald of Weaving Machine .....	206
<i>Krivoshchina E.V., Bukalov G.K.</i> The Model Wears Steel Plate Brake the Weft Yarn of the Machine STB in Period Steady-State Wear .....	211
<i>Topilin A.N.</i> To the Static Calculation of Plate-Rod Trusses Various Constructive Systems .....	216

### **Automation of Technological Processes**

<i>Grushina Yu.S., Ivanov A.V., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.</i> Automation Test Method on Impact Resistance Geosynthetics for Road Construction .....	223
--	-----

## Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

<i>Krishan A.L., Rimshin V.I., Telichenko V.I., Rakhmanov V.A., Narkevich M.Yu.</i> Practical Implementation of the Calculation of the Bearing Capacity Trumpet-Concrete Column .....	227
<i>Grunin Yu.B., Grunin L.Yu., Sheveleva N.N., Masas D.S., Fedosov S.V., Kotlov V.G.</i> The Character of Changes in the Cellulose Supramolecular Structure During Hydration .....	233
<i>Sokolov B.S., Troshkov E.O.</i> Reconstruction and Construction of Buildings of Light Industry with Bearing System "UIKSS" .....	237
<i>Smirnov V.A., Smolyakov M.Yu., Tsukernikov I.E.</i> Performance Evaluation of Vibration Reduction of Gravel Backfill .....	241
<i>Ilyichev V.A., Nikiforova N.S., Konnov A.V.</i> Process Safety and Environmental Protection During Construction and Renovation of Buildings with Underground Space in Low-Density Saturated Sands .....	245
<i>Ledenev V.I., Makarov A.M., Matveeva I.V., Shubin I.L.</i> Methodology of Assessment of Sound Absorption Coefficients in Industrial Spaces with Technological Equipment .....	249
<i>Gusev V.P., Sidorina A.V., Antonov A.I., Ledenev V.I.</i> Designing of Sound Insulation of Large-Sized Ventilation Channels .....	254
<i>Gusev V.P., Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I.</i> Noise Calculations for Designing Noise Protection in Industrial Spaces with Partitions of Incomplete Height .....	260
<i>Kiselyov I.Ya.</i> Radiation Heat Transfer Through the Mineral Wool Products with Different Density at Change of Temperature .....	267
<i>Andronov P.R., Guvernyuk S.V., Pastushkov P.P.</i> Pulsed Interaction of Jets with the Permeable Boundary .....	270
<i>Sheina S.G., Umnyakova N.P., Minenko E.N.</i> Management of Steady Resource-Saving in Housing Stock of the Russian Cities .....	277
<i>Khromchenkov V.G., Shuts W., Yavorovskiy Yu.V., Zhigulina E.V., Gasho E.G., Sultanguzin I.A., Andreytseva K.S., Voitovich E.V., Zaytsev S.V.</i> The Issue Systemic Evaluation of Energy Saving Measures Effectiveness in Heat Supply Systems in Cities .....	281
<i>Kochkin A.A., Shashkova L.E., Shubin I.L.</i> Influence of the Changed Flexural Rigidity on Sound Insulation of the Vibrodamping Element .....	286
<i>Malyavina E.G., Umnyakova N.P.</i> Additional Value to the Main Heat Losses of a Premise Having More than One Exterior Walls .....	291
<i>Smirnov V.A.</i> The Reduction of Dynamic Impulse Loads on Slabs Using Tuned Mass Dampers .....	296
<i>Vanus D.S.</i> Safety Assessment of Reinforced Concrete Plates, Supported Along the Contour under Anthropogenic Influences .....	299

## Information Technologies

<i>Sevostyanov P.A., Samoylova T.A., Monakhov V.V.</i> Research of Robustness of Aging of Polymer Threads and Fibers with Computer Simulation .....	305
---	-----

## Mechanics of Threads and Fabrics

<i>Makarov A.G., Pereborova N.V., Egorova M.A., Egorov I.M.</i> Quality Analysis of Deformation-Relaxation Properties of Aramid Rope Mountain Rescue Appointments .....	309
---	-----

## Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Golubchikova A.V., Movshovich P.M., Lazurenko S.B., Pavlyuchenko E.V., Razumeev K.E.</i> Performance Criteria of Textile Adaptation for Children with Disabilities .....	314
<i>Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Gruzintseva N.A.</i> Trends and Prospects of Use of Geotextiles in Road Construction .....	318
<i>Gitman E.K., Danilov A.N., Stolbova I.D.</i> Assessment of Openness of Educational System of the University on the Basis of Synergetic Approach .....	321
<i>Volkova N.G.</i> To the Choice of Universal "Typical Year" .....	327
<i>Umnyakova N.P., Andreytseva K.S., Smirnov V.A.</i> Features of the BIO Criterion for Exposed Building Elements .....	330

<i>Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V., Voronov V.A.</i> Automation of Heat Supply Functional Scheme of Textile Low-Rise Buildings .....	335
Nikolay Nikolaevich Suslov. The Rector of Kostroma Technological Institute from 1964 to 1983 Years. (To the 100 Anniversary) .....	338