

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

**№ 6 (366)  
2016**

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

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

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

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

Издание Ивановского государственного политехнического университета

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Главный редактор:** *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.т.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 05.12.2016.  
Подписано в печать 29.12.2016. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 41,85;  
Усл. кр.-отт. 42,10. Заказ 1111.

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. (4932) 26-26-50, 26-26-30  
E-mail: [pressto@mail.ru](mailto:pressto@mail.ru)

© "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", 2016

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

**№ 6 (366)  
2016**

*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](mailto:ttp@ivgpu.com)  
<http://ttp.ivgpu.com>*

---

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 05.12.2016.  
Signed for printing on 29.12.2016. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 41.85 conventional sheets.  
42.10 conventional. Order 1111.

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](mailto:ttp@ivgpu.com)

Publishing-printing complex "PresSto"  
153025, Ivanovo, Dzerdzinskogo, 39, building 8  
Tel. (4932) 26-26-50, 26-26-30  
E-mail: [pressto@mail.ru](mailto:pressto@mail.ru)



УДК 378.1

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ  
СТУДЕНЧЕСКИХ ОЛИМПИАД  
В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДИЗАЙНА И ИСКУССТВ**

**EVALUATING THE EFFICIENCY OF EVENTS  
OF THE STUDENT'S OLYMPIADS IN TECHNOLOGY OF DESIGN AND ART**

*В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, О.С. ОЛЕНЕВА, А.В. ГЕНЕРАЛОВА, М.В. ТИШИНА*  
*V. S. BELGORODSKY, O. S. OLENEVA, A. V. GENERALOVA, M. V. TISHINA*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: generalann@yandex.ru

*Статья посвящена вопросам оценки эффективности проведения мероприятий Всероссийской студенческой олимпиады вузами-организаторами. В статье выделены критерии и показатели оценки, а также предложена методика ее проведения. Внедрение повсеместной оценки олимпиад по итогам отчетного периода позволит корректировать траекторию развития олимпиадного движения в России.*

*The article is dedicated to evaluation of effectiveness of events at all-Russian student Olympiad University by its University organizers. Criteria and indicators of evaluation are separated out in the article, moreover technique of its implementation is provided. Implementation of general assessment of the Olympiads at the end of reporting period will allow to correct the trajectory of Olympiad movement development in Russia.*

**Ключевые слова:** всероссийская студенческая олимпиада, студенческая наука, высшие учебные заведения, оценка эффективности.

**Keywords:** all-Russian student Olympiad, student science, educational institutions, performance evaluation.

Современное развитие промышленности и экономики России ставит перед высшим образованием задачу – развивать и формировать непрерывный процесс, направленный на интеграцию науки и произ-

водства. Интегрирование науки и производства проявляется в том, что основная масса научных и творческих работ студентов должна быть востребована различными отраслями экономики [1], [2].

Решению этой задачи непосредственно служит развитие комплексного подхода к организации Всероссийской студенческой олимпиады (далее ВСО), результаты которой позволяют оперативно оценивать способности и достижения студента, оказывать ему помощь в определении места и характера его будущей работы.

Традиции проведения Всероссийской студенческой олимпиады в российских высших учебных заведениях сильны. Однако требуется пересмотр системы организации и проведения мероприятий ВСО, перевод их на новый инновационный уровень [3].

Анализ проводимых ранее мероприятий показал, что не все образовательные организации ответственно подходят к реализации запланированных ими мероприятий. Для исключения этих позиций может служить рейтинговая оценка результативности ВСО, проведенная в конкретном вузе. Эта рейтинговая оценка проводится Центральной рабочей группой по данным заполняе-

мых образовательной организацией критериев оценки проведенной ВСО. Результаты рейтинговой оценки должны служить причиной отказа или включения мероприятий ВСО в план будущего года.

Нами предложена методика рейтинговой система оценки Майкла Р. Линдерса и Харальда Е. Фирона, которая позволяет получить "объемную" оценку каждой образовательной организации, претендующей на проведение мероприятий ВСО, так как у каждого критерия может быть несколько пояснений. Такой метод является довольно трудоемким, но при решении спорных вопросов он более эффективен.

Ниже приведены наименования групп показателей и количество показателей в каждой группе. Система включает четыре группы показателей, отражающих различные аспекты организации и проведения мероприятий Всероссийской студенческой олимпиады в соответствии с Регламентом ВСО, утвержденным Министерством образования и науки Российской Федерации [4].

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Критерий	Показатель
1	Уровень олимпиады	1. Международная 2. Всероссийская 3. Региональная
2	Квалификация образовательной организации, проводившей олимпиаду	1. Количество проведенных мероприятий ВСО за последние 5 лет 2. Опыт в привлечении к проведению мероприятий ВСО представителей работодателей 3. Инфраструктура образовательной организации (наличие достаточного числа аудиторий, общежитие для иногородних участников и т.п.)
3	Количественные и качественные показатели проведенного мероприятия ВСО	1. Количество участников 2. Наличие (количество) отборочных туров 3. Число работодателей, привлекаемых к проведению мероприятий ВСО 4. Количество преподавателей с ученой степенью и (или) ученым званием из числа ППС, привлеченных к проведению ВСО 5. Отсутствие организационного взноса 6. Своевременное размещение информации о мероприятии на сайте ВСО 7. Наличие культурно-развлекательной программы в рамках мероприятий ВСО
4	Количественные и качественные показатели заданий ВСО	1. Количество заданий в теоретической части 2. Количество заданий в практической части 3. Время выполнения 4. Организация конференции и круглого стола в рамках мероприятия 5. Наличие в заданиях практических заданий, представленных бизнес-сообществом 6. Соответствие заданий ВСО тематике олимпиады

В качестве критериев для оценки проведенных олимпиад выбраны следующие критерии.

1. Уровень олимпиады.
2. Квалификация образовательной организации, проводившей олимпиаду.
3. Количественные и качественные показатели проведенного мероприятия ВСО.
4. Количественные и качественные показатели заданий ВСО.

Количество показателей в каждой группе критериев может меняться в зависимости от изменения Регламента [4].

В табл. 1 приведены показатели оценки эффективности проведения мероприятий ВСО по каждому из критериев оценки.

Разработанная методика измерения переменных, участвующих в оценке качества организации мероприятия ВСО в образовательных организациях включает 4 этапа:

1 этап – первичный анализ показателей, целью которого является измерение уровня развития (динамики) каждого отдельного мероприятия ВСО высшего учебного заведения. На данном этапе может быть исключен ряд показателей, что позволит повысить качество измерения.

2 этап – исследование эффективности каждого показателя для измерения всех переменных. Возможен учет дополнительных данных, который будет полезным для совершенствования системы мониторинга мероприятий ВСО образовательных организаций.

3 этап – проведение экспертной оценки для ранжирования показателей.

4 этап – измерение и анализ уровня развития мероприятий ВСО на основе ранжирования объектов по выбранным показателям.

При проведении окончательных расчетов по каждому выбранному критерию осуществляется сравнение значений показателей исследуемого мероприятия ВСО с максимальным достигнутым значением этих показателей по всем образовательным заведениям, претендующим на включение мероприятия в план будущего года. Максимальный частный показатель может иметь

значение, равное 1. Формула расчета интегрального показателя рейтинга мероприятий Всероссийской студенческой олимпиады может иметь вид:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{B}_i \beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i}, \quad (1)$$

где  $\bar{B}_i$  – средняя балльная оценка по  $i$ -му фактору;  $\beta_i$  – весомость  $i$ -го фактора;  $n$  – количество факторов.

Предлагаемая методика позволяет измерить уровень эффективности мероприятий ВСО образовательной организации одним числом, что дает возможность проранжировать их по степени эффективности мероприятий ВСО. Указанные оценки обладают свойством объективности, то есть позволяют проводить сопоставление показателей по принципу "больше – меньше" и определять их соотношение. Данная методика уже не первый год применяется при проведении смотра-конкурса на лучшую кафедру по организации НИРС в Московском государственном университете дизайна и технологии. Методика позволяет вносить изменения в перечень показателей в зависимости от динамики факторов внутренней и внешней образовательной среды.

Проведенная апробация показывает, что образовательные организации, имеющие высокие рейтинговые оценки по проведенным мероприятиям ВСО, как правило, являются востребованными в образовательной среде.

Основой методики является анкета, которую обязаны заполнить образовательные организации к отчету по проведенной Всероссийской студенческой олимпиаде согласно Регламенту.

Для определения рейтинговой оценки мероприятий ВСО, характеризующей уровень организации НИРС в университете, экспертам было предложено проставить ранг каждого показателя (от 1 до 19), участвующего в формировании рейтинга.

Обработка результатов экспертного опроса по определению значимости показателей проведена статистическими методами экспертных оценок в следующей последовательности.

1. Определение стандартизованных рангов для показателей  $X_{ij}$ , которым эксперты присвоили одну и ту же оценку.

2. Расчет суммы рангов  $S_i$  для каждого  $i$ -го показателя:

$$S_i = \sum_{j=1}^m X_{ij},$$

где  $X_{ij}$  – стандартизованный ранг  $i$ -го фактора, полученный  $j$ -м экспертом ( $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, m}$ );  $m$  – количество экспертов.

3. Расчет коэффициента конкордации:

а) расчет средней суммы рангов  $T$ :

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i,$$

где  $n$  – количество показателей;

б) расчет суммы квадратов отклонений от средней суммы рангов  $S_\Sigma$ :

$$S_\Sigma = \sum_{i=1}^n (S_i - T)^2;$$

в) расчет поправки на связанные ранги по каждому эксперту, у которого оказались совпавшие ранги:

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j),$$

где  $t_j$  – число связанных рангов у  $j$ -го эксперта;

г) расчет коэффициента конкордации  $W$  по Кендаллу с учетом связанных рангов:

$$W = \frac{S_\Sigma}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}.$$

4. Расчет критерия Пирсона  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = \frac{12 S_\Sigma}{mn(n+1) - \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^m T_j}.$$

5. Расчет весомости каждого фактора  $\beta_i$ :

$$\beta_i = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}}.$$

В опросе приняли участие 18 экспертов из числа представителей Центральной рабочей группы ВСО, Федерального оператора ВСО.

На основании полученных данных были определены весовые коэффициенты показателей. Коэффициент конкордации составил 0,59, что соответствует согласованному мнению опрошенных экспертов.

В табл. 2 приведены весовые коэффициенты по критерию "Квалификация образовательной организации, проводившей олимпиаду".

Т а б л и ц а 2

Критерий	Показатель	Весовой коэффициент
Квалификация образовательной организации, проводившей олимпиаду	Количество проведенных мероприятий ВСО за последние 5 лет	0,408
	Опыт в привлечении к проведению мероприятий ВСО представителей работодателей	0,358
	Инфраструктура образовательной организации (наличие достаточного числа аудиторий, общежитие для иногородних участников и т.п.)	0,234

Аналогичным образом определяется значимость показателей в группе по всем критериям. На начальной стадии выставления баллов каждый критерий рассматривается с нескольких позиций. После этого все исследуемые характеристики необходимо привести к единому эквиваленту.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемая нами методика позволит Центральной рабочей группе ВСО оперативно осуществлять экспертизу проведенных образовательной организацией мероприятий Всероссийской студенческой олимпиады, а следовательно, принимать обоснованное решение о включении мероприятий данной организации в план будущего года.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бальхин М.Г., Генералова А.В. Краудфандинг – платформа поддержки научных разработок // Социологические исследования. – 2015, №9. С.57...61.
2. Генералова А.В. Всероссийская студенческая олимпиада как инструмент развития научной и инновационной активности обучающихся // Сб. мат. IX Междунар. научн.-практич. конф.: Теоретические и практические проблемы развития современной науки. – 2015. С. 167...168.

3. Бальхин М.Г., Оленева О.С., Рыбаулина И.В., Генералова А.В. Об интеграции промышленности и современного образования // Химические волокна. – 2015, №6.

4. Регламент организации и проведения Всероссийской олимпиады студентов образовательных организаций высшего образования (Всероссийская студенческая олимпиада), утвержденный Министерством образования и науки РФ 11.01.2016 г.

## REFERENCES

1. Balyhin M.G., Generalova A.V. Kraudfanding – platforma podderzhki nauchnyh razrabotok // Sociologicheskie issledovaniya. – 2015, №9. S.57...61.
2. Generalova A.V. Vserossijskaja studencheskaja olimpiada kak instrument razvitija nauchnoj i innovacionnoj aktivnosti obuchajushhihsja // Sb. mat. IX Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitija sovremennoj nauki. – 2015. S. 167...168.
3. Balyhin M.G., Oleneva O.S., Rybaulina I.V., Generalova A.V. Ob integracii promyshlennosti i sovremennogo obrazovanija // Himicheskie volokna. – 2015, №6.
4. Reglament organizacii i provedenija Vserossijskoj olimpiady studentov obrazovatel'nyh organizacij vysshego obrazovanija (Vserossijskaja studencheskaja olimpiada), utverzhdennyj Ministerstvom obrazovanija i nauki RF 11.01.2016 g.

Рекомендована кафедрой управления. Поступила 01.12.16.

УДК 332

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В РАМКАХ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

## PROSPECTS OF ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT IN TEXTILE SECTOR IN THE FRAMEWORK OF THE STATE SUPPORT OF SMALL AND MEDIUM BUSINESS AT THE REGIONAL LEVEL

*Ю.А. ДМИТРИЕВ, Л.И. ШУСТРОВ, М.М. ОМАРОВ*  
*YU.A. DMITRIEV, L.I. SHUSTROV, M.M. OMAROV*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации,  
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого)

*В статье рассматриваются проблемы развития текстильной промышленности с учетом использования малого и среднего бизнеса.*

*In the article discusses the development of the textile industry with the use of small and medium business.*

**Ключевые слова:** малый и средний бизнес, поддержка малых и средних форм хозяйствования, развитие текстильной промышленности.

**Keywords:** small and medium business, support of small and medium farms, the development of the textile industry.

В России в современный период реиндустриализации экономики особое место остается за малым и средним бизнесом. Это становится особенно актуальным в кризисных ситуациях. Напомним, именно малый бизнес стал той "подушкой безопасности", которая позволила в кризис середины 90-х годов, дефолт 1998 г., в мировой финансовый кризис 2008-2009 гг. сохранить "плавучесть" российской экономики.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт, успех в развитии малого и среднего предпринимательства на региональном уровне способен заложить основы для: формирования среднего класса – главного гаранта политической стабильности в демократическом обществе; роста доли экономически активного населения; селекции наиболее энергичных, дееспособных индивидуальностей, для которых данный вид бизнеса становится первичной школой самореализации; создания новых рабочих мест с относительно низкими капитальными затратами, особенно в сфере обслуживания; внедрения технологических, технических и организационных новшеств (стремясь выжить в конкурентной борьбе, малые формы чаще склонны идти на риск и осуществлять новые проекты); стимуляции эффективности производства крупных компаний путем освоения новых рынков (на основе малого и среднего бизнеса вырастают не только крупные компании, но и наиболее

современные наукоемкие отрасли и производства); снижения капиталоемкости при выпуске более трудоемкой продукции, быстрая окупаемость вложений.

Сегодня малое и среднее предпринимательство является неотъемлемым элементом современной рыночной системы хозяйства и, как уже отмечалось выше, без предприятий малого и среднего бизнеса экономика государства, регионов, муниципальных образований не сможет нормально функционировать и развиваться [1], [2].

Соответственно для дальнейшего развития предпринимательской деятельности в текстильной промышленности целесообразно воспользоваться всеми вышеперечисленными преимуществами.

На современном этапе рыночных преобразований в России со стороны органов государственной власти регионального уровня особая роль отводится дальнейшему исследованию проблем, связанных с формированием эффективных механизмов управления развитием малого и среднего предпринимательства в текстильной промышленности.

Здесь следует особо подчеркнуть, что созданная во Владимирской области система государственной поддержки малого и среднего предпринимательства, носит, в определенной степени, универсальный характер. В данную систему, в частности, отлично вписывается и развитие текстильной сферы предпринимательской деятельности. В данном процессе целесообразно

воспользоваться механизмами развития инновационной активности предпринимательской деятельности и принципом "инновационной спирали" [2].

Согласно принципу "инновационной спирали" в рамках данных механизмов проекты предпринимательства в текстильной сфере:

- по нарастающей охватываются и поэтапно сопровождаются на всем пути своего развития: от фазы "начинающего" субъекта малого бизнеса до уровня "микро", далее "малого" и наконец "среднего" с последующим выходом данного предприятия на свободный рынок;

- предоставляют конкретному субъекту малого, среднего предпринимательства права и возможности на получение всех видов поддержки со стороны органов государственной власти региона, определенных действующим законодательством, на всех этапах своего развития.

Другими словами, на 1-м этапе "начинающий" (start-up) субъект малого, среднего бизнеса (далее по тексту – субъект МСБ) текстильной отрасли на конкурсной основе "втягивается" региональной системой государственной поддержки предпринимательства, и она предоставляет ему такие формы господдержки, как:

- размещение на площадях бизнес-инкубатора;

- предоставление гранта "начинающего" субъекта МСБ, микро-займов, гарантий по кредитам;

- привлечение инвестиций и иные формы господдержки. На данном этапе субъект МСБ "выращивается" с участием государства до уровня "микропредприятие".

На 2-м этапе субъект МСБ сферы текстильного производства, "выращенный" до уровня "микропредприятие", запускается региональной системой государственной поддержки на следующий виток своего развития в новом качестве с предоставлением ему таких форм господдержки, как:

- размещение на площадях бизнес-инкубатора;

- предоставление микрозаймов, гарантий по кредитам, субсидий по кредитам, по лизингу;

- привлечение инвестиций и иные формы господдержки. На этом этапе субъект МСБ "выращивается" до уровня "малое" предприятие.

На 3-м этапе субъект МСБ текстильной сферы, "выращенный" до уровня "малое" предприятие, вновь запускается региональной системой государственной поддержки на следующий виток своего развития в новом качестве с предоставлением ему таких форм поддержки, как:

- предоставление микрозаймов, гарантий по кредитам, субсидий по кредитам, по лизингу;

- предоставление прямых инвестиций; иные формы поддержки. На третьем этапе субъект МСБ "выращивается" до уровня "среднее" предприятие с последующим выходом на свободный рынок. Далее "выращенное" предприятие текстильной сферы имеет все шансы на переход в разряд крупного предпринимательства.

В дальнейшем, для повышения эффективности предпринимательства в отрасли текстильного производства, органам государственной власти необходимо устранить ряд проблем, присущих предпринимательскому сектору экономики в целом. От их решения зависит переход предпринимательства на принципиально качественно новый уровень своего развития, что будет способствовать реиндустриализации экономики России.

Основными среди них являются:

- низкий уровень квалификации управленческих кадров в сфере предпринимательства;

- недостаток собственных финансовых ресурсов для развития бизнеса;

- высокая стоимость и сложность получения банковских кредитных ресурсов;

- слабая производственная и инновационная активность малого и среднего бизнеса;

- невысокий уровень доверия предпринимательства к государственным предложениям, а государства – к малому и среднему бизнесу.

Для решения данных проблем необходимо обеспечить повышение профессионализма и квалификации предпринимателей, создавать и формировать на уровне регионов действенные системы профессиональной подготовки кадров для предпринимательства.

Действующая система подготовки кадров для предпринимательства носит фрагментарный характер и готовит специалистов по отдельным специальностям, не охватывая предпринимательскую деятельность в целом. Кроме того, действующая система подготовки не подкреплена реальной практикой и не увязана с дальнейшей судьбой выпускников. Как следствие, выпускник не только не способен, в подавляющем большинстве, войти самостоятельно в предпринимательскую деятельность, но и не может быть полноценно востребованным уже существующими предпринимательскими структурами. Это делает действующую систему государственной поддержки, особенно на начальной фазе, в значительной степени неопределенной.

Для снижения влияния данного негативного фактора и повышения эффективности мер государственной поддержки малого и среднего предпринимательства в целом необходимо на региональном уровне создавать высшие специализированные учебные заведения и формировать специализированные образовательные программы по подготовке кадров для ведения предпринимательской деятельности. Процесс обучения должен обязательно сопровождаться реальной практикой на действующих предприятиях малого и среднего бизнеса и последующим участием в дальнейшей судьбе выпускника.

Для дальнейшего развития предпринимательского сектора экономики, наряду с реализацией вышеизложенных предложений, необходимо осуществлять комплекс мер по реализации программ государственной поддержки малого и среднего предпринимательства.

Формы и виды региональной поддержки должны уточняться ежегодно в зависимости от приоритетов государственной поддержки малого и среднего предпринимательства, а также от потребностей на уровне регионов [1].

Развитие предпринимательской деятельности в текстильной промышленности позволит заложить основы для развития текстильного бизнеса в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Губернатора Владимирской области от 05.11.13 г. № 1254 "О государственной программе Владимирской области "Развитие малого и среднего предпринимательства во Владимирской области на 2014 - 2020 годы".
2. *Шустров Л.И., Скорик В.М.* Формирование механизмов развития инновационной активности в малом и среднем предпринимательстве. – Владимир: Собор, 2011. С. 99...101.

#### REFERENCES

1. Postanovlenie Gubernatora Vladimirskoj oblasti ot 05.11.13 g. № 1254 "O gosudarstvennoj programme Vladimirskoj oblasti "Razvitie malogo i srednego predprinimatel'stva vo Vladimirskoj oblasti na 2014 - 2020 gody".
2. *Shustrov L.I., Skorik V.M.* Formirovanie mehanizmov razvitija innovacionnoj aktivnosti v malom i srednem predprinimatel'stve. – Vladimir: Sobor, 2011. S. 99...101.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга ВлГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Поступила 26.10.16.



**NP-РАЗРЕШИМАЯ ЗАДАЧА  
КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА,  
РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА ОБЪЕКТОВ**

**NP SOLVABLE TASK  
OF SCHEDULING OF CONSTRUCTION,  
RECONSTRUCTION AND REPAIR OF OBJECTS**

В.Я. МИЩЕНКО, М.Г. ДОБРОСОЦКИХ  
V.YA. MISHCHENKO, M.G. DOBROSOTSKIKH

(Воронежский государственный архитектурно-строительный университет)  
(Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: rector@vgasu.vrn.ru

*Проанализированы пределы применимости эвристических, ускоренных и предельно ускоренных алгоритмов оптимизации календарных планов строительного производства. Показана принципиальная сводимость задачи календарного планирования к NP-разрешимой форме. В модели независимых параметров системы "строительный объект + ресурсы" определена верхняя оценка сложности задачи календарного планирования. Показано, что в этой модели задача не является NP-разрешимой. Сформулирован метод получения NP-разрешимых алгоритмов оптимизации календарных планов, основанный на кластеризации системы. Для не полностью кластеризуемых систем сформулирован NP-разрешимый алгоритм, основанный на уменьшении размерности задачи. Определен алгоритм уменьшения размерности за счет учета пространственно-технологических взаимосвязей. Показано, что учет этих взаимосвязей позволяет значительно расширить область применимости методов полной оптимизации задачи календарного планирования строительного производства при кластеризации системы лишь по периодам реализации проекта.*

*Limits of applicability heuristic, accelerated and extremely accelerated algorithms of optimization of planned schedules of construction production are analyzed. Basic reducibility of the task of calendar planning to the NP solvable form is shown. In model of independent parameters of system "construction object + resources" the upper assessment of complexity of the task of scheduling is defined. It is shown that in this model the task isn't NP solvable. The method of receiving NP solvable algorithms of optimization of planned schedules based on clusterings of system is formulated. For incompletely clusterized of systems the NP solvable algorithm based on reduction of dimensionality of the task is formulated. The algorithm of reduction of dimensionality at the expense of the account spatially-technological correlations is defined. It is shown that the accounting of these correlations allows to broaden considerably area of applicability of methods of complete optimization of the task of scheduling of construction production in case of a clustering of system only on the project implementation periods.*

**Ключевые слова:** строительство, календарный план, оптимизация, NP-разрешимость, эвристический алгоритм, кластеризация.

**Keywords:** construction, planned schedule, optimization, NP solubility, heuristic algorithm, clustering.

Современное строительство является одним из наиболее ярких примеров коллективного труда, характеризующегося рядом особенностей, делающих задачу его оптимизации особенно важной и актуальной. Во-первых, строительное производство отличается весьма высокой стоимостью, вследствие чего даже незначительная относительная экономия приводит к высокому абсолютному эффекту. Кроме того, полный жизненный цикл инвестиционно-строительного проекта характеризуется высокой длительностью, что приводит к необходимости учета как сезонных, так и динамично меняющихся социально-экономических факторов. Строительное производство нуждается в организации, планировании и управлении, в частности, в увязке работ во времени и пространстве, установлении технической последовательности и организационной очередности работ, рациональных совмещенности и продолжительности работ, рациональной системе поставки и использования ресурсов. Собственно теория организации работ и определяет возможности формирования разнообразных методов организации работ, их оптимизации по набору критериев; оценки, сравнения и выбора оптимального варианта. Именно эту задачу в условиях ресурсных, технико-технологических ограничений, детерминированных и стохастических внешних воздействий и решает календарное планирование.

О важности календарного планирования (КП) свидетельствует тот факт, что календарные планы разрабатываются в составе большого числа проектов (бизнес-плана инвестиционного проекта, оферты подрядных торгов, проекта производства работ, проекта годовой организации работ подрядчика, технологических карт и др.). Особенно важно, что на основе календарного плана строятся графики денежных и материальных потоков. Поэтому с практической точки зрения календарные планы объединяют технико-технологический, организационный, ресурсный и экономический аспекты строительства. При совпадающем содержании методы представления КП могут отличаться. Эти методы можно разделить на два класса –

аналитические (дескриптивные, табличные, табель-календарь и др.) и графические (диаграмма Ганта, сетевой график). Способ представления диктуется задачами календарного планирования и характеристиками описываемого проекта, но, вообще говоря, графические методы отличаются большей наглядностью, что и предопределяет их широкое применение в практике. Однако аналитические методы и, прежде всего табличный, намного удобнее использовать при оптимизации проекта.

Методы оптимизации инвестиционного проекта основываются на использовании широкого набора (технико-технологических, организационных, экономических, социально-психологических и др.) инструментов, одним из которых является совершенствование КП. При этом именно этот инструмент имеет важные преимущества поскольку, в отличие от остальных, его использование не требует значительных материальных и временных затрат. Кроме того, оптимизация КП не предполагает взаимодействия различных субъектов реализации инвестиционного проекта, что позволяет в оперативном режиме реагировать на внешние стохастические воздействия. Эти свойства оптимизации КП приводят к тому, что по соотношению затраты/отдача рассматриваемый механизм оптимизации полного строительного проекта имеет очевидные преимущества над остальными, вследствие чего должен использоваться в первую очередь. Лишь после исчерпания его возможностей целесообразно переходить к более затратным и менее динамичным методам.

Важность задачи оптимизации календарного плана строительства определила значительный и постоянно возрастающий интерес ученых и практиков к разработке методов его совершенствования, уходящий своими корнями в доисторические времена. На основе многовекового опыта в IV веке в Византии был сформулирован эмпирический набор правил оптимального управления коллективным трудом. Однако научная постановка задач оптимального управления производственными процессами была осуществлена лишь на рубеже XIX и XX веков

Ф. Тейлором в классическом труде "Принципы научного управления". В рамках этого подхода Л. Гантом были разработаны первые методы календарного планирования и форматы его визуализации (так называемые диаграммы Ганта). Поточные методы организации работ применялись в строительстве извечно, но начали исследоваться сравнительно недавно (отечественными учеными), с 30-х годов, то есть с момента начала индустриализации страны и массового строительства.

Начиная с пятидесятых годов XX века задачи календарного планирования и оперативного управления привлекают внимание специалистов по исследованию операций. В связи с большим разнообразием анализируемых ситуаций исследования группировались по различным признакам и проводились в рамках различных научных дисциплин. Так, в теории сетевого планирования основное внимание уделялось распределению времени и материальных ресурсов при выполнении заданного комплекса работ. В теории расписаний рассматривались неделимые виды ресурсов (станки, машины) и такие виды работ, как операции по обработке и транспортировке некоторых деталей, изделий, продуктов. В теории массового обслуживания рассматривались задачи назначения приоритетов в обслуживании поступающих заявок некоторыми устройствами, приборами и т.п.

Формальные модели, отвечающие разнообразным по постановке и содержанию задачам календарного планирования и оперативного управления, обнаруживают определенное сходство. Для их анализа могут быть использованы и однотипные математические методы. В настоящее время формируется единая научная дисциплина, в рамках которой сосредоточилось изучение задач календарного планирования и оперативного управления различных по приложениям, но единых по структуре моделей.

*Формулировка NP-разрешимой задачи календарного планирования*

Задача календарного планирования естественным образом приводится к дис-

кретной форме, что позволяет поставить NP-разрешимую задачу. Нескладируемые ресурсы, необходимые для реализации проекта (кадры, машины и механизмы и др.), имеют дискретную форму. Дискретизация складываемых ресурсов (материалов, финансов и т.п.) и дискретизация по времени определяются практически необходимой степенью подробности плана. Поэтому новые возможности совершенствования планирования стройпроизводства связаны с применением методов дискретной математики [1]. Развитие этих методов позволило сформулировать критерии оценки практических задач, разрешимых точными методами (получивших название NP-разрешимых), и задач, решение которых следует осуществлять с использованием эвристических алгоритмов (так называемые NP-трудные задачи) [2]. Таким критерием является возможность построения алгоритма, не сводящегося к полной переборке всех (или значительной части) вариантов реализации исследуемой системы. Хотя феномен NP-трудных задач был известен еще в XIX веке, однако общий алгоритм разделения классов NP-задач не сформулирован и в настоящее время [4]. Для таких задач было показано, что даже экспоненциальный рост быстродействия вычислительных машин (закон Мура) не позволяет существенно расширить класс NP-разрешимых задач. При этом точные алгоритмические решения NP-трудных задач удалось получить только для простейших модельных систем.

Строительство представляет собой сложную систему, характеризующуюся большим числом параметров, значения которой постоянно изменяются во времени и зависят от огромного количества факторов. Вследствие этого планирование стройпроизводства является NP-трудной задачей. Алгоритмы полной оптимизации календарного планирования базируются на прямом переборе полного набора альтернатив. Такой подход приводит к необходимости практически недостижимого анализа экспоненциально растущего числа вариантов. Поэтому для ее решения чаще всего приме-

няются эвристические алгоритмы [5], основанные на концепции не оптимального, а приемлемого решения (в англоязычной литературе – *affordable solution*) [6]. Наибольшее распространение получили эмпирические алгоритмы, основанные на априорном отбрасывании большей части возможных вариантов динамики системы. В предельно упрощенных алгоритмах [7] этого вида рассматриваются сценарии, основанные на единственном критерии (метод критического пути, непрерывного освоения фронта работ и т.п.). При построении календарных планов в рамках таких моделей выделяется единственный критерий оценки и оптимизации. Частными случаями такой постановки задачи является планирование по кратчайшему пути, метод непрерывного освоения фронта работ, метод непрерывного использования ресурсов и др. Однако столь упрощенный подход, основанный на выделении единственного критерия, часто приводит к решениям, весьма далеким от оптимальных [8]. Как свидетельствуют многочисленные исследования, эмпирические алгоритмы не только не позволяют получить оптимальный вариант календарного плана, но не дают возможности даже и осуществить надежную оценку качества решения [9]. Альтернативный метод формулировки NP-разрешимых алгоритмов заключается в уменьшении размерности задачи – так называемое планирование по укрупненным параметрам. Однако качество таких планов часто не удовлетворяет запросам практики.

Кроме того, применяются и методы, сводящиеся к частичному анализу вариантов. В частности, используются ускоренные [10] и предельно ускоренные алгоритмы [11]. Однако такой подход не позволяет даже для систем небольшой размерности получить оптимальное решение. Допустимые решения, полученные ускоренными алгоритмами, имеют характеристики не лучше, чем полученные эмпирическими алгоритмами [12]. Кроме того, задача календарного планирования, вне зависимости от метода решения, требует анализа объема информации, экспоненциально растущего по мере детализации плана [13].

В некоторых частных случаях решить задачу оптимального планирования позволяет концепция конечных автоматов (в англоязычной литературе используются два термина – *Finite-State Machines* или *Finite Automaton*) [14]. Однако этот метод не позволяет оптимизировать системы со значительной стохастической составляющей, а также системами большой размерности. Таким образом, основные проблемы планирования и управления для сложных систем так и остались нерешенными.

Один из путей решения сведения задачи календарного планирования к NP-разрешимой заключается в уменьшении ее размерности. Как показано в работе [15], существует нижняя граница объема входных данных, при которой можно построить алгоритм получения оптимального решения, даже если время его работы является экспоненциальной функцией этого объема. Таким образом, возможность сведения задачи календарного планирования к NP-разрешимому виду в значительной мере определяется степенью детализации плана. Однако планы с низкой степенью детализации не позволяют получить не только оптимальных, но даже и допустимых решений [16]. Поэтому необходим поиск неэмпирических алгоритмов решения задач календарного планирования с достаточной для практических применений степенью детализации. Решению этой задачи и посвящена данная работа.

*NP-разрешимость задачи оптимального календарного планирования*

Верхняя оценка сложности задачи календарного планирования может быть легко получена в модели независимых параметров системы "строительный объект + ресурсы". Полное динамическое описание такой системы требует задания состояния  $S$  пространственных объектов (помещений, земельных участков и т. п.),  $W$  видов работ на этих объектах,  $R_s$  складываемых и  $R_n$  нескладываемых ресурсов. С учетом того, что лишь нескладываемые ресурсы определяют динамику реализации проекта, в лю-

бой временной промежуток система может находиться в  $S \times W \times Rn$  независимых состояниях. Вследствие этого за  $T$  временных промежутков реализуется:

$$N = (S \times W \times Rn)^T \quad (1)$$

независимых сценариев динамики системы. Поэтому, например, даже для достаточно простого проекта, в котором  $S = W = Rn = T = 10$ , необходим учет  $10^{30}$  вариантов. При современном быстродействии стационарных ЭВМ для оценки одного варианта необходимо время порядка  $10^{-6}$  с. Для персональных компьютеров это время составляет  $10^{-3}$  с. Следовательно, даже оптимистическая оценка времени оптимизации календарного плана дает величину порядка  $10^{24}$  с (более  $10^{15}$  лет), что значительно больше времени существования вселенной. Даже экспоненциальное увеличение быстродействия ЭВМ не позволяет свести задачу к NP-разрешимой. Выход за рамки приближения независимых параметров дает возможность уменьшить число вариантов, увеличивая, однако, сложность оценки каждого из них. Поэтому такой подход не улучшает NP-разрешимость задачи [17].

В последнее время получило развитие направление сведения NP-трудных задач к NP-разрешимому виду путем кластеризации исходной информации [18]. Однако, как показано в работе [19], решение оказывается неустойчивым по отношению к способу кластеризации: слабые изменения состава кластеров значительно изменяют оптимальную последовательность внешних сигналов (в задаче календарного планирования – управленческих решений) [20]. Поэтому именно адекватная исследуемой системе кластеризация множества ее состояний позволит свести задачу оптимального календарного планирования к NP-разрешимому виду. Осуществить такую кластеризацию позволит определение единиц планирования (в дальнейшем – ЕП), объединяющихся в кластеры, не эмпирически, а пространственно-технологически. Объективная кластеризация позволит избежать не-

устойчивости оптимальных решений. Такая кластеризация возможна, например, если пространственно-технологические взаимосвязи позволяют выделить часть помещений объекта, работы в которых должны предшествовать работам в других кластерах. Другой возможной причиной объективной кластеризации является жесткая связь видов ресурсов с выполняемыми работами.

Рассмотрим количественные последствия такой кластеризации, в результате которой оптимизируемая система разбивается на  $M$  независимых частей. При этом параметры этих кластеров связаны с параметрами полной системы соотношениями:

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M S_m &= S; \quad \sum_{m=1}^M W_m = W; \\ \sum_{m=1}^M Rn_m &= Rn; \quad \sum_{m=1}^M T_m = T. \end{aligned} \quad (2)$$

Разделив обе части равенств (2) на соответствующие характеристики полной системы, получим правила нормировки в виде:

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M \sigma_m &= 1; \quad \sum_{m=1}^M \omega_m = 1; \\ \sum_{m=1}^M \rho_m &= 1; \quad \sum_{m=1}^M \tau_m = 1, \end{aligned} \quad (3)$$

где для рациональных дробных параметров  $\sigma_m, \omega_m, \rho_m, \tau_m$  введены обозначения:

$$\begin{aligned} \sigma_m &= \frac{S_m}{S}; \quad \omega_m = \frac{W_m}{W}; \\ \rho_m &= \frac{Rn_m}{Rn}; \quad \tau_m = \frac{T_m}{T}. \end{aligned} \quad (4)$$

Вследствие независимости подсистем число реализуемых сценариев динамики полной системы аддитивно по количеству сценариев подсистем:

$$N_M = \sum_{m=1}^M (S_m W_m Rn_m)^{T_m} = \sum_{m=1}^M (S W Rn)^{T_m} (\sigma_m \omega_m \rho_m)^{T_m}. \quad (5)$$

В частности, если временные промежутки кластеризации совпадают ( $T_m=T_1$ ), выражение (5) упрощается и принимает вид:

$$N_M = (SWRn)^{T_1} \sum_{m=1}^M (\sigma_m \omega_m \rho_m)^{T_1}. \quad (6)$$

Множитель

$$K_M = \sum_{m=1}^M (\sigma_m \omega_m \rho_m)^{T_1} \quad (7)$$

описывает уменьшение числа независимых сценариев динамики системы за счет ее кластеризации. В частности, при отсутствии кластеризации ( $M=1$ ), в соответствии с уравнениями нормировки (3) выполняются условия  $\sigma_1 = \omega_1 = \rho_1 = \tau_1 = 1$ . Вследствие этого, в соответствии с уравнением (7), множитель  $K_M$  принимает значение  $K_{\max} = 1$ . При фиксированном числе независимых подсистем механизм кластеризации работает тем успешней, чем ближе их размерность [21]. Этот факт иллюстрирует рис. 1 (зависимость множителя (7) от числа видов работ при  $S = W = Rn = T = 12$  и числе кластеров  $M=3$ ).

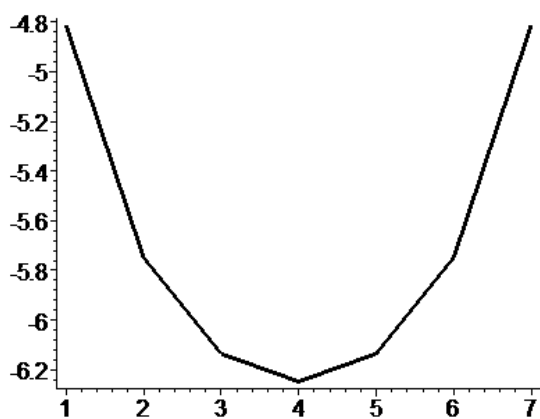


Рис. 1

Масштаб по оси ординат логарифмический. Из рисунка видно, что множитель  $K_M$  принимает минимальное значение  $K_{\min} = 10^{-6,22}$  при совпадающем количестве элементов в каждом кластере  $S_m = W_m = Rn_m = 4$ . Такая кластеризация позволяет уменьшить число независимых

сценариев динамики системы более чем в миллион раз.

Рассмотрим конкретный пример последствий кластеризации. Пусть рассмотренный ранее объект разбивается на три независимые части:

$$\sigma_1 = \omega_1 = \rho_1 = \tau_1 = 3;$$

$$\sigma_2 = \omega_2 = \rho_2 = \tau_2 = 3;$$

$$\sigma_3 = \omega_3 = \rho_3 = \tau_3 = 4.$$

Тогда, в соответствии с уравнением (5), общее число независимых сценариев определяется равенством  $N = 2 \times 3^9 + 4^{12} = 16\,816\,582$ . Полный анализ такой системы на ЭВМ займет время  $\sim 17$  с, и, следовательно, такая задача является NP-разрешимой.

Практически этот механизм полной кластеризации системы возможен для строительных проектов, разбивающихся на независимые по ресурсам части при последовательной их реализации. Однако в реальных системах это требование часто не выполняется. В частности, существуют ресурсы, необходимые для выполнения различных работ. Определим алгоритмы сведения задач календарного планирования к NP-разрешимой форме, не требующие полной кластеризации системы, а основанные на понижении размерности системы.

*Понижение размерности задачи оптимизации календарного планирования*

Понизить размерность задачи календарного планирования позволяет сведение мультипликативной пространственно-технологической части числа вариантов реализации состояний объекта  $S \times W$  к аддитивной. Решить эту задачу дает возможность введение понятия единицы планирования, объединяющей пространственную и технологическую информацию о состоянии объекта. Назовем единицей планирования (в дальнейшем – ЕП) совокупность информации о наборе помещений объекта, перечне и объемах работ, выполнение которых в данном помещении необходимо для реализации проекта. В такой постановке задача календарного планирования становится трехмерной и описывается ступенчатой функцией  $\delta_{t,n,j}$ , принимающей значение,

равное единице если в  $t$ -й промежуток времени в  $n$ -й ЕП используется  $j$ -й ресурс и нулевое значение в противоположном случае. Поэтому в рассматриваемой постановке задачи уравнение, определяющее длительность реализации проекта, принимает вид:

$$\sum_{t=1}^{T_n} \sum_{j=1}^{R_s} \delta_{t,n,j} P_{j,i,t} = v_{k,n}; \quad (8)$$

$$T = \max(T_n); \quad n = 1, 2, \dots, U.$$

Ресурсные ограничения описываются следующей системой уравнений:

$$\sum_{t=1}^{t_0} \delta_{t,n,j} P_{j,n} \leq P_{j,n,t_0}, \quad (9)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^U \delta_{t,n,j} P_{j,n} \leq \sum_n P_{j,n} = P_j. \quad (10)$$

Здесь  $P_j$  – общее количество  $j$ -го складываемого ресурса;  $U$  – число единиц планирования на объекте.

Уменьшение размерности задачи определяется учетом пространственно-технологических взаимосвязей в рамках ЕП, вследствие чего технологически невозможные состояния системы исключаются из рассмотрения уже на этапе постановки. При таком описании верхняя оценка числа независимых сценариев динамики системы приобретает вид:

$$\tilde{N} = (URn)^T. \quad (11)$$

Поэтому при учете роста числа ЕП по сравнению с количеством помещений и видов работ для объекта с характеристиками  $Rn = T = 10$ ;  $U = 20$  число сценариев оценивается как  $\tilde{N} = (200)^{10} \approx 10^{23}$ . С учетом быстродействия ЭВМ полный анализ такого проекта потребует  $10^{17}$  с. Уменьшение размерности задачи оптимизации календарного плана позволяет свести ее к разрешимой и путем кластеризации лишь по одной переменной. Например, при разбиении времени реализации проекта на два одинаковых периода число сценариев имеет вид

$\tilde{N} = 2(200)^5 = 6,4 \cdot 10^{11}$ . Анализ системы при современном быстродействии ЭВМ потребует  $6,4 \cdot 10^5$  с. Экспоненциальный рост быстродействия делает задачу полностью разрешимой.

Таким образом, учет пространственно-технологических взаимосвязей позволяет значительно расширить область применимости методов полной оптимизации задачи календарного планирования стройпроизводства при кластеризации системы лишь по периодам реализации проекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982.
2. Even S. and Tarjan R.E. A combinatorial problem which is complete for polynomial space // J. ACM23-Л A976. P. 710...719.
3. Herbert S.W. Algorithms and Complexity. – Prentice-Hall, 2011.
4. Karp R.M. Reducibility among combinatorial problems, in Complexity of Computer Computations (R. E. Miller, ed.). – Plenum Press, New York, 1992. P. 85...104.
5. Подчасова Т.П., Португал В.М., Шкуба В.В. Эвристические методы календарного планирования. – Киев, Техника, 1980.
6. Дорф Р., Бишон Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
7. Dempster A.P., Laird N.M., Rubin D.B. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm // J. of the Royal Statistical Society, Series B. – №34, 1977. P. 1...38.
8. David B. Shmoys. Computing Near-Optimal Solutions to Combinatorial Optimization Problems. In William Cook, Laszlo Lovasz and Paul Seymour, editors, Combinatorial Optimization, volume 20 of DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science. – American Mathematical Society, 1995.
9. Jordan M.I., Xu L. Convergence results for the EM algorithm to mixtures of experts architectures: Tech. Rep. A.I. Memo No. 1458: MIT. – Cambridge, MA, 1993.
10. Vijay V. Vazirani. Approximation Algorithms. Springer-Verlag. – 2001.
11. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. – Л.: Стройиздат, 1990.
12. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – М.: Мир, 1985.
13. Ахьюджа. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. – М.: Мир, 1979.

14. Афанасьев В.А., Морозова Т.Ф. Модели поточной организации работ. – Санкт-Петербург: изд-во СПбГУ, 2002.

15. Rabin M.O. and Scott D. Finite automata and their decision problems, IBM // J. Research and Development V3:2. – 1999. P. 115...125.

16. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. – 2-е изд. / Пер. с англ. – М.: "Вильямс", 2007.

17. Гордеев Э.Н. Задачи выбора и их решение. В кн.: Компьютер и задачи выбора. – М.: Наука, 1989.

18. Андреева Е.В. Еще раз о задачах на полный перебор вариантов // Информатика. – 2000, №45. С. 47...51.

19. Kazuo Iwama and Takuya Nakashima. An improved exact algorithm for cubic graph tsp. In Guohui Lin, editor, Computing and Combinatorics, volume 4598 of Lecture Notes in Computer Science, pages 108–117. Springer Berlin / Heidelberg, 2007.

20. Boria N., Bourgeois N., Escoffier B. and Paschos V.Th. Exponential approximation schemata for some network design problems. Cahier du LAMSADE 303, LAMSADE. – Universite Paris-Dauphine, 2011.

21. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации: проблемы, методы решения, исследования. – К.: Наукова думка, 2003.

#### REFERENCES

1. Gjeri M., Dzhonson D. Vychislitel'nye mashiny i trudnoreshaemye zadachi. – М.: Mir, 1982.

2. Even S. and Tarjan R.E. A combinatorial problem which is complete for polynomial space // J. ASM23-L A976. P. 710...719.

3. Herbert S.W. Algorithms and Complexity. – Prentice-Hall, 2011.

4. Karp R.M. Reducibility among combinatorial problems, in Complexity of Computer Computations (R. E. Miller, ed.). – Plenum Press, New York, 1992. P. 85...104.

5. Podchasova T.P., Portugal V.M., Shkuba V.V. Jevristicheskie metody kalendarnogo planirovaniya. – Kiev, Tehnika, 1980.

6. Dorf R., Bishop R. Sovremennye sistemy upravleniya. – М.: Laboratoriya bazovyh znaniy, 2002.

7. Dempster A.P., Laird N.M., Rubin D.B. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm // J. of the Royal Statistical Society, Series B. – №34, 1977. P. 1...38.

8. David B. Shmoys. Computing Near-Optimal Solutions to Combinatorial Optimization Problems. In William Cook, Laszlo Lovasz and Paul Seymour, editors, Combinatorial Optimization, volume 20 of DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science. – American Mathematical Society, 1995.

9. Jordan M.I., Xu L. Convergence results for the EM algorithm to mixtures of experts architectures: Tech. Rep. A.I. Memo No. 1458: MIT. – Cambridge, MA, 1993.

10. Vijay V. Vazirani. Approximation Algorithms. Springer-Verlag. – 2001.

11. Afanas'ev V.A. Potochnaja organizacija stroitel'stva. – L.: Strojizdat, 1990.

12. Papadimitriu H., Stajglic K. Kombinatornaja optimizacija. Algoritmy i slozhnost'. – М.: Mir, 1985.

13. Ah'judzha. Setevye metody upravleniya v proektirovanii i proizvodstve. – М.: Mir, 1979.

14. Afanas'ev V.A., Morozova T.F. Modeli potocznoj organizacii rabot. – Sankt-Peterburg: izd-vo SPGTU, 2002.

15. Rabin M.O. and Scott D. Finite automata and their decision problems, IBM // J. Research and Development V3:2. – 1999. P. 115...125.

16. Kormen T., Lejzerson Ch., Rivest R., Shtajn K. Algoritmy: postroenie i analiz. – 2-е изд. / Пер. с англ. – М.: "Vil'jams", 2007.

17. Gordeev Je.N. Zadachi vybora i ih reshenie. V kn.: Komp'yuter i zadachi vybora. – М.: Nauka, 1989.

18. Андреева Е.В. Eshhe raz o zadachah na polnyj perebor variantov // Informatika. – 2000, №45. S.47...51.

19. Kazuo Iwama and Takuya Nakashima. An improved exact algorithm for cubic graph tsp. In Guohui Lin, editor, Computing and Combinatorics, volume 4598 of Lecture Notes in Computer Science, pages 108–117. Springer Berlin / Heidelberg, 2007.

20. Boria N., Bourgeois N., Escoffier B. and Paschos V.Th. Exponential approximation schemata for some network design problems. Cahier du LAMSADE 303, LAMSADE. – Universite Paris-Dauphine, 2011.

21. Sergienko I.V., Shilo V.P. Zadachi diskretnoj optimizacii: problemy, metody resheniya, issledovanija. – К.: Naukova dumka, 2003.

Рекомендована кафедрой организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью. Поступила 28.06.16.



## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИНАНСОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

### ACTUAL PROBLEMS OF TEXTILE ENTERPRISES FINANCE

Т.Б. ХРУНОВА  
T.B. KHRUNOVA

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: oykumena 68@mail.ru

*Исследуются актуальные финансовые проблемы предприятий текстильной отрасли России. Анализируются проблемы недостаточности собственного оборотного капитала, убытков, низкой платежеспособности. Формулируется вывод о неблагоприятной финансовой устойчивости текстильных производств.*

*Actual problems of finance of textile enterprises of Russia are investigated. Problems of the shortage of working capital, unprofitability, low solvency are analyzed. Conclusion about the adverse financial stability is formulated.*

**Ключевые слова:** финансы текстильных предприятий, финансовые показатели, финансовая устойчивость, текстильное производство, кризисное состояние текстильной отрасли.

**Keywords:** finance textile enterprises, finance indicators, financial stability, textile production, the crisis of the textile industry.

Мировой финансовый кризис, несомненно, оказал негативное влияние на российскую экономику в целом и текстильную промышленность в частности. Многие текстильные предприятия России в современных экономических условиях испытывают кроме кадровых, технологических, управленческих, конкурентно-рыночных проблем и проблемы финансового порядка.

Настоящее исследование посвящено анализу современного состояния финансов текстильной промышленности (текстильного и швейного производства) в целом.

Задачами настоящего исследования являются:

- выявление основных проблем финансовой сферы производственных предприятий текстильного комплекса;
- анализ финансовых показателей текстильных организаций;
- раскрытие причин и последствий финансовых проблем текстильных производств;

– обнаружение способов решения финансовых трудностей текстильных предприятий;

– определение уровня финансовой устойчивости организаций текстильной отрасли.

Объектом исследования является общая экономическая ситуация в отечественной текстильной промышленности. Предмет исследования – основные проблемы финансов, препятствующие развитию текстильных производств России. Выбор объекта и предмета исследования определялся исключительной важностью текстильной отрасли для региона, а также для всей российской экономики.

Текстильная промышленность не становилась объектом научных изысканий. Некоторые из них посвящены изучению текстильной отрасли стран СНГ. Примечательно, что при этом обнаруживаются подобные проблемы и тенденции развития

данной сферы, такие как недостаточная инвестиционная привлекательность, налоговое бремя, частые банкротства [4]. Исследование информационного агентства Рос-БизнесКонсалтинг содержит анализ текстильного производства и факторов, сдерживающих развитие отрасли, но в целом направлено на изучение более широкого объекта исследования – легкой промышленности [1].

В ряде статей проанализированы отдельные проблемы отрасли [5], [3]. Наиболее обстоятельное исследование состояния и перспектив развития легкой промышленности в России было проведено научным коллективом НИУ ВШЭ [7]. В нем большое внимание уделяется экономическим и финансовым показателям деятельности крупных и средних организаций текстильного и швейного производства. Функционирование мелких предприятий осталось за рамками исследования, следовательно, данный научный труд не отражает финансового состояния отрасли в целом.

Таким образом, финансовые проблемы функционирования текстильных предприятий России, их причины и последствия остаются недостаточно изученными и требуют основательного научного анализа.

При исследовании финансовой ситуации в отрасли использовались следующие источники:

- статистические данные о финансовом состоянии предприятий текстильной промышленности;
- экспертные оценки и опросные данные, размещенные в СМИ;
- данные вторичных экономических исследований.

Анализ данных фокусировался на основных аспектах финансовой деятельности предприятий текстильной отрасли в целом.

Методологической базой исследования являются преимущественно количественные методы, однако не игнорировались и качественные методы изучения экономической действительности.

Текстильная промышленность – старейшая отрасль промышленного производства, потенциал которой до сих пор не до конца развит и использован в современных экономических условиях России.

Текстильная отрасль (текстильное и швейное производство) занимает по данным Риа Рейтинг 10-е место среди 16 отраслей промышленности России по финансовому состоянию.

Т а б л и ц а 1

Год	Рентабельность продаж, %	Рентабельность активов, %	Коэффициент автономии, %	Коэффициент текущей ликвидности, %	Доля просроченной задолженности в заемных средствах, %	Отношение заемных средств к обороту, %
2013	7,1	3,5	24,9	169,2	4,3	42,3
2014	8,6	2,0	35,1	159,2	4,2	39,4

Невысокое место текстильных производств в финансовом рейтинге обусловлено наличием серьезных финансово-экономических проблем. Данные проблемы текстильных предприятий связаны с недостатком собственного оборотного капитала, убытками, низкой платежеспособностью, ростом числа предприятий-банкротов, значительными издержками, высокой стоимостью кредитных ресурсов, налоговой нагрузкой, низкой инвестиционной привлекательностью.

*Первая проблема – недостаток собственного оборотного капитала*

В 2012 г. крупные и средние предприятия текстильной промышленности показали самый высокий за свою историю уровень обеспеченности собственными оборотными средствами 22,8% [7, с.50]. Но эти предприятия составляют всего лишь 18% всех текстильных предприятий.

Статистические данные свидетельствуют, что в целом в отрасли в 2010-2013 гг. сохранялись отрицательные значе-

ния достаточности собственных источников для формирования оборотных активов [8, с. 102...106], так как 82% организаций текстильного производства – это мелкие предприятия с числом работников до 100 человек [7, с. 41]. Это означает, что в современных условиях многие предприятия отрасли все еще испытывают недостаток в оборотных средствах. Это, в свою очередь, обусловлено: внутренними причинами (недостатками в работе предприятия, отсутствием планирования оборотных средств и т.д.); внешними причинами (изменением цен, инфляцией, спадом производства, нестабильностью нормативно-правовой базы и налогового законодательства).

Предприятиям отрасли угрожают следующие последствия недостатка оборотных средств: увеличение продолжительности операционного цикла; снижение объема продаж из-за недостаточных запасов готовой продукции; дополнительные затраты на решение вопросов дополнительного финансирования; потеря ликвидности; низкий уровень прибыли.

Отсутствие или нехватка оборотных средств может быть как первым проявлением неустойчивости функционирования предприятия на ранней стадии, так и его следствием, если развитие неустойчивости начиналось не в финансовой сфере.

*Вторая проблема – низкая платежеспособность/неустойчивое финансовое состояние*

Наличие у предприятия свободных оборотных ресурсов позволяет своевременно погашать задолженность по текущим обязательствам. Поэтому пессимистическая оценка финансового положения текстильных организаций связана не только с недостатком собственного оборотного капитала, но и, в немалой степени, с уровнем их долговой нагрузки.

Внешнюю задолженность на момент 2009 г. имели 55% предприятий текстильной промышленности. При этом в критической зоне, когда внешний долг в 2 раза или более превышал поступления от основной деятельности, находились 12% предприятий. В 2013 г. 16,3% предприятий текстиль-

ного и швейного производства имели кредиторскую задолженность, 13,6% текстильных производств – задолженность поставщикам [8, с. 199]. Суммарная задолженность по обязательствам текстильных предприятий в 2013 г. составила 107181 млн. руб., из них чуть более половины (52,8%) – задолженность по кредитам банков и полученным займам [8, с. 208, 214]. Показательно, что кредиторская задолженность превысила дебиторскую на 10075 млн. руб. Это составляет 24,9 % от дебиторской задолженности [8, с. 258].

В структуре использования денежных средств платежи по процентам долговых обязательств составили в 2013 г. 1,8 %, что сопоставимо с налоговой нагрузкой текстильных производств (1,3%) [8, с. 123].

Коэффициент текущей ликвидности предприятий текстильного производства с 2010 по 2012 гг. находится ниже среднего показателя по экономике. В 2013 г. он поднимается выше, но незначительно, среднего по всем отраслям [8, с. 102...106].

*Третья проблема – высокая убыточность/низкая прибыльность*

Финансовым результатом работы текстильной отрасли Ивановской области в первом полугодии 2010 г. стал убыток в 214 млн. руб. При этом 46% предприятий сработали с прибылью в 166 млн. руб., 54% предприятий – с убытком в 380 млн. руб. [2].

Выручка предприятий текстильного производства в России в 2013 г составила 205595 млн. руб. (в 2012 г. – 172055 млн. руб.). Финансовый результат деятельности предприятий отрасли является одним из самых низких. С 2010 по 2013 гг. происходило неуклонное снижение сальдированного финансового результата деятельности текстильных организаций [8, с.84]. Число прибыльных организаций за эти же годы практически не изменилось, хотя сумма прибыли этих производств удвоилась. Удельный вес убыточных организаций в 2013 г. равнялся 29,2% от общего числа организаций. Сумма убытка этого года достигла 6432 млн. руб., что в 1,3 раза больше убытка в предшествующем году [8, с.73...93].

Валовая рентабельность и рентабельность продаж в отрасли к 2012-13 гг. возросли минимально. С 2010 по 2013 гг. рентабельность проданной продукции и рентабельность активов организаций текстильной отрасли находилась на низком уровне. Первая не поднималась выше 7,7 % (2013 г.), вторая – 4,2% (2011 г.) [8, с. 95].

Невысокая прибыльность, а также убыточность текстильных производств объясняется снижением спроса на продукцию в результате финансового кризиса и режима экономических санкций. Сокращение спроса на свою продукцию испытали 62% предприятий легкой промышленности [7, с. 150].

В структуре затрат текстильных предприятий на производство продукции половина (50,5%) приходится на затраты на сырье и материалы [8, с.100]. Сырьевая проблема и поиск ее решения являются одними из главных причин невысокой прибыльности в отрасли.

На финансовый результат текстильного предприятия напрямую влияет его конкурентоспособность (рыночная эффективность). За счет своих рыночных преимуществ предприятие получает возможность потеснить конкурентов на рынке, повысить собственные объемы продаж, в определенной мере воздействовать на среднерыночный уровень цен за счет манипулирования объемом продаж и, в конечном итоге, повысить свои конечные финансовые результаты (величину чистой прибыли). Таким образом, в долгосрочном аспекте рыночная эффективность определяет уровень финансового состояния предприятия, повышает его собственные средства, ликвидность, финансовую маневренность и пр.

Преодолению кризисного состояния текстильной промышленности будет способствовать создание финансово-устойчивого положения отечественных товаропроизводителей на внутреннем и внешнем рынках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев Ю.А. Состояние и перспективы развития легкой и текстильной промышленности //

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

2. Легкая промышленность: влияние кризиса на отрасль. Текстильная, швейная и кожевенно-обувная промышленность. Аналитический обзор // РосБизнесКонсалтинг. – М., 2009.

3. Настоящее и будущее текстильной промышленности// [http://ivanovocat.ru/articles/nastoyashchee-i-budushchee-tekstilnoy-promyshlennosti-tekstil-ivano-vo\\_8322/](http://ivanovocat.ru/articles/nastoyashchee-i-budushchee-tekstilnoy-promyshlennosti-tekstil-ivano-vo_8322/)

4. Николенко А.В. Основные экономические проблемы отечественных предприятий легкой промышленности в современных условиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №4. С. 5...8.

5. Новосадов С.А. Факторы, влияющие на повышение уровня конкурентоспособности предприятий текстильной промышленности // Российское предпринимательство. – 2007, № 6. Вып. 1 (92). С. 132...134.

6. Проблемы и перспективы развития текстильной промышленности Узбекистана//Policy Brief. – 2006, № 5. С.1...14.

7. Разбродин А. Эффективность государственной поддержки предприятий текстильной и легкой промышленности в форме субсидирования части процентных ставок по кредитам российских кредитных учреждений// <http://www.souzlegprom.ru/28.06.2010>

8. РиаРейтинг / Рейтинговое агентство // <http://riarating.ru/>

9. Радаев В.В., Данилина В.Н., Котельникова З.В., Назарбаева Е.А. // Тез. докл. XV Апр. Междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики и общества: Текущее состояние и перспективы развития легкой промышленности в России. – М.: Изд-во: Дом Высшей школы экономики, 2014.

10. Финансы России. 2014: Стат. сб. / Росстат. – М., 2014.

11. Шохина Е. Большие льготы для малого бизнеса//<http://expert.ru/2015/02/2/Igotnaya-arenda-protiv-krizisa/>

#### REFERENCES

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

2. Legkaja promyshlennost': vlijanie krizisa na otrasl'. Tekstil'naja, shvejnaja i kozhevenno-obuvnaja promyshlennost'. Analiticheskij obzor // RosBiznesKonsalting. – М., 2009.

3. Nastojashhee i budushhee tekstil'noj promyshlennosti// [http://ivanovocat.ru/articles/nastoyashchee-i-budushchee-tekstilnoy-promyshlennosti-tekstil-ivano-vo\\_8322/](http://ivanovocat.ru/articles/nastoyashchee-i-budushchee-tekstilnoy-promyshlennosti-tekstil-ivano-vo_8322/)

4. Nikolenko A.V. Osnovnye jekonomicheskie problemy otechestvennyh predpriyatij legkoj promyshlennosti v sovremennyh uslovijah // Izv. vuzov.

Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №4. S. 5...8.

5. Novosadov S.A. Faktory, vlijajushhie na povyshenie urovnja konkurentosposobnosti predpriyatij tekstil'noj promyshlennosti // Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2007, № 6. Vyp. 1 (92). S.132...134.

6. Problemy i perspektivy razvitija tekstil'noj promyshlennosti Uzbekistana//Policy Brief. – 2006, №5. S.1...14.

7. Razbrodin A. Jeffektivnost' gosudarstvennoj podderzhki predpriyatij tekstil'noj i legkoj promyshlennosti v forme subsidirovanija chasti procentnyh stavok po kreditam rossijskih kreditnyh uchrezhdenij// <http://www.souzlegprom.ru/28.06.2010>.

8. RiaRejting / Rejtingovoe agentstvo // <http://riarat-ing.ru/>

9. Radaev V.V., Danilina V.N., Kotel'nikova Z.V., Nazarbaeva E.A. // Tez. dokl. XV Apr. Mezhdunar. nauchn. konf. po problemam razvitija jekonomiki i obshhestva: Tekushhee sostojanie i perspektivy razvitija legkoj promyshlennosti v Rossii, – M.: Izd-vo: Dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2014.

10. Finansy Rossii. 2014: Stat. sb. / Rosstat. – M., 2014.

11. Shohina E. Bol'shie l'goty dlja malogo biznesa//<http://expert.ru/2015/02/2/lgotnaya-arenda-protiv-krizisa/>

Рекомендована кафедрой бизнеса и финансов.  
Поступила 01.06.16.

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ\***

**RESEARCH TESTING THE MECHANICAL PROPERTIES  
OF NANOMODIFIED TEXTILE MATERIALS  
USED FOR PROTECTIVE CLOTHING**

*Э.А. ХАММАТОВА, Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ*  
*E.A. KHAMMATOVA, R.F. GAINUTDINOV*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)  
(Kazan National Research Technological University)  
E-mail: venerabb@mail.ru

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с проведением исследовательских испытаний механических свойств наномодифицированных натуральных текстильных материалов, полученных на основе пропитки коллоидным раствором наночастиц серебра и плазменной обработки. Проведены исследования комплекса механических нагрузок наномодифицированных текстильных материалов, определяющих внешний вид и износостойкость текстильных материалов, обладающих прочностью, относительным разрывным удлинением, стойкостью к истиранию, что очень важно при эксплуатации изделий специального назначения. Показатели механических свойств наномодифицированных суровых и раслихтованных тканей увеличиваются как по основе, так и по утку относительно контрольных образцов. Максимальное увеличение показателей механических свойств наблюдается в суровых наномодифицированных тканях.*

*The article discusses issues related to the conduct of research testing the mechanical properties of nanomodified natural textile materials obtained through impregnation with a colloidal solution of silver nanoparticles and plasma processing. Conducted research of complex mechanical loads nanomodified textile materials, appearance and durability of textile materials with the strength, relative breaking*

---

\* Проект выполняется в организации исполнителя (Получателе субсидии) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с требованием соглашения № 14.577.21.0019 о предоставлении субсидии на проведение прикладных научных исследований. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0019.

*elongation, resistance to abrasion, which is very important in the operation of special purpose products. Mechanical properties of nanomodified harsh and desizing tissues increase as in the warp and in the weft direction, relative to the control samples. Maximum increase in mechanical properties is observed in severe nanomodified tissues.*

**Ключевые слова:** специальный текстильный материал, спецодежда, плазма, наномодифицирование, коллоидный раствор, наночастицы серебра, прочность, стойкость к истиранию, относительное разрывное удлинение.

**Keywords:** special textile material, clothing, plasma, system hardening, colloidal solution, silver nanoparticles, strength, abrasion resistance, relative elongation.

Создание специальных текстильных материалов – сложная задача, так как спецодежда представляет собой полный или частичный барьер между человеком и окружающей средой. При этом одежда специального назначения должна выполнять комплекс механических нагрузок, определяющих внешний вид и износостойкость текстильных материалов: обладать прочностью, относительным разрывным удлинением, стойкостью к истиранию, способностью волокон и нитей сопротивляться действию внешних сил и соответствовать конкретным условиям производственной деятельности человека, сочетающих безопасность, удобство и комфорт потребителя [1], [2].

К каждому виду специальной одежды предъявляются конкретные требования в соответствии с условиями эксплуатации. Это происходит в силу того, что деятельность рабочих многих специальностей связана с необходимостью контакта с острыми предметами, разрывающими спецодежду. При этом обеспечение необходимых механических свойств зависит и от применяемых материалов и от конструктивного исполнения. Поэтому при создании экспериментальных образцов тканей для специальной одежды необходимо руководствоваться требованиями, учитывающими весь комплекс показателей качества и назначения.

Для спецодежды, защищающей от механических воздействий, износостойчивость определяется прежде всего разрывной

нагрузкой и разрывным удлинением. Разрывная нагрузка – это усилие, которое выдерживают пробные образцы материала при его растяжении до разрыва. Разрывное удлинение – приращение длины растягиваемого материала к моменту его разрыва. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение определяются одновременно на разрывной машине [3].

Кроме названных задач актуальным в настоящей работе является создание бактерицидных и экологически чистых текстильных материалов с комплексом механических характеристик, сохраняющихся при эксплуатации изделий специального назначения в реальных условиях. Не менее значимыми являются проблемы, связанные со снижением затрат на получение таких материалов.

Разработанные нами наномодифицированные текстильные материалы на основе обработки их коллоидным раствором наночастиц серебра с концентрацией 0,2 г/л и закрепления потоком неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления позволят решить поставленную задачу за счет обеспечения прочной связи между наночастицами серебра и натуральными волокнами. Этот метод экономически эффективный и позволяет получить натуральные ткани с повышенными механическими характеристиками [4].

Объектом исследовательских испытаний механических свойств наномодифицированных текстильных материалов явля-

лись ткани как в суровом, так и в расшлихтованном виде: "Премьер FR-350" с пропиткой, артикул 10202AM, состав 100% хлопок + антистатическая нить, а также парусина полульняная, поверхностной плотностью  $450 \pm 40$  г/м<sup>2</sup> с пропиткой, артикул 11293, состав 59% лен+41% хлопок.

Одним из основных показателей, определяющих качество наномодифицированных тканей для специальной одежды с содержанием натуральных волокон, являются механические характеристики: разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию образцов. Стандартный метод экспериментальной оценки разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения материалов (ГОСТ 29104.4–91) позволяет определить их выносливость, то есть устойчивость к действию многоциклового нагружения [5].

Разрывная нагрузка по основе и утку,  $N$ , и относительное разрывное удлинение изго-

товленных экспериментальных образцов тканей для специальной одежды с содержанием натуральных волокон измерялись с помощью автоматической разрывной машины МТ110-5.

На рис. 1 представлены результаты испытаний разрывной нагрузки наномодифицированной ткани "Премьер FR-350", артикул 10202AM, состав 100% хлопок + антистатическая нить, и видов обработки ННТП, а на рис. 2 – испытания разрывной нагрузки парусины полульняной с огнезащитной пропиткой (артикул 11293) в зависимости от последовательности обработки материалов коллоидным раствором наночастиц серебра (НС) и потоком неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) при расходе плазмообразующего газа  $G_{\text{воздух}} = 0,04$  г/с, частоте генератора  $f = 50$  МГц, давлении в разрядной камере  $P = 21$  Па, мощности разряда  $W_p = 3,5$  кВт,  $\tau = 1$  м/мин.

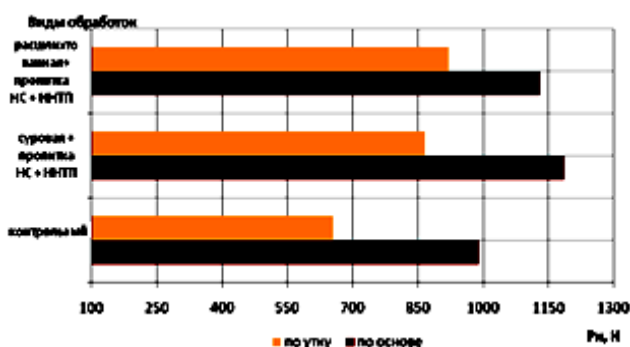


Рис. 1

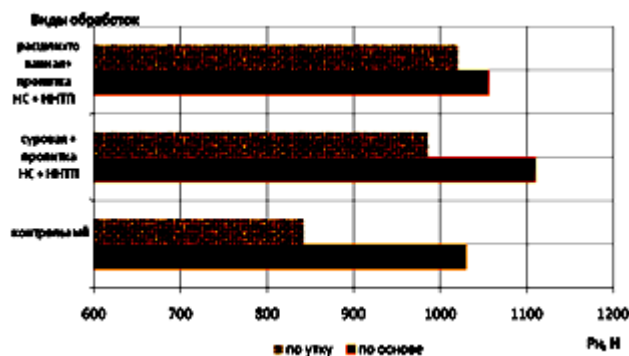


Рис. 2

На основе проведенных исследований установлено (рис. 1 и 2), что максимальные показатели прочности текстильных материалов увеличиваются в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки тканей в суровом виде, при этом разрывная нагрузка в суровой ткани "Премьер FR-350", артикул 10202AM повысилась на 21,4 % по основе и на 38,7% по утку, в наномодифицированных тканях после расшлихтовки прочность повысилась до 15,3% по основе и на 34,8% по утку относительно контрольных образцов.

При испытаниях прочности суровой ткани – парусины полульняной, артикул 11293, прочность образцов повысилась на

21,4% по основе и на 22,7% по утку, в наномодифицированных тканях после расшлихтовки прочность повысилась на 3% по основе и на 21,6% по утку относительно контрольных образцов.

Таким образом, максимальные показатели разрывной нагрузки достигаются в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки тканей в суровом виде.

Данный вид разряда позволяет не только упрочнять исследуемый ассортимент наномодифицированных тканей, но и одновременно повышать их относительное разрывное удлинение. Принято определять удлинение при стандартной разрывной



нагрузке – приращение длины растягиваемой пробы в момент достижения разрывной нагрузки – экспериментально установленных контрольных и наномодифицированных образцов. Результаты исследований относительного разрывного удлинения наномодифицированных тканей "Премьер FR-350", артикул 10202AM и парусины полульняной, артикул 11293 от видов их обработок ННТП представлены на рис. 3.

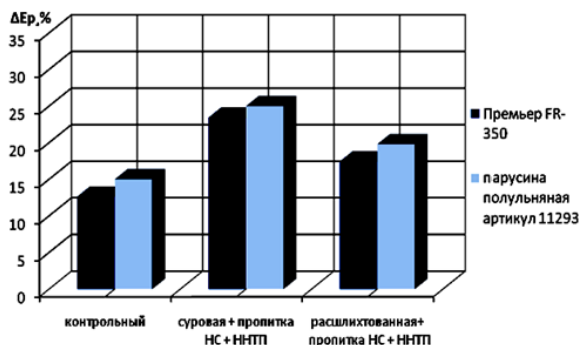


Рис. 3

Экспериментальные исследования относительного разрывного удлинения наномодифицированных тканей "Премьер FR-350" с пропиткой, артикул 10202AM и парусины полульняной, артикул 11293 в зависимости от видов их обработки ННТП показали, что максимальные показатели достигаются в результате обработки ННТП тканей в суровом виде, где показатель повышается на 83,0%, относительно контрольных образцов.

Таким образом, ткани, имеющие высокие показатели удлинения при разрыве, обладают, как правило, хорошей эластичностью, несминаемостью, стой-

костью к истиранию, что немаловажно для швейных изделий специального назначения. Как и разрывная нагрузка, удлинение при разрыве в значительной степени зависит от качественного состава сырья, из которого выработана ткань.

В процессе эксплуатации изделий, изготовленных из текстильных полотен, происходит постепенное ухудшение их свойств, они изнашиваются. Для материалов одежды специального назначения, которые рассчитаны на продолжительный срок эксплуатации, очень важна способность текстильных материалов сохранять первоначальные свойства, то есть износостойкость. Процесс ухудшения первоначальных свойств называется изнашиванием, а конечный результат изнашивания – износом, который выражается в видимом разрушении или сильном ухудшении свойств материала [3].

Стойкость к истиранию на плоскости – этот показатель определяется в зависимости от волокнистого состава материала. Сущность метода определения стойкости к истиранию заключается в измерении числа оборотов головки прибора МТ 191, истирающей материал до разрушения материала (образования дыры) [6].

На рис. 4 и 5 представлены диаграммы изменения стойкости к истиранию изготовленных экспериментальных образцов наномодифицированной ткани "Премьер FR-350", артикул 10202AM, состав 100% хлопок + антистатическая нить и парусины полульняной, артикул 11293, состав 59% лен + 41% хлопок в зависимости от видов обработки ННТП (рис. 4 – ткань "Премьер FR-350", рис. 5 – парусина полульняная).

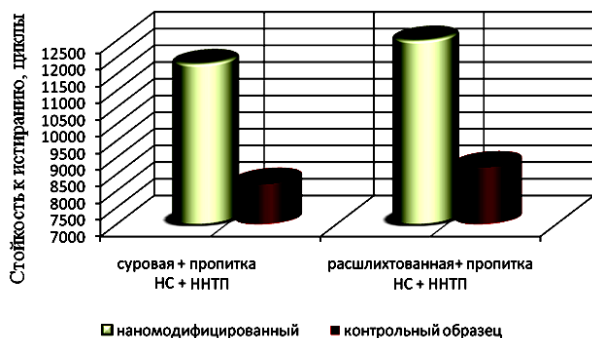


Рис. 4

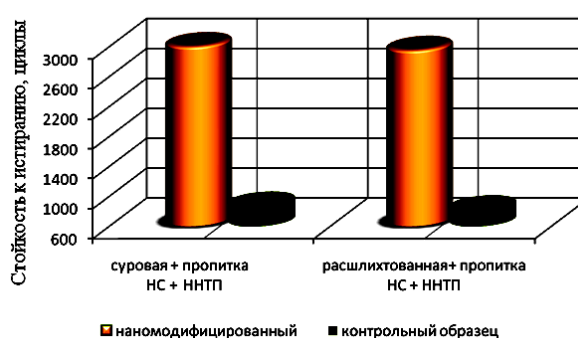


Рис. 5

Как видно из рис. 4, стойкость к истиранию изготовленной наномодифицированной ткани "Премьер FR-350", состав 100% хлопка + антистатическая нить, в определенном режиме наноструктурирования:  $P_k = 20...22$  Па,  $W_p = 3,5$  кВт,  $\tau = 1$  м/мин;  $G_{возд} = 0,04$  г/с составляет соответственно 11300 циклов и 12000 циклов, а в контрольных образцах суровых тканей 7800 циклов, в расшлихтованных тканях 8400 циклов. Стойкость к истиранию после ННТП наномодифицирования увеличивается относительно контрольных образцов в суровых тканях на 44,87% и в расшлихтованных тканях на 42,85%.

Анализ результатов экспериментальных исследований, представленных на рис. 5, показал, что испытания стойкости к истиранию изготовленных экспериментальных образцов текстильных материалов парусины полульняной суровой (59% лен + 41% хлопок) с поверхностной плотностью  $450 \pm 40$  г/м<sup>2</sup> в определенном режиме их наномодифицирования:  $P_k = 20...21$  Па,  $W_p = 3,5$  кВт,  $\tau = 1$  м/мин;  $G_{возд} = 0,04$  г/с определен соответственно 2800 циклов в суровых тканях и 2700 циклов в расшлихтованных тканях, а в контрольных образцах соответственно 630 и 610 циклов. Стойкость к истиранию после наномодифицирования увеличивается относительно контрольных образцов в суровых и в расшлихтованных тканях в 4,0 раза.

Таким образом, результаты полученных характеристик механических свойств наномодифицированных текстильных материалов могут использоваться при оценке их качества и решить ряд требований к защитной спецодежде: сохранить в процессе эксплуатации их форму и размеры, предъявляемых к текстильным материалам, а также прогнозировать срок службы одежды специального назначения.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что изготовление экспериментальных образцов наномодифицированных текстильных материалов за счет пропитки коллоидным раствором наноча-

стиц серебра и закрепления потоком неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления является новым перспективным способом получения новых материалов.

2. Закрепление наномодифицированных текстильных материалов потоком ННТП пониженного давления целесообразно осуществлять в режиме:  $P = 20...22$  Па;  $W_p = 3,5$  кВт;  $\tau = 1$  м/мин;  $G_{возд} = 0,04$  г/с. Это приводит к дополнительному "вбиванию" наночастиц серебра в поверхность образцов за счет ионной бомбардировки, что способствует как физической адсорбции наночастиц металла в приповерхностных слоях тканей, так и формированию поверхностной сетки в результате воздействия плазмообразующего газа, способного в ионизированном состоянии взаимодействовать с образовавшимися за счет ионной бомбардировки свободными радикалами в поверхностном слое волокнообразующих полимеров.

3. Максимальные показатели механических свойств текстильных материалов – разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию преимущественно увеличиваются в суровом виде в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова Э.А. Повышение механических свойств многофункциональных текстильных материалов для производства изделий специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 44...48.
2. Пустыльник Я.И. Безопасность для каждого рабочего дня // Рабочая одежда. – 2007, № 4 (39). С.6...7.
3. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство). – М.: Академия, 2004.
4. Хамматова В.В. Разработка экспериментальных образцов наномодифицированных текстильных материалов, влияющих на прочность одежды специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 59...65.
5. ГОСТ 29104.4–91. Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – Введен 01.01.1993. – М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 2004.

6. ГОСТ 9913–90 (СТ СЭВ 5784–86). Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. – Введен 01.05.1990. – М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 1991.

#### REFERENCES

1. Hammatova Je.A. Povyshenie mehanicheskikh svojstv mnogofunktional'nyh tekstil'nyh materialov dlja proizvodstva izdelij special'nogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S. 44...48.

2. Pustyl'nik Ja.I. Bezopasnost' dlja kazhdogo rabocheho dnja // Rabochaja odezhda. – 2007, № 4 (39). S.6...7.

3. Buzov B.A., Alymenkova N.D. Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti (shvejnoe proizvodstvo). – М.: Akademija, 2004.

4. Hammatova V.V. Razrabotka jeksperimental'nyh obrazcov nanomodificirovannyh tekstil'nyh materialov, vlijajushhih na prochnost' odezhdy special'nogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 59...65.

5. GOST 29104.4–91. Tkani tehicheskie. Metod opredelenija razryvnoj nagruzki i udlinenija pri razryve. – Vведен 01.01.1993. – М.: Gosstandart Rossii: Izdatel'stvo standartov, 2004.

6. ГОСТ 9913–90 (СТ SJeV 5784–86). Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. – Введен 01.05.1990. – М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 1991.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 05.10.16.

УДК 667.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОНУСООБРАЗНОЙ НАСАДКОЙ

### STUDY OF STRENGTH ON EXPOSURE BALLISTIC FABRIC BUGLE NOZZLE INCLUDED

*A.A. KIM, A.V. KURDENKOVA, YU.S. SHUSTOV*  
*A.A. KIM, A.V. KURDENKOVA, YU.S. SHUSTOV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: sys@staff.msta.ac.ru

*В работе проведено исследование влияния скорости движения зажима испытательной системы Инстрон на прочность при продавливании конусообразной насадкой баллистических тканей. Данный вид воздействия создает имитацию проникновения пули. Установлен вид математической зависимости прочности и стрелы прогиба при продавливании конусообразной насадкой от скорости движения зажима испытательной системы Инстрон.*

*In this paper we investigated the effect of speed clamping system Instron test of strength with the selling-Lebanon conical nozzle ballistic fabrics. This type of exposure creates a simulation of penetration of bullets. Determine the type of mathematical relationship strength and deflection at the pro-davlivanii conical nozzle on the rate of speed of movement of the clamp Instron testing system.*

**Ключевые слова:** баллистические ткани, разрывная нагрузка, стрела прогиба, математическая модель, метод испытаний.

**Keywords:** ballistic fabric, breaking load, deflection, mathematical model, test method.

Особую актуальность в последнее время приобретают вопросы обеспечения личной безопасности для каждого человека, по роду деятельности относящегося в большей степени к "группе риска", для которого одежда специального назначения является средством индивидуальной защиты. Для изготовления такой одежды применяются баллистические ткани.

В качестве объектов исследования были выбраны 7 образцов тканей баллистического назначения.

Образцы, выработанные из нитей "Русар", отличаются структурными характеристиками, а также видами переплетения. Все образцы имели водоотталкивающую пропитку.

Для испытаний использовали ткани артикулов, приведенных в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Показатели, единицы измерения	Значения показателей артикулов						
	11938	11939	11942	12012	12035	12036	12037
Толщина, мм	0,248	0,460	0,255	0,215	0,157	0,323	0,847
Линейная плотность нитей по основе, текс	64,00	32,50	63,50	52,80	23,31	32,50	65,12
Линейная плотность нитей по утку, текс	64,00	32,50	63,50	52,80	23,31	32,50	65,12
Плотность ткани по основе, число нитей на 10 см	130	219	130	100	160	240	320
Плотность ткани по утку, число нитей на 10 см	130	218	130	100	160	240	335
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	165	148,98	165	110	76,88	153,50	427,35
Средняя плотность ткани, мг/мм <sup>3</sup>	0,630	0,324	0,614	0,586	0,490	0,475	0,504
Переплетение	полотняное	саржевое	полотняное, усиленное в 2 раза	полотняное			полотняное, усиленное в 3 раза

Для определения прочности при продавливании использовали разрывную машину Инстрон, тиски которой заменялись специальным приспособлением (рис. 1). Насадка для продавливания представляла собой конус с углом 90°.

В табл. 2 приведены результаты испытаний, проведенных с помощью насадки в виде конуса при различных скоростях.



Рис. 1

Т а б л и ц а 2

Артикул ткани	Разрывная нагрузка при продавливании, кН					Стрела прогиба, мм				
	50	165	275	385	500	50	165	275	385	500
	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин	мм/мин
11938	0,3662	0,3409	0,2641	0,1835	0,1610	21,62	20,76	20,23	20,01	19,29
11939	0,9472	0,6931	0,7652	0,6759	0,5846	26,04	23,03	22,00	21,59	20,42
11942	0,1779	0,1492	0,1433	0,1007	0,0972	20,91	20,74	16,04	15,23	14,57
12012	0,1054	0,1023	0,0942	0,0972	0,0784	20,71	20,77	17,61	14,23	11,25
12035	0,1979	0,1609	0,1520	0,1392	0,1117	22,28	21,04	20,62	19,86	18,42
12036	0,3282	0,3065	0,2880	0,2671	0,2479	20,79	20,65	19,72	19,86	18,55
12037	0,2893	0,2804	0,2713	0,2628	0,2539	22,25	20,90	20,86	20,82	18,34

Из табл. 2 видно, что с увеличением скорости разрывная нагрузка и стрела прогиба всех тканей уменьшаются. Наибольшей разрывной нагрузкой обладает ткань арт. 11939, выработанная саржевым переплетением. Наименьшее значение показателя имеет ткань арт. 12012, выработанная с наименьшей плотностью полотняным переплетением.

Наименьшее изменение стрелы прогиба отмечается у ткани арт. 12036, выработанной полотняным переплетением. Наибольшее изменение стрелы прогиба наблюдается у ткани арт. 12012.

## ВЫВОДЫ

С увеличением скорости продавливания образцов тканей разрывная нагрузка и стрела прогиба уменьшаются и описываются линейной зависимостью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Ким А.А. Прогнозирование разрывной нагрузки тканей для изготовления бронежилетов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 4. С.18...20.
2. Ким А.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С. Исследование механических свойств тканей для изготовления бронежилетов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №2. С. 31...33.
3. Гойс Т.О., Матрохин А.Ю. Совершенствование системы классификации геосинтетических материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №6. С. 37...41.
4. Грузинцева Н.А. и др. Обеспечение требуемого уровня качества геотекстильных материалов для дорожного строительства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 19...22.
5. Грузинцева Н.А. и др. Совершенствование номенклатуры показателей и оценка качества геотекстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №3. С. 28...32.
6. Лунькова С.В. и др. Комплексная оценка чистоты текстильных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №2. С. 27...31.
7. Пестерева Л.А. и др. Установление нормативных значений показателей качества текстильных материалов с учетом рядов предпочтительных чисел //

Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №1. С. 172...174.

8. Петрухин А.Б. и др. Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С. 30...35.

9. Грузинцева Н.А. и др. Построение методики для учета требований швейных предприятий к качеству текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С. 19...23.

## REFERENCES

1. Shustov Ju.S., Kurdenkova A.V., Kim A.A. Prognozirovanie razryvnoj nagruzki tkanej dlja izgotovlenija bronezhiletov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 4. S. 18...20.
  2. Kim A.A., Kurdenkova A.V., Shustov Ju.S. Issledovanie mehanicheskikh svojstv tkanej dlja izgotovlenija bronezhiletov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №2. S. 31...33.
  3. Gojs T.O., Matrohin A.Ju. Sovershenstvovanie sistemy klassifikacii geosinteticheskikh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №6. S. 37...41.
  4. Gruzinceva N.A. i dr. Obespechenie trebuemogo urovnja kachestva geotekstil'nyh materialov dlja dorozhnogo stroitel'stva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 19...22.
  5. Gruzinceva N.A. i dr. Sovershenstvovanie nomenklatury pokazatelej i ocenka kachestva geotekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №3. S. 28...32.
  6. Lun'kova S.V. i dr. Kompleksnaja ocenka chistoty tekstil'nyh nitej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №2. S. 27...31.
  7. Pestereva L.A. i dr. Ustanovlenie normativnyh znachenij pokazatelej kachestva tekstil'nyh materialov s uchetom rjadov predpochtitel'nyh chisel // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №1. S.172...174.
  8. Petruhin A.B. i dr. Strategija nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespechenija vypuska tkanej i izdelij iz natural'nyh i sinteticheskikh volokon // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S. 30...35.
  9. Gruzinceva N.A. i dr. Postroenie metodiki dlja ucheta trebovanij shvejnyh predpriyatij k kachestvu tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №5. S. 19...23
- Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 29.09.15.

**К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ  
ИЗ ОВЧИННОГО ПОЛУФАБРИКАТА**

**REGARDING THE ISSUE OF IMPROVEMENT  
OF TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE MANUFACTURING  
OF SEMI-FINISHED SHEEPSKIN PRODUCTS**

*Е.Н. БОРИСОВА, Ж.Ю. КОЙТОВА, Н.М. БУТЕНИН*  
*E.N. BORISOVA, ZH.YU. KOYTOVA, N.M. BUTENIN*

**(Костромской государственный университет)**  
**(Kostroma State University)**

E-mail: borisoffa@mail.ru, koytovaju@mail.ru, chubaice@gmail.com

*Для повышения качества изделий из овчинного полуфабриката предложено рассматривать возможность изменения технологии изготовления изделий из овчинного полуфабриката на основе анализа показателей качества овчинного полуфабриката, определяющего его технологичность, а именно жесткости, высоты и устойчивости окраски волосяного покрова.*

*Improved approach to the manufacturing of semi-finished sheepskin products is based on the evaluation of colour retention, abrasive interactions, friction force arising from the interaction of hair-covering with an under-clothing layer. Innovative technological approach has been proposed to improve the quality of semi-finished sheepskin products, allowing the use of removable lining.*

**Ключевые слова:** овчинный полуфабрикат, волосяной покров, пододежный слой, устойчивость окраски, высота волосяного покрова, трение, технология изготовления, съемная подкладка.

**Keywords:** sheepskin semi-finished products, pelage, under-clothing layer, painting stability, the height of hair, friction, manufacturing technology, removable lining.

Дубленки являются единственным ассортиментом одежды из меховых полуфабрикатов, у которых волосяной покров (ВП) в процессе эксплуатации одежды контактирует с пододежным слоем, являясь, с одной стороны, положительным фактором, так как значительно улучшаются теплозащитные свойства данного ассортимента одежды, с другой стороны – негативным. Анализ претензий потребителей к изделиям данного ассортимента показал, что имеют место такие отрицательные последствия взаимодействия волосяного покрова и пододежного слоя, как окрашивание, "закручивание рукава", пиллингуемость [1].

Проведены исследования по оценке устойчивости окраски волосяного покрова овчинного полуфабриката при сухом и влажном трении [2], [3] с использованием разработанного метода [4...6] (табл. 1). В качестве критерия предлагается использовать характеристику  $\Delta E$  – цветовое различие. Если при изменении цвета величина  $\Delta E$  превышает 1, то данные изменения цвета становятся видны глазу человека. Анализ полученных данных показывает, что трение, особенно влажное, вызывает значительное окрашивание белой ткани, чем и обусловлено окрашивание в той или иной степени пододежного слоя при эксплуатации дубленок.

Наименование материала, цвет волосяного покрова	Сухое трение	Влажное трение
	$\Delta E_{вп}$	$\Delta E_{вп}$
Шубная овчина, коричневый	0,92	2,75
Меховой велюр, рыжий	1,29	2,05
Шубная овчина, красный	1,88	1,62
Меховая овчина, черный	1,33	2,70
Меховой велюр, синий	1,67	3,69
Меховой велюр, зеленый	1,53	1,32
Меховая овчина, синий	0,64	1,84
Меховая овчина, серо-бежевый	0,94	0,93
Меховой велюр, светло-коричневый	0,9	0,89
Меховой велюр, светло-коричневый	0,7	0,75
Шубная овчина, неокрашенный	0,5	1,16
Меховой велюр, рыжий	1,29	2,33
Меховая овчина, серебристо-серый	1,33	1,34
Меховой велюр, серый	1,34	2,14
Меховой велюр, светло-коричневый	1,96	2,56

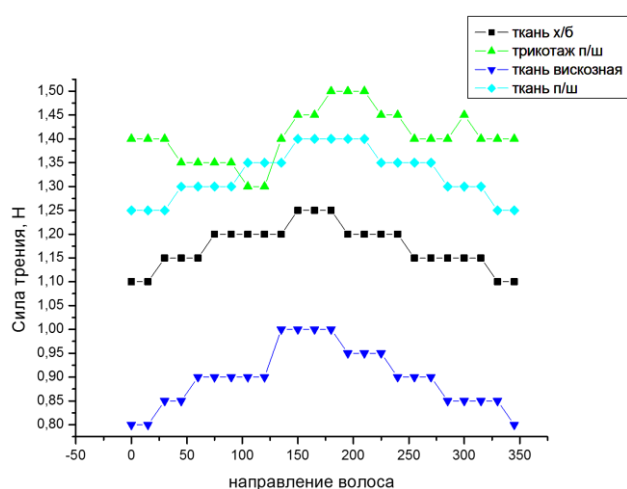


Рис. 1

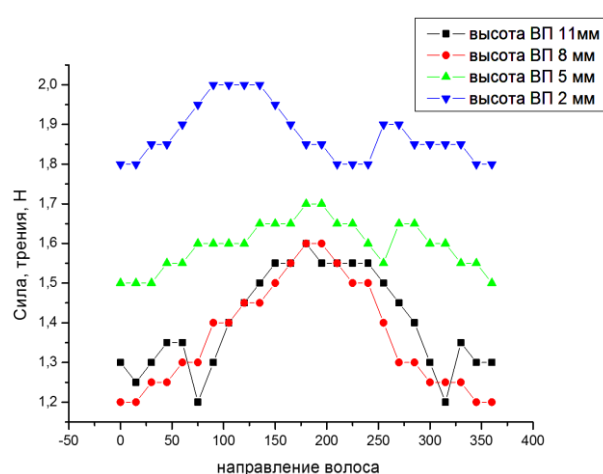


Рис. 2

Для выявления причин возникновения проблемы "закручивание рукава" проведена оценка величины силы трения, возникающей при взаимодействии волосяного покрова и пододежного слоя. Силу трения между материалом и волосяным покровом определяли под различными углами к направлению волосяного покрова. Исследования на костюмных и платьевых тканях, трикотажных полотнах разного волокнистого состава показали (рис. 1 – зависимость силы трения от направления волосяного покрова и вида материала), что наибольшее значение силы трения характерно для материалов из пряжи. Анализ влияния высоты стрижки свидетельствует (рис. 2 – зависимость силы трения от высоты и направления волосяного покрова), что при естественной высоте волосяного

покрова и при незначительной его стрижке (высота ВП = 11 и 8 мм) величина силы трения определяется только направлением волосяного покрова, достигая своего максимума при угле 180°. При дальнейшем увеличении стрижки (высота ВП = 5 и 2 мм) происходит значительное увеличение силы трения (в 1,5...2 раза) при направлении волосяного покрова 0...90°. При этом зависимости силы трения от направления волосяного покрова уже не имеют такого ярко выраженного максимума при угле 180°, что свидетельствует о сглаживании анизотропии свойств при значительной стрижке волосяного покрова. Проверка соблюдения требований ГОСТа 5710–85. "Одежда из овчины шубной и мехового велюра". Общие технические условия", согласно которому "...направления волосяного покрова в



деталях должно быть сверху вниз, допустимые отклонения в направлении волосяного покрова не более  $45^\circ \dots$ ", показала, что более чем в 65% дубленок, реализуемых в торговых сетях, данное требование не выполняется, что объясняется стремлением производителей обеспечить экономичность

раскроя материала. Поэтому в изделиях, где волосяной покров имеет высоту 5...8 мм и детали выкроены под различными углами по направлению волосяного покрова, имеет место дефект, выражаемый в закручивании пододежного слоя, приводящий к дискомфорту в процессе эксплуатации.

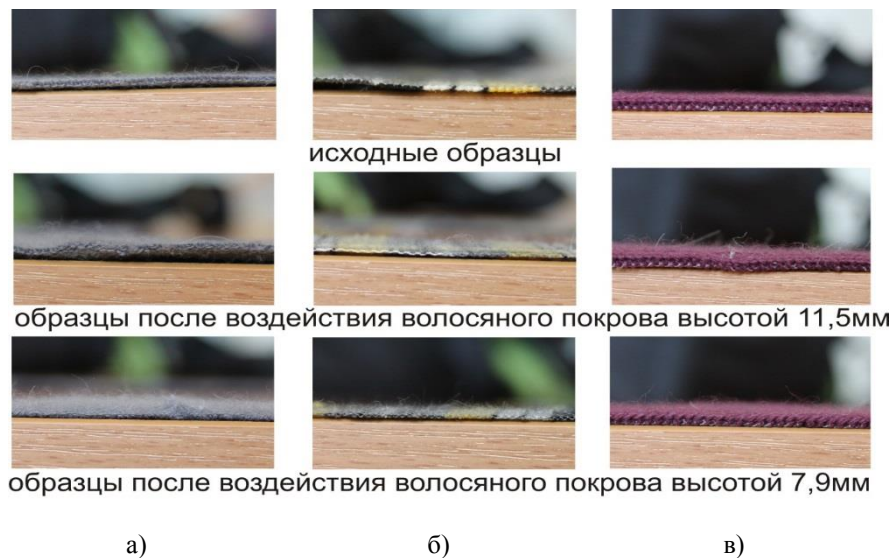


Рис. 3

Проведенные ранее исследования [7] по оценке абразивного воздействия волосяного покрова овчин на поверхность материалов пододежного слоя показали, что с уменьшением высоты волосяного покрова овчин, полученной при стрижке, его влияние на изменение поверхности материалов растет, что обусловлено увеличением жесткости волосяного покрова. Волосяной покров, имея определенную жесткость и значительную шероховатость поверхности, увеличивающуюся после стрижки, становится абразивом для контактирующих материалов, причем степень воздействия определяется как свойствами меха, так и характеристиками нижележащих материалов. Абразивное воздействие может выражаться в изменении внешнего вида поверхности материала, увеличении ворсистости, потере блеска, образовании пиллей (рис. 3 – изменение поверхности разных текстильных материалов при воздействии волосяного покрова различной высоты: а) – трикотажное полушерстяное полотно с вложе-

нием ангоры; б) – костюмная чистошерстяная ткань; в) – трикотажное полиэфирное полотно).

Таким образом, все вышеприведенные исследования подтверждают справедливость возникающих у потребителей претензий.

Для повышения качества выпускаемых изделий из овчинного полуфабриката требуется на этапе проектирования принять меры для изменения характера взаимодействия волосяного покрова и пододежного слоя путем совершенствования технологии изготовления [8]. Для снижения негативных воздействий изделия из овчин предлагается проектировать с подкладкой, которая для удобства может изготавливаться съемной. Принятие решения о необходимости введения подкладки должно основываться на анализе свойств волосяного покрова, а именно определении показателей качества, определяющих технологичность овчинного полуфабриката [9...11]: жесткость ( $E_{\text{вп}}$ ), устойчивость окраски ( $\Delta E_{\text{вп}}$ ), высота ( $h_{\text{вп}}$ ), с последующим отнесением их



к той или иной категории (табл. 2– градация по степени жесткости ВП, табл. 3 –градация по устойчивости окраски ВП и

табл. 4 – градация по высоте стрижки волосяного покрова).

Т а б л и ц а 2

№ группы	Категория жесткости волосяного покрова	Жесткость ВП, сН
1	Мягкий	менее 1,7
2	Средний	1,7...2,2
3	Жесткий	более 2,2

Т а б л и ц а 3

№ группы	Категория устойчивости окраски	Значение ΔЕ
1	Высокоустойчивые	менее 1
2	Устойчивые	1...6
3	Неустойчивые	более 6

Т а б л и ц а 4

№ группы	Категория высоты волосяного покрова	Высота волосяного покрова, мм
1	Низкостриженные	менее 10
2	Среднестриженные	10...15
3	Стриженные	15...20
4	Высокостриженные	более 20

Рекомендуемые области использования подкладки для изделий из овчин разных ка-

тегорий жесткости и степени устойчивости волосяного покрова представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Группа и категория жесткости волосяного покрова		Группа и категория устойчивости окраски		
		1	2	3
		высокоустойчивые	устойчивые	неустойчивые
1	Мягкий	–	–	±
2	Средний	±	±	±
3	Жесткий	+	++	++

Пр и м е ч а н и е. – – подкладка не рекомендуется; ± – подкладка рекомендуется для ограниченного применения; + – подкладка рекомендуется для предотвращения пиллинга на пододежном слое; ++ – подкладка рекомендуется для всех видов пододежного слоя.

В настоящее время съемная подкладка широко применяется в изделиях верхнего ассортимента. Наиболее часто встречаемыми способами крепления подкладки являются крепление на разъемную тесьму-молнию, на навесные петли и пуговицы, на обметанные петли и пуговицы. Соединение съемной подкладки и изделия выполняют по внутреннему краю подборта, по горловине, по пройме в области плечевых швов, по низу рукава. Крепление съемной подкладки в изделиях из овчинного полуфабриката предлагается выполнять на навесные петли из специальной тесьмы и пуговицы в тех же областях, что и для изделий верхнего ассортимента. При этом петли

располагаются на дубленке в соединительных швах, а пуговицы – на подкладке. Конструкция подкладки разрабатывается в зависимости от модельных особенностей дубленки.

## ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования по оценке взаимодействия волосяного покрова овчинного полуфабриката и пододежного слоя, а именно – по оценке устойчивости окраски ВП при сухом и влажном трении, по оценке возникающей силы трения при контакте с различными по волокнистому составу и поверхности материалами для одежды, абра-

живному воздействию ВП. Установлено, что все эти воздействия являются негативными, поскольку приводят к снижению качества изделий, чем и вызваны претензии потребителей.

2. С целью повышения качества изделий предложено усовершенствовать технологию изготовления дубленок. Принятие того или иного технологического решения должно быть основано на оценке показателей качества, определяющих технологичность овчинного полуфабриката, и отнесении овчинного полуфабриката к соответствующей категории. Разработаны рекомендации по использованию подкладки для изделий из овчин разных категорий жесткости и степени устойчивости волосяного покрова.

3. Предложены технологические подходы по изменению технологии изготовления изделий из овчинного полуфабриката, позволяющие использовать съемную подкладку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю. Оценка значимости качественных характеристик изделий из овчинного полуфабриката на основе анализа требований потребителей // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2013, № 2. С. 37...39.

2. ГОСТ Р 53015–2008. Шкурки меховые и овчины выделанные крашеные. Метод определения устойчивости окраски к трению. – Введ. 27.11.2008//Изд-во стандартов. – М., 2009.

3. Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю., Шапочка Н.Н. Оценка устойчивости окраски овчин при различных видах воздействия // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, № 1. С. 43...45.

4. Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю. Использование метода расчета цветовых различий для оценки изменения окраски овчинного полуфабриката [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2013, №5. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/111-10468>.

5. Долгова Е.Ю., Койтова Ж.Ю., Борисова Е.Н. Разработка инструментального метода оценки устойчивости окраски одежных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6. С.15...16.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014614994. Автоматизированная оценка цветовых различий материалов /С.Н. Титов, Е.Н. Борисова; правообладатель ГОУ ВПО "Костромской государственный технологический университет". – № 201461230; заявл. 19.03.2014; регис. 15.05.2014.

7. Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю. Абразивное воздействие волосяного покрова овчин на поверхность материалов пододежного слоя //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №1. С.29...32.

8. Борисова Е.Н., Шапочка Н.Н. Совершенствование технологии изготовления изделий из шубной овчины и мехового велюра //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С.90...93.

9. Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю. Разработка номенклатуры технологических показателей качества для проектирования изделий из овчинного полуфабриката // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 97...100.

10. Борисова Е.Н., Муравская Н.Н., Койтова Ж.Ю. Сравнительный анализ свойств материалов для верхней одежды //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С.21...25.

11. Тимченко В.А., Борисова Е.Н. Номенклатура потребительских показателей качества овчинных полуфабрикатов // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 1. С. 84...86.

#### REFERENCES

1. Borisova E.N., Kojtova Zh.Ju. Ocenka znachimosti kachestvennykh karakteristik izdelij iz ovchinnogo polufabrikata na osnove analiza trebovanij potrebitel'ej // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2013, № 2. S. 37...39.

2. GOST R 53015–2008. Shkurki mehovyje i ovchiny vydelannye krashenye. Metod opredelenija ustojchivosti okraski k treniju. – Vved. 27.11.2008//Izd-vo standartov. – M., 2009.

3. Borisova E.N., Kojtova Zh.Ju., Shapochka N.N. Ocenka ustojchivosti okraski ovchin pri razlichnyh vidah vozdejstvija // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012, № 1. S. 43...45.

4. Borisova E.N., Kojtova Zh.Ju. Ispol'zovanie metoda rascheta cvetovyh razlichij dlja ocenki izmenenija okraski ovchinnogo polufabrikata [Jelektronnyj resurs] // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2013, №5. – Rezhim dostupa: <http://www.science-education.ru/111-10468>.

5. Dolgova E.Ju., Kojtova Zh.Ju., Borisova E.N. Razrabotka instrumental'nogo metoda ocenki ustojchivosti okraski odezhnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2008, №6. S.15...16.

6. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM №2014614994. Avtomatizirovannaja ocenka cvetovyh razlichij materialov /S.N. Titov, E.N. Borisova; pravoobladatel' GOU VPO "Kostromskoj gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet". – № 201461230; zajavl. 19.03.2014; regis. 15.05.2014.

7. Borisova E.N., Kojtova Zh.Ju. Abrazivnoe vozdejstvie volosjanogo pokrova ovchin na poverhnost' materialov pododezhnogo sloja //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №1. S.29...32.

8. Borisova E.N., Shapochka N.N. Sovershenstvovanie tehnologii izgotovleniya izdelij iz shubnoj ovchiny i mehovogo veljura //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5. S.90...93.

9. Borisova E.N., Kojtova Zh.Ju. Razrabotka nomenklatury tehnologicheskikh pokazatelej kachestva dlja proektirovaniya izdelij iz ovchinnogo polufabrikata //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S. 97...100.

10. Borisova E.N., Muravskaja N.N., Kojtova Zh.Ju. Sravnitel'nyj analiz svojstv materialov dlja

verhnej odezhdyy //Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S.21...25.

11. Timchenko V.A., Borisova E.N. Nomenklatura potrebitel'skikh pokazatelej kachestva ovchinnyh polufabrikatov // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, № 1. S. 84...86.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 16.05.16.

УДК 677.026.4

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО ЗАКОНА ПОЛОЖЕНИЯ УЧАСТКОВ ТЕРМОСКРЕПЛЕНИЯ В НЕТКАНЫХ ПОЛОТНАХ

## METHOD OF DETERMINATION PROBABILITY LAWS OF SITES THERMALLY BONDED NONWOVEN CLOTHS

*A.M. КИСЕЛЕВ*

*A.M. KISELEV*

(Костромской государственный университет)

(Kostroma State University)

E-mail: kisselev50@mail.ru

*В статье предложена методика определения координат участков термоскрепления по всему объему нетканых полотен. Методика основана на компьютерных методах обработки томографических 3D-твердотельных моделей экспериментального образца материала. Методика реализована на конкретном примере материала Холлофайбер Софт. Полученные результаты обработаны методами статистического анализа. Показано, что для исследуемого образца получен равновероятностный закон распределения координат термоскреплений по всем осям координат. Методика рекомендована для оценки качества технологического процесса изготовления нетканых полотен с применением упрочнения термоскреплением волокон.*

*The paper proposes a method of determining the coordinates of the bonding sites on the entire volume of the nonwoven poloten. Metothds based on computer processing techniques tomographic 3D solid models of experimental sample material. The method is realized by a concrete example of the material Hollofayber Software. The results obtained are processed by methods of statistical analysis. It is shown that for the sample obtained Equiprobable distribution law thermally origin on all axes koordinat. Methods recommended to evaluate the quality of the process of manufacturing nonwoven fabrics using a hardening thermal bonding fibers.*

**Ключевые слова:** нетканые материалы, компьютерная томография, термоскрепления.

**Keywords:** nonwovens, computed tomography, thermal bonding.

Одной из важнейших характеристик любого материала является его прочность. Для нетканых материалов прочность определяется двумя факторами – переплетением и зацеплением волокон структуры друг с другом и упрочняющими элементами, определяемыми технологией их производства. Для прогнозирования прочностных характеристик текстильных материалов широко применяют и методы математического моделирования [1...5]. Для нетканых полотен различают клееные, прошивные, иглопробивные и термоскрепленные технологии упрочнения структуры.

В настоящей работе изучали термоскрепленные участки структуры материала, известного в РФ под торговой маркой "Холлофайбер". Исследуемый образец материала Холлофайбер изготовлен из полового полиэфирного волокна (волокнистая масса формируется аэродинамикой) путем термоскрепления так называемым "бикомпонентом", который, расправляясь (волокнистая масса прогревается в специальной печи до 150...250 градусов в зависимости от типа рецептуры), связывает другие волокна между собой. В данной технологии "бикомпонент" является также полиэфирным волокном с низкой температурой плавления. Известно, что чем больше термоскрепленных участков одиночных волокон друг с другом, тем выше прочность материала. Таким образом, меняя с помощью технологии количество термоскреплений, можно управлять прочностью материала. Но при этом необходимо учитывать, что распределение термоскреплений по объему

должно стремиться к равновероятностному для обеспечения изотропных свойств материала.

Изучение законов распределения термоскреплений по объему нетканого материала представляет довольно сложную задачу. Это связано с микрометрическими размерами одиночных волокон материала и их распределением в исследуемом объеме по случайному закону. Например, диаметр одиночного волокна в нетканом материале Холлофайбер Софт составляет 10...30 мкм [6]. При этом количество одиночных волокон в 1 см<sup>3</sup> может достигать десятков тысяч. Совершенно очевидно, что рост количества термоскреплений волокон друг с другом увеличивает прочность материала, однако информации о количественной связи данных характеристик на сегодняшний день нет. Для решения поставленной задачи в качестве метода исследования был выбран томографический анализ [1], [7...9]. Данное направление наиболее перспективно для исследования 3D-структур текстильных материалов, поскольку дает возможность исследовать структурно-морфологические характеристики материалов неразрушающим способом. По полученным 3D-изображениям объекта исследования проводили анализ структуры нетканого полотна. Для определения координат пересечений одиночных волокон с термоскреплениями была использована разработанная ранее методика преобразования томографического изображения в твердотельную модель [10].

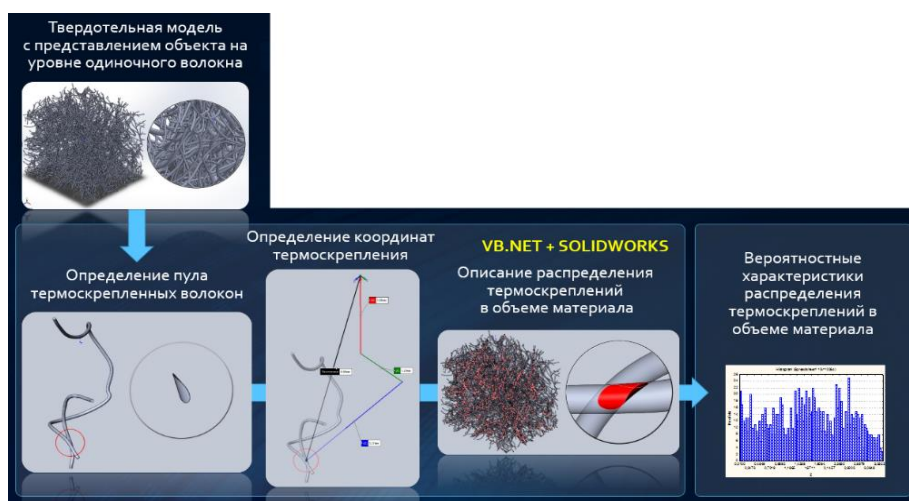


Рис. 1

На основе данной модели разработана методика определения координат X, Y и Z участков термоскрепления в объеме нетканого полотна. Методика определения геометрических характеристик термоскреплений волокнистого материала на примере Холлофайбер Софт представлена на рис. 1.

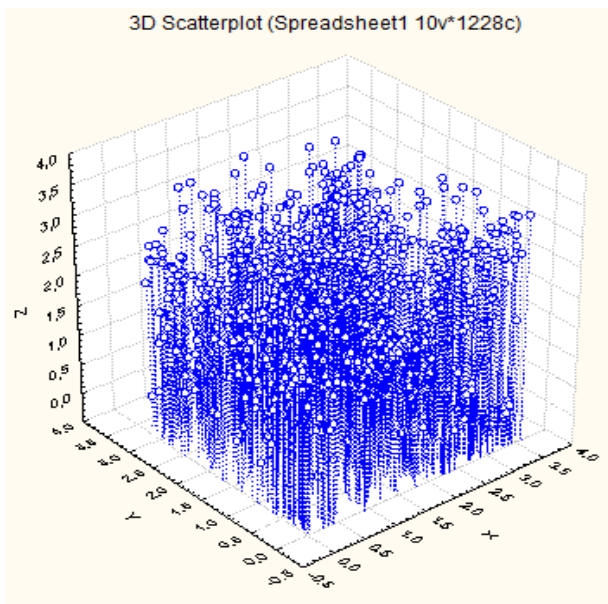


Рис. 2

На основе разработанной методики определены массивы координат участков

термоскреплений нетканого полотна Холлофайбер Софт в декартовой системе координат. Визуализация полученных результатов в ПО Statistica представлена на рис. 2.

Определив координаты термоскрепленных участков структуры нетканого материала, представляется возможным определить и законы распределения их по объему материала. Несмотря на общее описание определения нетканых материалов, как материалов со случайным законом распределения волокон, а следовательно, и термоскреплений, конкретные данные о законах распределения волокон для различных технологий получения нетканых материалов отсутствуют. Знание законов распределения координат участков термоскрепления важно и для математического моделирования структуры подобных материалов для приближения их строения к реальному. С целью решения поставленной задачи полученные результаты обработаны с применением теории статистического анализа с применением ПО Statistica v.7.0. Определены законы распределения координат участков термоскреплений в объеме материала по всем трем осям координат.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 3...5.

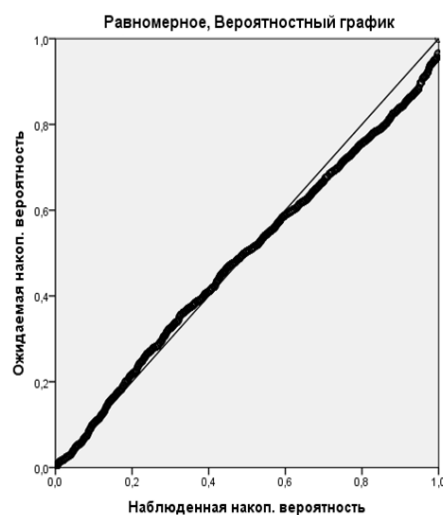
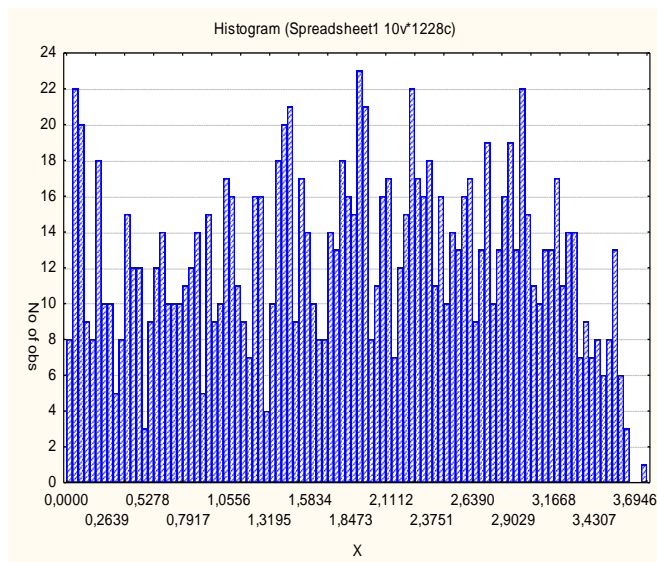


Рис. 3

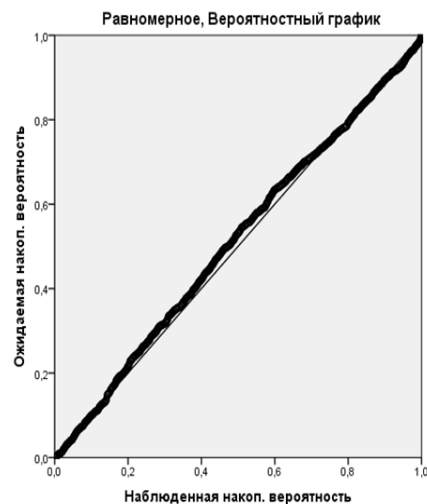
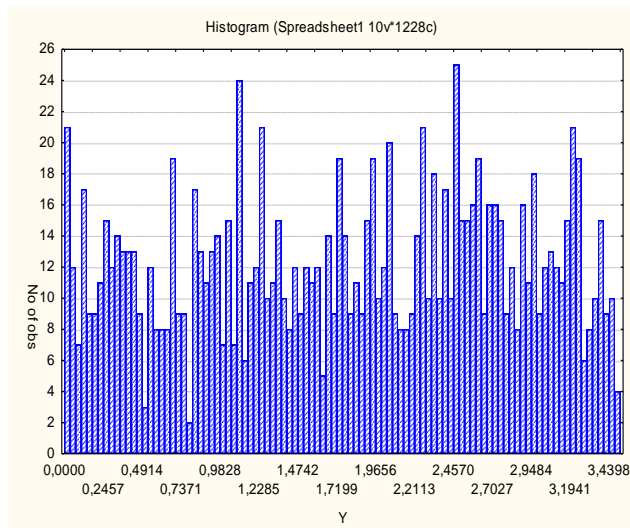


Рис. 4

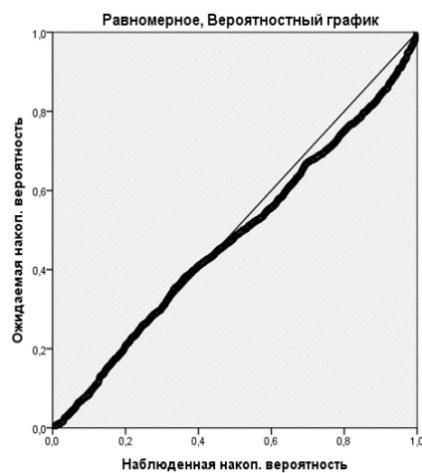
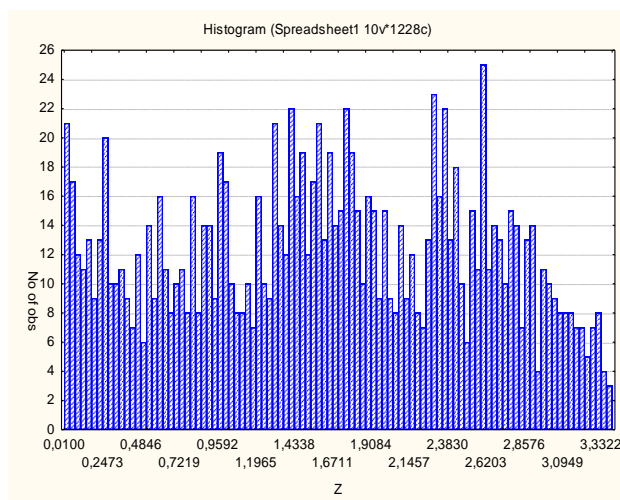


Рис. 5

Рис. 3 – гистограмма распределения положения участков термоскрепления волокнистого материала и P-P диаграмма вероятностного закона распределения по координате X; рис. 4 – гистограмма распределения положения участков термоскрепления волокнистого материала и P-P диаграмма вероятностного закона распределения по координате Y; рис. 5 – гистограмма распределения положения участков термоскрепления волокнистого материала и P-P диаграмма вероятностного закона распределения по координате Z.

Для определения закона распределения вероятностных величин координат термоскреплений были опробованы различные законы распределения, имеющиеся в базе

законов ПО Statistica v.7.0. Для оценки наилучшего соответствия выбранного закона вероятностных величин экспериментальным данным использовались P-P диаграммы.

По результатам обработки, наиболее близким к экспериментальным данным, оказался равномерный закон распределения. Характер равномерного закона распределения координат термоскреплений по всему объему материала доказывает высокое качество технологического процесса ООО "Термопол".

Разработанная методика может быть использована для оценки качества технологического процесса получения нетканых полотен с применением термоскреплений.



## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения законов распределения координат термоскреплений по объему волокнистого материала с применением методов компьютерной томографии.

2. Методика может быть использована для оценки качества технологического процесса получения волокнистых материалов с применением термоскреплений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трещалин Ю.М., Киселев М.В., Хамматова В.В., Трещалин М.Ю., Киселев А.М. Исследование структуры нетканых материалов методом компьютерной томографии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С. 31...35.

2. Голубев С.Е., Киселев А.М. Актуальные задачи проектирования композиционных материалов // Сб. мат. XVIII Междунар. науч.-практич. конф: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX – 2015). – Иваново: ИВГПУ, 26-29 мая 2015. С.247...250.

3. Киселев А.М., Соркин А.П., Киселев М.В. Прогнозирование разрывной нагрузки нетканых материалов на основе математического моделирования их геометрической структуры // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С.14...17.

4. Киселев А.М. Моделирование структуры и деформационных свойств волокнистых холстов: Дис....канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2012.

5. Lomov S.V., Gusakov A.V., Huysmans G., Prodromou A., Verpoest I. Textile geometry preprocessor for meso-mechanical models of woven composites // Composites Science and Technology. – Vol. 60, 2000. P.2083...2095.

6. Трещалин Ю.М., Киселев А.М. Применение нетканых полотен "Холлофайбер" для изготовления композиционных материалов // Директор. – 2014, №1 (146). С. 19...22.

7. Колесников П.Н., Иванов А.Н., Киселев А.М., Хамматова Э.А. Компьютерные трехмерные модели текстильных материалов полотняного переплетения // Вестник Казанского технолог. ун-та. – Казань, 2014. Т.17. №9. С. 49...51.

8. Summerscales J., Russell P.M., Lomov S.V., Verpoest I., Parnas R. The fractal dimension of X-ray tomographic sections of a woven composite // Advanced Composite Letters. – Vol 13. №2. 2004. P.115...123.

9. Ивановский В.А. Анализ компьютерных томографов для дефектоскопии цельнотканых армирующих структур // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.23...28.

10. Киселев А.М. Определение перспективных направлений в построении автоматизированных систем проектирования 3D-преформ и прогнозирования заданных свойств композиционных материалов на их основе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С. 141...144.

## REFERENCES

1. Treshhalin Ju.M., Kiselev M.V., Hammatova V.V., Treshhalin M.Ju., Kiselev A.M. Issledovanie struktury netkanyh materialov metodom komp'yuternoj tomografii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5. S. 31...35.

2. Golubev S.E., Kiselev A.M. Aktual'nye zadachi proektirovaniya kompozicionnyh materialov // Sb. mat. XVIII Mezhdunar. nauch.-praktich. konf: Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX –2015). – Ivanovo: IVGPU, 26-29 maja 2015. S.247...250.

3. Kiselev A.M., Sorokin A.P., Kiselev M.V. Prognozirovaniye razryvnoj nagruzki netkanyh materialov na osnove matematicheskogo modelirovaniya ih geometricheskoy struktury // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5. S. 14...17.

4. Kiselev A.M. Modelirovaniye struktury i deformacionnyh svojstv voloknistyh holstov: Dis....kand. tehn. nauk. – Kostroma: KGTU, 2012.

5. Lomov S.V., Gusakov A.V., Huysmans G., Prodromou A., Verpoest I. Textile geometry preprocessor for meso-mechanical models of woven composites // Composites Science and Technology. – Vol. 60, 2000. P.2083...2095.

6. Treshhalin Ju.M., Kiselev A.M. Primeneniye netkanyh poloten "Hollofajber" dlja izgotovleniya kompozicionnyh materialov // Direktor. – 2014, № 1 (146). S. 19...22.

7. Kolesnikov P.N., Ivanov A.N., Kiselev A.M., Hammatova Je.A. Komp'yuternye trehmernye modeli tekstil'nyh materialov polotnjnogo perepleteniya // Vestnik Kazanskogo tehnolog. un-ta. – Kazan', 2014. T.17. №9. S. 49...51.

8. Summerscales J., Russell P.M., Lomov S.V., Verpoest I., Parnas R. The fractal dimension of X-ray tomographic sections of a woven composite // Advanced Composite Letters. – Vol 13. №2. 2004. P.115...123.

9. Ivanovskij V.A. Analiz komp'yuternyh tomografov dlja defektoskopii cel'notkanyh armirujushhih struktur // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.23...28.

10. Kiselev A.M. Opredeleniye perspektivnyh napravlenij v postroenii avtomatizirovannyh sistem proektirovaniya 3D-preform i prognozirovaniya zadannyh svojstv kompozicionnyh materialov na ih osnove // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 141...144.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования технологических машин. Поступила 19.05.16.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ СВОЙСТВ НОВЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### STUDY WATER REPELLENCY NEW NONWOVENS

*A.A. ТАЛАСПАЕВА, Р.О. ЖИЛИСБАЕВА, А. ЖАЙКЕНОВА*  
*A.A. TALASPAEVA, R.O. ZHILISBAYEVA, A. ZHAIKENOVA*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: talaspaeva83@mail.ru, rau45@mail.ru

*В статье исследованы нетканые материалы с водонепроницаемым слоем с учетом поверхностной плотности и толщины. Представлена схема установки для определения водонепроницаемости материалов. Проведены исследования по водоупорности новых материалов с водонепроницаемым слоем, и выбран оптимальный вариант.*

*The article describes a waterproof nonwoven layer based on the mass and thickness. Presents a schematic of the definition of waterproof materials. Studies on the new waterproof material with a waterproof layer and choose the best option.*

**Ключевые слова:** спецодежда, пакет материалов, водоотталкивающие свойства.

**Keywords:** protective clothing, package material, waterproof properties.

Современная БОП (боевая одежда пожарного) в целом выполняет свои функции, но имеет ряд существенных недостатков. Сложившаяся ситуация требует от производителей боевой одежды находить новые решения, разрабатывать и применять новые материалы и технологии, которые обеспечивали бы более надежную защиту пожарных.

Материалы, применяемые для изготовления БОП, в основном производятся из двух видов волокон: Kevlar и Nomex. Также применяется лен. Физико-механические показатели тканей зависят от состава волокна и способа изготовления ткани. Огнестойкость и устойчивость к агрессивным химическим средам зависят как от состава волокна, так и от дополнительной обработки готовой ткани. Лучшие показатели таких свойств имеются у ткани с обработкой Пировитексом, применяемой ЗАО "АСО". В отличие от Силотекса 97, приме-

няемого ЗАО "Элиот", эта ткань имеет более высокие показатели разрывной нагрузки и нагрузки к раздиранию.

Следует отметить, что зарубежные производители, например LION, используют в основном ткани на основе Kevlar или смешовой состав Kevlar/ Nomex. Немаловажным фактором является способность ткани не пропускать воду и позволять поту свободно испаряться, предотвращая перегревание человека. За рубежом большинство производителей, в том числе и LION, используют мембранные ткани с пленкой CROSSTECH®. В России БОП с использованием мембраны производит ЗАО "АСО".

Большинство российских производителей БОП при отсутствии мембраны задачу водонепроницаемости решают с помощью традиционных дополнительных обработок ткани полимерным покрытием, либо включением в пакет материалов дополнительного водонепроницаемого слоя.



В результате проведения анкетного опроса пожарных при эксплуатации БОП разных производителей установлено, что проблемой при пожаротушении является внезапное проникновение воды через материалы, швы и т.д. Полимерное покрытие на ткани многих производителей довольно быстро механически истирается, и "боевки" начинают намокать до истечения срока эксплуатации. Применение многослойного пакета материалов увеличивает вес боевой одежды, что также необходимо учитывать при разработке новых образцов.

В настоящее время за рубежом для улучшения свойств многих тканей используют нанотехнологии. Суть технологии – химическая обработка ткани, когда привычное понятие "пропитка" не применимо; молекула пропитывающего вещества присоединяется к волокну за счет замещения одного из своих элементов. Таким образом, можно придать волокнам ткани гидрофильные свойства при сохранении мягкости и других физико-механических показателей.

Главным препятствием для применения при производстве боевой и специальной одежды нанотехнологий является их дороговизна, однако в перспективе разработки в

этой области могут привести к обратному эффекту, поскольку можно рассмотреть возможность отказаться от дорогостоящих импортных тканей и использовать отечественные натуральные ткани с водобарьерным слоем.

Исследование ситуации путем анкетного опроса, а также изучение условий и опыта работы рядовых пожарных дают достаточно информации для подбора оптимального пакета материалов при проектировании спецодежды. Следует также учитывать взаимосвязь и взаимовлияние всех составляющих компонентов, а именно материала, конструкции и методов изготовления на защиту здоровья и жизни пожарных.

Целью настоящего исследования является определение водоупорности нетканого огнестойкого материала с пленочным покрытием.

Для определения водоупорности материалов предложены 3 образца нетканых материалов, имеющих форму круга диаметром от 160 до 165 мм.

В качестве исследуемых образцов были выбраны материалы разных слоев и сочетаний [1], характеристика которых представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№	Образцы	Склеивающий материал	Мембранная пленка	Толщина материала, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
1	M1/см2	полиамид 100%	PTF 100%	2,2	232
2	M2/см5/M3/см5	полиамид 100%	PTF 100%	2,6	293
3	M2/см1/шт2	полиамид 100%	PTF 100%	3,8	437

Для испытаний образцов применяют установку по определению водоупорности материалов БОП согласно СТ РК 1495-2006. Боевая одежда пожарных [2].

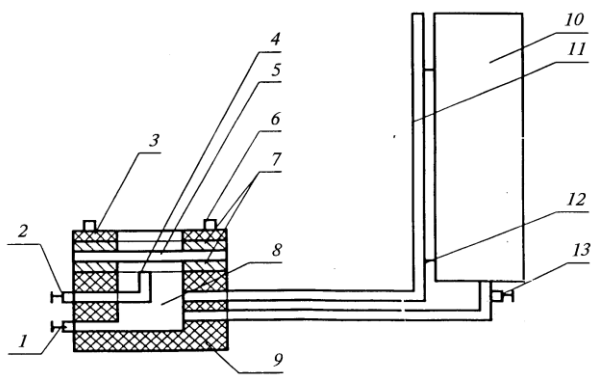


Рис. 1

Схема установки для определения водоупорности материалов (пакетов БОП) представлена на рис. 1, где 1 – сливной кран; 2 – кран для удаления воздуха из испытательной камеры; 3 – кольцо для зажима образца; 4 – трубка для определения уровня воды в испытательной камере и слива; 5 – образец; 6 – "барашки"; 7 – резиновые прокладки; 8 – испытательная камера; 9 – основание камеры; 10 – емкость с водой, создающая давление на образец; 11 – трубка со шкалой деления для измерения давления на образец; 12 – крепление трубки со шкалой деления к емкости с водой; 13 – кран подачи воды в испытательную камеру.

Рассмотрим методику проведения испытаний. Совместно с установкой применяют линейку 1000 мм с ценой деления 1 мм и секундомер с погрешностью измерения не более  $\pm 1$  с.

Основание зажимного приспособления испытательной камеры заполняют до краев водой. Перемещая линейку, совмещают деление "0" на шкале линейки с уровнем воды в мерной трубке. Образец, обращенный

наружной стороной вниз, вкладывают в основание зажимного приспособления, закрывают кольцом и плотно прижимают с помощью "барашков". Открывают кран, расположенный между емкостью с водой и испытательной камерой, и в течение 60 с доводят давление на образец до  $(1000 \pm 5)$  мм вод. ст. Выдерживают образец под указанным давлением 60 с. Процесс проведения экспериментального исследования на пенетрометре МТ-158 представлен на рис. 2.



Рис. 2

Время подъема воды было рассчитано по следующей формуле:

$$t = \frac{S}{V}, \quad (1)$$

где  $S$  – давление;  $V$  – скорость подъема воды.

Результаты и анализ испытаний по определению водоупорности представлены в табл. 2. и на рис. 3.

Т а б л и ц а 2

№	Водоупорность, мм вод.ст.	Скорость подъема воды, мм вод.ст./мин	Время подъема, t, мин	T выдержки образца при 1000 мм вод.ст.
1	1000	$600 \pm 12$	1,36	60
	1500	$600 \pm 12$	2,24	60
2	1000	$600 \pm 12$	1,32	60
	1500	$600 \pm 12$	2,28	60
3	1000	$600 \pm 12$	1,33	60
	1500	$600 \pm 12$	2,21	60

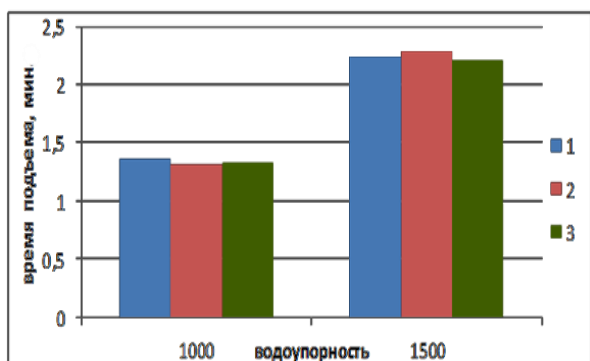


Рис. 3

В результате проведения испытаний согласно СТ РК 1495-2006 по определению водоупорности был проведен осмотр внутренней и внешней поверхностей образцов. На поверхности всех образцов полностью отсутствовали капли и следы воды. Анализируя данные, полученные при испытании образцов (табл. 2 и рис. 3) при скорости подъема воды  $6 \pm 0,3$  кПа/мин =  $600 \pm 12$  мм, при давлении 1000 и 1500 мм водного столба, установлено, что все образцы выдержали заданное время и соответствуют нормам,

представленным в СТ РК 1495-2006. Боевая одежда пожарных. Однако оптимальным вариантом для проектирования пакета материалов боевой одежды рекомендуется образец 1 в силу наименьшего значения поверхностной плотности и толщины.

## ВЫВОДЫ

1. В процессе исследований нетканых материалов с разными характеристиками доказано, что за счет использования полимерной пленки образуется дополнительная износостойкость.

2. В результате проведенного эксперимента выявлено, что все образцы выдержали заданное время и соответствуют нормам, представленным в СТ РК 1495-2006. Боевая одежда пожарных. Для проектирования пакета материалов боевой одежды рекомендуется образец 1, поскольку он имеет наименьшее значение поверхностной плотности и толщины.

3. Применение нетканых материалов с водобарьерным слоем позволит решить проблемы проектирования спецодежды с

более надежными показателями по водупорности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный стандарт Республики Казахстан 1495-2006. Боевая одежда пожарных.
2. ГОСТ 3816–81. Ткани текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств.
3. Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О. Исследование влияния нетканых материалов на теплозащитные показатели спецодежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №3. С.88...91.

## REFERENCES

1. Gosudarstvennyj standart Respubliki Kazahstan 1495-2006. Bоеvaja odezhda pozharnyh.
2. GOST 3816–81. Tkani tekstil'nye. Metody opredelenija gigroskopicheskikh i vodoottalkivajushhih svojstv.
3. Talaspaeva A.A., Zhilisbaeva R.O. Issledovanie vlijanija netkanyh materialov na teplozashhitnye pokazateli specodezhdy // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №3. S.88...91.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 18.06.16.

УДК 677.03

## ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ИГЛОПРОБИВНОГО ШВА ПРИ СОЕДИНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН РЫХЛЫХ СТРУКТУР

### STUDIES NEEDLE SEAM PROPERTIES WHEN COMBINED PRODUCT DETAILS FROM KNITTED FABRICS LOOSE STRUCTURES

*М.У. КУРАМЫСОВА, Б.Р. РАШИДОВА*  
*M.U. KURAMYSSOVA, B.R. RASHIDOVA*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: mkuramysova@mail.ru

*В статье рассматривается соединение деталей изделий иглопробивным способом. Определена зависимость относительной прочности фелтингшва от количества проколов и модуля петли для полотен кулирная гладь и ластик 1+1. Были проведены исследования с целью определения прочности иглопробивного шва при соединении деталей изделий из трикотажных по-*

лотен рыхлых структур в зависимости от модуля петли, частоты проколов в полотнах переплетения кулирная гладь из шерсти линейной плотности  $31 \times 1$  и  $31 \times 2$  текс.

*The article discusses the connection of details of products by needle-punched method. Dependence of the relative strength of the felting-seam from the number of punctures and module loop for paintings of jersey structure and eraser 1+1. In the work studies were conducted to determine the strength of needle-punched seam when joining parts of products from trico platemaking paintings loose structures depending on the module loop, the frequency of punctures in the paintings weave of jersey structure of wool with a linear density of  $31 \times 1$  and  $31 \times 2$  tex.*

**Ключевые слова:** трикотаж, иглопробивной способ, соединение, модуль петли, частота проколов.

**Keywords:** knit, needle-punched method, compound loop module, the frequency of punctures.

С учетом тенденций моды становятся широко востребованными трикотажные полотна облегченных структур из натуральных волокон.

Дизайнеры одежды и швейные предприниматели выпускают изделия из таких полотен в ограниченном ассортименте в связи с тем, что не существует технологии скрепления деталей из материалов с высокой структурной пористостью. По той же причине на такие изделия практически невозможно нанесение элементов декора. Поэтому разработка такой технологии является своевременной и актуальной.

В свете стратегических программ "Казахстан-2030" и "Мәдени Мұра" ("Культурное наследие") Президент Республики Казахстан Нурсултан Назарбаев отметил: "Использование богатого народного наследия может привести к национальному возрождению". Это мощный механизм, служащий повышению авторитета Казахстана, в том числе и на мировой арене производства одежды.

В настоящее время актуально создание изделий в национальном стиле с использованием орнаментальных композиций и элементов народного промысла – исторического наследия для любой народности или народа.

Разработанный новый способ соединения деталей изделий на основе иглопробивного способа изготовления нетканых материалов за счет заполнения пористости трикотажной петли волокнами позволяет соединять детали изделия из различных текстильных материалов как с одинаковыми свойствами, так и свойствами, отличающимися друг от друга. Это могут быть, например, трикотаж с трикотажем, ткань с тканью, трикотаж с тканью, трикотаж с кружевом и т.д. [1]. Качество выполненного соединения этих материалов данным способом зависит от многих факторов. Факторы, влияющие на иглопробивной шов, представлены на рис 1.



Рис. 1

Проведенный эксперимент показал, что качество соединительного участка зависит от волокон, закрепленных в структуре трикотажного полотна. Для этого необходимо знать основные параметры полотна, такие как число петельных столбиков, петельных рядов, поверхностную плотность, длину нити в петле и общую пористость трикотажного полотна.

Нами проведены исследования с целью определения прочности иглопробивного шва при соединении деталей изделий из трикотажных полотен рыхлых структур в зависимости от модуля петли, частоты проколов в полотнах переплетения кулирная гладь из шерсти линейной плотности  $31 \times 1$  и  $31 \times 2$  текс.

Получена эмпирическая формула, которая имеет вид:

$$y = 9,8 + 0,285 x_1 + 2,01 x_2 + 0,37 x_3 - 0,215 x_2 x_3,$$

где  $x_1$  – фактор модуля петли;  $x_2$  – фактор частоты проколов;  $x_3$  – линейная плотность пряжи;  $y$  – прочность фелтинг-шва.

Результаты представлены в виде графиков на рис. 2 (зависимость прочности фелтинг-шва от модуля петли  $x_1$ , частоты проколов  $x_2$  и линейной плотности пряжи при  $x_3 = +1$  и  $x_3 = -1$ ; а) – при расположении вдоль петельных рядов, б) – при расположении вдоль петельных столбиков).

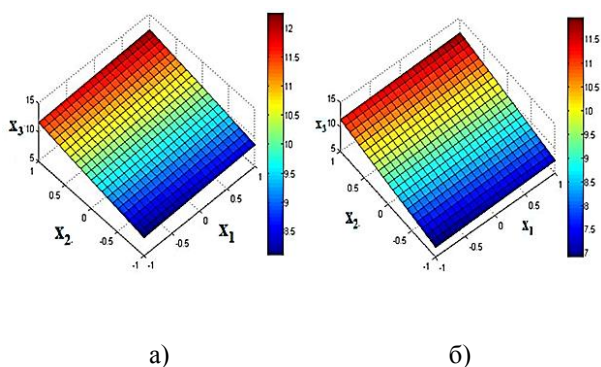


Рис. 2

В процессе исследований выявлено, что при увеличении модуля петли, а следовательно, увеличении общей пористости соединяемых полотен, требуется большее количество волокнистой массы и увеличение частоты проколов.

Поэтому из полученных данных для оптимальных значений прочности фелтинг-шва при соединении трикотажных полотен рыхлых структур с модулем петли больше 26 (в интервале 26...37) рекомендуется, чтобы частота проколов составляла 170...210 на  $1 \text{ см}^2$ .

## ВЫВОДЫ

Из анализа полученных данных следует, что увеличение линейной плотности пряжи в 2 раза в полотнах с рыхлой структурой с увеличением числа проколов при соединении деталей снижает прочность фелтинг-шва на 4,2%. Это объясняется тем, что при увеличении числа проколов имеет место не только заполнение свободного объема пор, но и повреждение структуры самой пряжи (петли) в процессе пробивания иглами.

В связи с этим не рекомендуется для полотен с наименьшим модулем петли увеличивать число проколов более 210 на  $1 \text{ см}^2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационный патент Республики Казахстан № 26609. Курамысова М.У., Шкунова Л.В., Бондарева Ю.В. / Способ придания формы изделия с одновременным декорированием. – бюл. №51, опубли. 25.12.2012.

2. Курамысова М.У., Хромцов С.В., Шкунова Л.В., Бондарева Ю.В. Прочность фелtingового соединения материалов // Мат. Междунар. научн.-практич. конф.: Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства, посвященной 55-летию АТУ. – Алматы, 12-13 октября, 2012. С.517...519.

## REFERENCES

1. Innovacionnyj patent Respubliki Kazahstan № 26609. Kuramysova M.U., Shkunova L.V., Bondareva Ju.V. / Sposob pridanija formy izdelija s odnovremennym dekorirovanijem. – bjul. №51, opubl.25.12.2012.

2. Kuramysova M.U., Hromcov S.V., Shkunova L.V., Bondareva Ju.V. Prochnost' feltingovogo soedinenija materialov // Mat. Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Innovacionnoe razvitie pishhevoj, legkoj promyshlennosti i industrii gostepriimstva, posvjashhennoj 55-letiju ATU. – Almaty, 12-13 oktjabrja, 2012. S.517...519.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 28.08.16.

**ОЦЕНКА ИТОГОВОЙ ПОГРЕШНОСТИ  
ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА НИТЕЙ  
В ТКАНЫХ ПОЛОТНАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**EVALUATION OF FINAL ERROR  
OF OPTICAL METHOD FOR DETERMINING THE NUMBER OF THREADS  
IN WOVEN FABRICS SPECIAL PURPOSE**

*C.A. ВАХОНИНА, А.Ю. МАТРОХИН*  
*S.A. VAKHONINA, A.YU. MATROKHIN*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: mtsm@ivgpu.com

*Проведена оценка итоговой погрешности оптического (бесконтактного) метода определения числа нитей в тканых полотнах специального назначения на основе стандартной методики. Результаты исследований основной метрологической характеристики свидетельствуют о возможности применения предлагаемого бесконтактного метода в системе входного контроля предприятий-изготовителей парашютных систем.*

*The estimation of total error of optical (non-contact) the method for determining the number of yarns in woven fabrics for special purposes based on a standard methodology. The research results the main metrological characteristics suggest the possibility of using the proposed method in a non-contact system, incoming inspection of manufacturers of parachute systems.*

**Ключевые слова:** полотна специального назначения, измерение, число нитей основы и утка, доверительные границы, итоговая погрешность.

**Keywords:** special purpose fabrics, measurement, warp (end) and filling (pick) count, confidence limits, total accuracy.

Задача по повышению эффективности технического контроля за счет внедрения современных средств получения и обработки информации [1] остается актуальной, в том, числе в производственных системах, связанных с государственным оборонным заказом. Отдельные решения в этой области находят свое применение при производстве гражданской продукции [2]. Наиболее востребованным пользователями является метод экспресс-контроля плотности тканей (числа нитей на 10 см) по основе и утку [3]. Сущность получения измерительной информации заключается в автоматизированном анализе цифровых изображений, за-

фиксированных оператором с помощью проекционного устройства на базе серийной фотокамеры. Измерительная система включает в себя необходимые технические средства (проекционное устройство), программное обеспечение и организационные меры по планированию мониторинга и использованию его результатов. Номинальная производительность контроля составляет до 100 образцов в час силами одного оператора. Данные характеристики могут обеспечить сплошной входной контроль даже для тканей специального назначения, используемых для изготовления систем спасения экипажей. Как правило, при про-

изготовлении используют ткани с числом нитей на 10 см более 400, поэтому использование стандартного метода не обеспечивает необходимого объема выборки и может привести к нарушению требований при приемке сырья.

Внедрение инноваций в рабочие процессы связано с тщательным выполнением процедур допуска. В отношении процессов контроля допуску подвергаются методы измерений и соответствующие средства. Одним из условий внедрения рассматриваемого метода контроля является нормирование метрологических характеристик и утверждение типа средства измерения. На стадии серийного производства добавится обязательная процедура первичной и периодической поверки. В настоящий момент речь идет о проведении производственных испытаний измерительной системы числа нитей с целью установления пределов допускаемой погрешности результатов и оценивания ее применимости в реальных условиях. Критерий применимости системы устанавливали с учетом требований к контролируемому материалу – ткани технической капроновой арт. 56002П по ГОСТу 16428–90 [4]. Допускаемое отклонение числа нитей на 1 см по основе составляет  $\pm 1$  нить и по утку  $\pm 1,5$  нити. Отсюда, пользуясь "правилом десяти", можно установить оптимальный предел допускаемой погрешности результата на 10 см:  $\pm 1$  нить по основе и  $\pm 1,5$  нити по утку.

Стандартную методику определения погрешности измеряемой величины на основе обработки результатов прямых многократных измерений устанавливает ГОСТ Р 8.736–2011 [5]. Данный метод можно использовать для нормирования величины погрешности новых типов средств измерений на этапе метрологической экспертизы. Учитывая объект исследования, необходимо было определиться с основными параметрами методики определения числа нитей на 10 см, а также с критериями достоверной вероятности предполагаемых выводов. Наиболее подходящим к данному

объекту стандартным методом является ГОСТ 29104.3–91 [6]. Прежде всего установлена измеряемая длина проб, равная 5 см в обоих направлениях, что соответствует номинальному значению количества нитей рассматриваемой ткани (470 – по основе, 440 – по утку). Стандартное количество измерений, равное 3 – по основе и 4 – по утку, интерпретировано нами следующим образом: каждое измерение соответствует определенному участку исследуемого полотна, на котором можно получить необходимую серию изображений для автоматического анализа. В исследовании предполагалось использовать подход, при котором изображения внутри каждой серии должны быть получены с помощью предлагаемого метода экспресс-контроля [2] в абсолютно идентичных условиях без смещения проекционного устройства. Использование автоматизированного подсчета числа нитей на 10 см определило одинаковое число серий по основе и утку, равное 4. Объем серии отдельных результатов измерений установлен равным 16. Это связано с необходимостью их проверки на соответствие нормальному закону распределения. Важным параметром в проводимом исследовании является величина доверительной вероятности. Согласно [5] в особых случаях, когда результаты измерений имеют значение для здоровья людей, ее минимальное значение должно составить не менее 0,99. Объектом исследования является ткань, используемая для изготовления систем спасения экипажей, соответственно в дальнейшем примем величину доверительной погрешности, равную 0,99.

Изображения были получены с точечной пробы арт. 56002П в четырех местах (сериях) в 16 повторностях. Исследования проводились таким образом, чтобы разные серии не включали одни и те же нити и были расположены равномерно по поверхности точечной пробы. Отдельные результаты измерений и вычисляемые статистические характеристики сведены в табл. 1.



Т а б л и ц а 1

№ п/п	Серия 1		Серия 2		Серия 3		Серия 4	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1	478	442	481	455	477	450	477	445
2	476	440	478	454	473	450	474	442
3	474	442	478	454	475	452	476	440
4	474	442	480	453	475	452	476	438
5	474	442	480	453	(470)	450	476	444
6	476	442	480	451	475	450	476	446
7	474	442	480	457	477	452	474	444
8	477	439	480	455	475	450	476	438
9	477	441	480	451	477	449	476	438
10	477	441	482	457	478	450	474	441
11	477	441	480	453	475	449	476	439
12	475	438	480	455	475	449	476	441
13	477	437	480	451	477	448	476	444
14	481	439	480	453	476	448	476	442
15	475	442	480	451	477	450	476	444
16	477	439	480	453	477	450	476	442
$\bar{x}$	476	441	480	454	476	450	476	442
$S^*$	1,82	1,68	0,90	1,97	1,95	1,20	0,90	2,55
d	0,79	0,78	0,49	0,82	0,74	0,68	0,49	0,83
Соответствие нормальному закону распределения	Да	Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Да
S	1,88	1,732	0,931	2,22	1,336	1,238	0,93	2,633
$S_{\bar{x}}$	0,47	0,433	0,233	0,555	0,345	0,310	0,233	0,658
$G_1$	2,66	0,577	2,148	1,351	1,497	1,616	1,075	1,519
$G_2$	1,06	2,309	2,148	1,351	2,245	1,616	2,151	1,519
$\varepsilon$	1,386	1,277	0,687	1,637	1,017	0,914	0,687	1,940
$\Theta_{\Sigma}$	0,128	0,118	0,128	0,118	0,128	0,118	0,128	0,118
$S_{\Theta}$	0,074	0,068	0,074	0,070	0,074	0,070	0,074	0,069
$S_{\Sigma}$	0,476	0,438	0,244	0,560	0,353	0,318	0,244	0,662
K	2,783	2,784	2,658	2,814	2,733	2,724	2,655	2,832
$\Delta$	1,325	1,219	0,649	1,576	0,965	0,866	0,648	1,875
Запись результата согласно [5]	476±1,325;0,99	441±1,219;0,99	480; 0,233; 16; 0,128	454±1,576; 0,99	476±0,965; 0,99	450; 0,310; 16; 0,118	476; 0,233; 16; 0,128	442±1,875; 0,99

Согласно [5] оценку измеряемой величины  $\bar{x}$ , за которую принимают среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений, вычисляют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где  $x_i$  –  $i$ -й результат измерений количества нитей;  $n$  – число результатов измерений (наблюдений).

Среднее квадратическое отклонение  $S$  серии (далее – группы) результатов измерений, содержащей  $n$  значений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценки изме-



ряемой величины)  $S_{\bar{x}}$  – вычисляют по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

Для исключения грубых погрешностей используют критерий Граббса. Статистический критерий Граббса исключения грубых погрешностей основан на предположении о том, что группа результатов измерений принадлежит нормальному распределению. Для этого вычисляют критерии Граббса  $G_1$  и  $G_2$ , предполагая, что наибольший  $x_{\max}$  или наименьший  $x_{\min}$  результат измерений вызван грубыми погрешностями:

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S}, \quad G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{\min}|}{S}. \quad (4)$$

Полученные значения  $G_1$  и  $G_2$  сравнивают с теоретическим значением  $G_T=2,852$  критерия Граббса (Приложение А в [5]) при выбранном уровне значимости  $q=1\%$ .

Если  $G_1 \leq G_T$  и/или  $G_2 \leq G_T$ , то  $x_{\max}$  и/или  $x_{\min}$  не считают промахом и сохраняют в ряду результатов измерений. Если  $G_1 > G_T$  и/или  $G_2 > G_T$ , то из выборки соответственно исключают  $x_{\max}$  и/или  $x_{\min}$  как маловероятные значения.

В нашем случае исключен только один результат из третьей группы. При этом вновь вычисляют среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонения ряда результатов измерений и процедуру проверки наличия грубых погрешностей повторяют.

Доверительные границы  $\varepsilon$  (без учета знака) случайной погрешности оценки измеряемой величины вычисляют с помощью формулы:

$$\varepsilon = tS_{\bar{x}}, \quad (5)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности  $P=0,99$  и числа результатов измерений  $n=16$ , определяем  $t = 2,949$ .

Границу неисключенной систематической погрешности (НСП)  $\Theta_{\Sigma}$  оценки измеряемой величины при наличии менее трех составляющих ( $m < 3$ ), каждая из которых представлена границами  $\Theta_i$ , оценивают так:

$$\Theta_{\Sigma} = \pm \sum_{i=1}^m |\Theta_i|. \quad (6)$$

При числе составляющих НСП ( $m \geq 3$ ) ее доверительные границы вычисляют путем построения композиции по формуле:

$$\Theta_{\Sigma}(P) = \pm k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2}, \quad (7)$$

где  $\Theta_i$  – граница  $i$ -й НСП;  $k$  – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью, числом составляющих НСП и их соотношением между собой.

В рассматриваемом случае будем учитывать только одну составляющую НСП, вызванную ограниченной разрешающей способностью средства измерения. При стандартных размерах оптической матрицы проекционного устройства ( $3000 \times 4000$  пикселей) измеряемая длина эквивалентна 1868 пикс. Это соответствует размеру пикселя, равному 0,027 мм. Выразим этот параметр в единицах числа нитей, сопоставив его с размером минимального элемента структуры ткани, включающим пору и нить. Учитывая номинальное число нитей (470 – по основе, 440 – по утку), получим размер минимального элемента ткани по основе, равный 0,213 мм, а по утку – 0,227 мм. Таким образом, неисключенная погрешность  $\Theta_i = \Theta_{\Sigma}$ , выраженная в единицах числа нитей, составит 0,128 для основы и 0,118 – для утка.

Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины  $\Delta$  (без учета знака) вычисляют следующим образом:

$$\Delta = K S_{\Sigma}, \quad (8)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП.

Суммарное среднее квадратическое отклонение  $S_{\Sigma}$  оценки измеряемой величины находят по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_x^2}, \quad (9)$$

где  $S_{\Theta}$  – среднее квадратическое отклонение НСП, которое оценивают в зависимости от способа вычисления НСП по формуле:

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}. \quad (10)$$

Коэффициент  $K$  для подстановки в (8) определяют по эмпирической формуле:

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_x + S_{\Theta}}. \quad (11)$$

Таким образом определены доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины для каждой группы результатов (табл. 1). Запись результатов дана как в интервальной, так и в приведенной формах. Это связано с проверкой результатов на соответствие нормальному закону распределения по составному критерию  $d$  и  $m$ . Как видно из табл. 1, фактические результаты по группам имеют различную оценку погрешности. Поэтому необходимо определить некоторый интервал допустимых значений погрешности на основе полученных выборочных данных.

Поставленная задача решена отдельно для результатов измерения числа нитей по основе и утку. Определение доверительной границы итоговой погрешности осуществляли по выражениям (1), (2), (3) и (5). В итоге получены следующие интервальные оценки: по основе  $\Delta_o = 0,9 \pm 0,9$ ; по утку  $\Delta_y = 1,4 \pm 1,1$ . Очевидно, что практический интерес вызывает верхний предел погрешности, поэтому для дальнейшего нормирования компьютерного метода следует принять предел допустимой (приписанной) погрешности измерения числа нитей по основе  $\Delta_o = 1,8$  нитей, а по утку  $\Delta_y = 2,5$  нитей.

Возвращаясь к цели исследования по оцениванию применимости системы измерений в реальных условиях, можно отметить, что правило десятикратного запаса в отношении измеряемого параметра ткани специального назначения выполнено не в полной мере. Вместе с тем в пределах допускаемых отклонений числа нитей по стандарту [4] найденная величина погрешности  $\Delta_o$  укладывается более 4,5 раз, а величина погрешности  $\Delta_y$  – 4 раза. Данный запас точности можно считать достаточным для рекомендации системы к использованию для контроля данного ассортимента тканей.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка итоговой погрешности оптического метода определения числа нитей в тканых полотнах специального назначения.
2. Дана положительная оценка применимости системы бесконтактных измерений в реальных условиях для тканей специального назначения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Киприна Л.Ю., Сокова Г.Г., Исаева М.В. Анализ информационных потоков технологических процессов текстильного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С. 9...12.
2. Баженов С.М., Вахонина С.А., Тарасов Н.В., Матрохин А.Ю. Разработка информационно-управляющей системы автоматизированного мониторинга технологических процессов производства тканей // Автоматизация в промышленности. – 2015, №12. С. 32...36.
3. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Баженов С.М., Кавин Н.О. Построение автоматизированной системы контроля технологического процесса формирования ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 167...169.
4. ГОСТ 16428–90. Ткани технические из натурального шелка и химических нитей. Технические условия.
5. ГОСТ Р 8.736–2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
6. ГОСТ 29104.3–91. Ткани технические. Метод определения количества нитей на 10 см.

## REFERENCES

1. Kiprina L.Ju., Sokova G.G., Isaeva M.V. Analiz informacionnyh potokov tehnologicheskikh processov tekstil'nogo predpriyatija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 3. S. 9...12.

2. Bazhenov S.M., Vahonina S.A., Tarasov N.V., Matrohin A.Ju. Razrabotka informacionno-upravljajushhej sistemy avtomatizirovannogo monitoringa tehnologicheskikh processov proizvodstva tkaney // Avtomatizacija v promyshlennosti. – 2015, №12. S.32...36.

3. Shalomin O.A., Matrohin A.Ju., Bazhenov S.M., Kavin N.O. Postroenie avtomatizirovannoj sistemy kontrolja tehnologicheskogo processa formirovanija

tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 1. S. 167...169.

4. GOST 16428–90. Tkani tehnicheckie iz natural'nogo shelka i himicheskikh nitej. Tehnicheckie uslovija.

5. GOST R 8.736–2011. Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij. Izmerenija prjamyje mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenij. Osnovnye polozhenija.

6. GOST 29104.3–91. Tkani tehnicheckie. Metod opredelenija kolichestva nitej na 10 sm.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии. Поступила 11.04.16.

УДК 691.618.92:693.554-486

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОВОЛОКНА В КОМПОЗИТАХ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### USE OF FIBERGLASS IN COMPOSITES OF CONSTRUCTION APPOINTMENT

Ю.А. ЩЕПОЧКИНА  
YU.A. SHCHEROSHKINA

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

*В работе рассматривается зарубежный опыт использования стекловолокна и арматуры на его основе. Приведены основные типы стеклянных волокон и свойства стеклопластиковой арматуры.*

*The work examines the foreign experience of the use of fiberglass and fiberglass-based reinforcement. The principal types of glass fibers and properties of the fiberglass reinforcement are specified.*

**Ключевые слова:** стекловолокно, стеклопластиковая арматура.

**Keywords:** fiberglass, fiberglass reinforcement.

Непрерывное волокно, получаемое из расплавленного стекла, имеющее гладкую поверхность и цилиндрическую форму на всем протяжении, получило широкое распространение во всем мире. Из него изготавливаются изделия в виде нитей, лент, тканей и нетканых материалов. Большое значение имеют стекловолокна и

изделия на их основе как высокопрочные армирующие материалы для строительных композитов. Идея использования стекловолокна для армирования бетонных конструкций была впервые сформулирована А.К. Бутовым в 1941 г., а в 50-х годах прошлого столетия определились три способа армирования: дисперсное армирова-

ние; создание сплошных стеклопластиковых обоев на поверхности; сосредоточенное армирование стеклопластиковой арматурой [1]. Первые применения стекловолокнистых композитов в строительстве показали, что этот материал характеризуется высокой стойкостью к коррозии при разных условиях окружающей среды, что имеет значительное влияние на безопасность и надежность использования объектов. В последние десятилетия неметаллическое армирование с применением стеклянных волокон в строительных конструкциях стало альтернативой для арматурной стали. В настоящее время широко используется дисперсное армирование бетона стекловолокном (реже – синтетическими волокнами) и его армирование стеклопластиковой арматурой [1], [2]. Стеклянные волокна являются наиболее часто используемыми для

армирования композитных материалов. Их широкое применение обусловлено не только хорошими механическими свойствами, но и низкой ценой по сравнению с металлом.

Обратимся к зарубежному опыту [3...6] применения стекловолокна в строительных композитах. В промышленно развитых европейских странах, например, в Польше, один килограмм стеклянных волокон стоит около 12 zł, что составляет примерно 2,8 евро.

Выделяют четыре типа стеклянных волокон: E, M, R, S. Наиболее часто применяются композиты на основе полимеров, армированных стеклянными волокнами типа E, произведенными из алюмоборосиликатного стекла. Волокна типа S имеют лучшие показатели свойств, но более высокую цену. В табл. 1 представлены основные свойства стекловолокна.

Т а б л и ц а 1

Тип стеклянного волокна	Диаметр, мкм	Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа
E	5...9	2,54	1350...3500	60...70
M	8...10	2,89	не нормируется	124
R	10	2,50	4750	83
S	16	2,49	4900	87

Композитные материалы складываются, по меньшей мере, из двух разных компонентов, что влечет за собой создание неоднородной структуры. Стекловолокна очень хорошо сочетаются с полимерами, что дает возможность усиления композита на междофазовых границах полимер-стекло. Эти свойства используются при изготовлении армирующих прутков из стеклянных волокон. Методы производства композитных прутков из стекловолокна ориентированы на параллельное размещение волокон и их прочное соединение с матрицей. Волокна могут занимать 40...70% объема прутков. Особенностью технологии изготовления стеклопластиковой арматуры, получаемой в виде прутка круглого сечения (рис. 1), является непрерывность процесса, предусматривающего пропитку стекложгута раствором полимерного связующего (наиболее широко распространена эпоксидная смола),

удаление инертных растворителей, придание материалу профиля до завершения процесса полимеризации связующего и изготовление монолитного и прочного стеклопластикового прутка.



Рис. 1

Технология предусматривает также спиральную обвивку "сырой" заготовки прута крученой нитью из стекловолокна, пропитанной связующим, причем при обмотке нить натягивается с усилием, благодаря чему она вдавливается в тело прута. Прут при этом приобретает периодический профиль, который в дальнейшем обеспечивает надежное сцепление арматуры с бетоном.

На основе каталогов европейских производителей (фирмы Armastek, H-BAU TECHNIK, FIBERNOX V-ROD) свойства основных типов прутков (диаметр 12 мм) на основе стеклянного волокна сопоставимы со свойствами стали арматурной класса А III (табл. 2 – свойства стеклопластиковой арматуры).

Т а б л и ц а 2

Показатель качества, единица измерения	Материал	
	прут из стали А III	прут на основе стекловолокна
Прочность на растяжение, МПа	440...550	1000 и выше
Модуль упругости, ГПа	200	55...65
Удлинение при растяжении, %	10...25	1,51...2,2
Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	7,85	2,2

Представленная в табл. 2 информация указывает на значительную разницу прочностных свойств прутков из стали и стеклопластиковой арматуры. Согласно исследованиям [6] прочность прутков стеклопластиковой арматуры на растяжение находится в пределах 765...1267 МПа и почти двукратно превышает этот показатель для арматурных сталей.

Во многих случаях композитные прутки могут с успехом заменить традиционную арматуру в самых разнообразных строительных конструкциях. Мировой опыт применения прутков со стеклянным волокном подтверждает, что прутки могут быть альтернативой для стали как по технологическим характеристикам, так и по финансовым показателям. Заинтересованность в применении стеклопластиковой арматуры связана главным образом с возможностью ее использования в агрессивных средах, где традиционно используемая сталь подвергается коррозии. Воздействие солей, кислот и других агрессивных сред на прутки, изготовленные на основе стекловолокна, незначительно. В связи с этим использование арматуры на основе стекловолокна выгодно в дорожных плитах, элементах тротуаров, разнообразных бетонных ограждениях, промышленных площадках. Возможно ее применение в портовом строительстве, строительстве каналов, элементах укрепления

берегов водоемов. Стекловолокно и арматура на его основе являются изоляторами электрического тока, что позволяет использовать их на энергетических объектах, железнодорожных и трамвайных путях. Эти положительные качества стекловолокна и стеклопластиковой арматуры определяют наиболее целесообразные области их использования – несущие коррозионностойкие и электроизолирующие бетонные конструкции.

## ВЫВОДЫ

Стеклопластиковой арматурой нельзя повсеместно заменить стальную арматуру, она эффективна только при создании конструкций, в которых используются полезные свойства стекловолокна, выгодно отличающие арматуру на его основе от стальной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1980.
2. 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...17.
3. Jarabo R., Fuente E., Savastano H., Negro C. Effect of Sepiolite on mechanical and physical properties of fiber cement // ACI Materials Journal.

Journal of the American Concrete Institute an international technical society — Vol. 111, №4, July-August 2014. P. 355...362.

4. Błażejowski W., Czaplinski T., Etek G. Metoda homogenizacji w modelowaniu materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknem ciągłym ułożonym według wzorów mozaikowych // Przetwórstwo tworzyw. — №6, 2014. S. 482...488.

5. Trwałość budynków i budowli / Pod.red. T. Błaszczynskiego. — Wrocław: Dolnośląskie wydawnictwo edukacyjne, 2012.

6. Jarek B., Kubik A. Zastosowanie prętów zbrojeniowych z włókna szklanego (GRFP) w budownictwie // Przegląd budowlany. — №12, 2015. S. 21...26.

#### REFERENCES

1. Frolov N.P. Stekloplastikovaja armatura i stekloplastbetonnye konstrukcii. — M.: Strojizdat, 1980.

2. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Novikova A.P. Realizacija potencijala Ivanovskoj oblasti na rynku tekstil'noj i legkoj promyshlennosti za schet formirovanija infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo

klastera // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. — 2014, №4. S. 11...17.

3. Jarabo R., Fuente E., Savastano H., Negro C. Effect of Sepiolite on mechanical and physical properties of fiber cement // ACI Materials Journal. Journal of the American Concrete Institute an international technical society — Vol. 111, №4, July-August 2014. P.355...362.

4. Błażejowski W., Czaplinski T., Etek G. Metoda homogenizacji w modelowaniu materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknem ciągłym ułożonym według wzorów mozaikowych // Przetwórstwo tworzyw. — №6, 2014. S. 482...488.

5. Trwałość budynków i budowli / Pod.red. T. Błaszczynskiego. — Wrocław: Dolnośląskie wydawnictwo edukacyjne, 2012.

6. Jarek B., Kubik A. Zastosowanie prętów zbrojeniowych z włókna szklanego (GRFP) w budownictwie // Przegląd budowlany. — №12, 2015. S. 21...26.

Рекомендована кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов. Поступила 28.11.16.

УДК 544.77.539.89:666.97

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОМАГНИТОАКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЖИДКОГО СТЕКЛА ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ\*

### APPLICATION OF MECHANIC AND MAGNETIC ACTIVATED LIQUID GLASS WATER SOLUTIONS FOR FINE-GRAINED COMPOSITES MODIFYING

C.B. ФЕДОСОВ, М.В. АКУЛОВА, Т.Е. СЛИЗНЕВА, С.А. КОКШАРОВ, А.С. АХМАДУЛИНА, Ю.А. СОКОЛОВА  
S.V. FEDOSOV, M.V. AKULOVA, T.E. SLIZNEVA, S.A. KOKSHAROV, A.C. AKHMADULINA, YU.A. SOKOLOVA

(Ивановский государственный политехнический университет,  
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново)  
(Ivanovo State Polytechnic University,  
Institute of Solution Chemistry of RAS named after G.A. Krestov, Ivanovo)  
E-mail: fedosov-academic53@mail.ru; m\_akulova@mail.ru

*В статье представлены результаты исследования влияния механомагнитной активации на размер частиц и электрокинетические характеристики дисперсной фазы, поровую структуру цементного камня и физико-механические показатели мелкозернистых композитов (бетонов). Установлено повышение прочности при сжатии и при изгибе, термостойкости и химической стойкости бетона за счет снижения диаметра пор и общего их объема в цементном камне на активированных водных системах.*

\* Работа выполнена в рамках государственного задания № 11.1898.2014/К Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности с использованием приборной базы Центра коллективного пользования научным оборудованием "Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований".

*Mechanomagnetic activation effect to particles size and electrokinetic properties of disperse phase, to pore structure of cement stone and physical-mechanical properties of fine-grained composites (concrete) study results expounded. Rise of compressive strength and bending strength, thermostability and chemical durability of concrete by decrease pore size and pore space into cement stone mixed activated water system established.*

**Ключевые слова:** механомагнитная активация, жидкое стекло, мелкозернистый бетон, поровая структура, метод светового рассеяния.

**Keywords:** mechanic and magnetic activation, liquid glass, fine-grained concrete, pore structure, light scattering method.

В производстве мелкозернистых композитов, в частности цементного бетона, прочно завоевавшего рынок строительных материалов, наметилась тенденция к расширению многообразия их свойств в условиях снижения удельной себестоимости. Развитие одного из важных направлений использования мелкозернистого бетона, связанного с производством покрытий для полов в цехах химических производств и возведением тонкостенных перекрытий повышенной термостойкости, требует применения специальных видов цементов или химических и минеральных добавок [1...3].

В последние годы большое распространение получили добавки, содержащие оксиды кремния. Так, введение в состав бетона микрокремнезема и нанокремнезема [4...7] способствует образованию низкоосновных гидросиликатов кальция, обуславливающих повышение прочности цементной матрицы и уменьшение количества гидроксида кальция, наличие которого повышает риск возникновения коррозии бетона [8]. К недостаткам применения микрокремнезема можно отнести повышение водопотребности модифицированной бетонной смеси и необходимость совместного использования пластификаторов [3].

Другим источником оксида кремния могут служить жидкие стекла, в частности водный раствор силиката натрия, применяемые как самостоятельное связующее либо как добавка к портландцементу с целью повышения огнестойких и кислотостойких свойств бетонов и уплотнения цементной матрицы [9], [10]. Водный раствор силиката натрия представляет собой совокупность

полимолекул переменного состава [11...13], который определяется силикатным модулем. Чем выше силикатный модуль, тем выше степень полимеризации и скорость твердения, поэтому для обеспечения живучести смесей необходимо применять низкомолекулярные жидкие стекла. Однако даже в низкомолекулярных жидких стеклах обычно присутствуют коллоидные образования, и применение их в качестве добавки в бетон может приводить к появлению фазовых неоднородностей и микродефектов в цементном камне. Поэтому получение гомогенных водных систем, содержащих жидкое стекло, используемых для затворения бетонных смесей, является актуальным.

Одним из способов повышения гомогенности водной системы и повышения активности содержащегося в воде вещества за счет интенсификации массообменных процессов является предварительная обработка жидкости [14...16]. В коллоидной мельнице [14] осуществляется комплексная обработка водных дисперсий: механическая, магнитная и ультразвуковая, способствующая тонкому диспергированию растворенных веществ. Кроме тонкого измельчения дисперсной фазы внешнее воздействие на жидкость затворения приводит к изменению ее состава, структуры и некоторых свойств [17], [18], оказывая тем самым влияние на характер и интенсивность взаимодействия в системе "цемент-вода" [19], [20].

Настоящая работа посвящена изучению дисперсного состава активированных водных растворов силиката натрия, используемых для затворения цементного теста, и

влияния различных режимов механомагнитной активации на поровую структуру и прочностные характеристики мелкозернистых композитов (цементного бетона).

В исследованиях использованы жидкое стекло (ГОСТ 13078), портландцемент М500 Д0 (ГОСТ 10178–85), кварцевый песок с модулем крупности 2,0...2,6 мм.

Механомагнитную обработку жидкостей осуществляли на установке [14] при частоте вращения ротора 3300 об/мин, продолжительность обработки составляла 3 или 4 15-секундных цикла. Размеры частиц в активированных и не активированных гидрозолях силиката натрия различной концентрации и измерения электрокинетических характеристик определяли методом динамического светового рассеяния [21], [22] на анализаторе Zetasizer Nano ZS фирмы Malvern Instruments Ltd. (Англия). С целью контроля протекания релаксационных процессов в исследуемых водных системах фиксировали данные показатели сразу после проведения механомагнитной обработки, а также по мере выдержки активированных растворов в течение от 1 до 7 суток. Для обработки использовали натриевое жидкое стекло, разбавленное бидистиллированной водой до концентрации 0,1; 5 и 10%, после чего готовили цементное тесто нормальной густоты. Продолжительность от момента активации раствора  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  до его применения не превышала 1,5 ч. Пористость и удельную поверхность образцов цементного камня определяли методом низкотемпературной ( $77\text{K}^\circ$ ) адсорбции и

десорбции паров азота на газовом сорбционном анализаторе NOVA Series 1200e. Площадь удельной поверхности вычисляли по уравнению БЭТ [23], общий объем пор в анализируемых материалах и распределение пор по размерам – с применением модели ВЖН [24, 25].

Анализируя зависимости, представленные на рис. 1 (зависимость относительного числа частиц в исходном (1), подвергнутом механоактивации (2), выдержанном после активации в течение суток (3), в течение трех суток (4) и в течение семи суток (5) растворах силиката натрия 0,1% (а), 5% (б) и 10% (в), подвергнутых фильтрационному отделению микрометровых фракций от размера частиц), можно отметить следующие закономерности. Во-первых, в результате обработки исходных гидрозолей силиката натрия происходит значительное уменьшение размеров фракций. Так, в неактивированном гидрозоле, содержащем 0,1 г/л жидкого стекла, наблюдаются фракции 5...10 нм и 80...100 нм, а сразу после активации в системе присутствует одна фракция 0,5...2 нм. Во-вторых, с ростом концентрации исходного гидрозоля повышается и размер фракций. В 5-процентном гидрозоле перед активацией наблюдаются фракции 8...40 нм, 60...80 нм и незначительная фракция 1000 нм, после активации присутствует практически одна фракция 0,6...2 нм. В исходном 10-процентном гидрозоле преобладает фракция 1000 нм, и почти отсутствуют более мелкие образования, а в активированном их размер снижается до 5...80 нм.

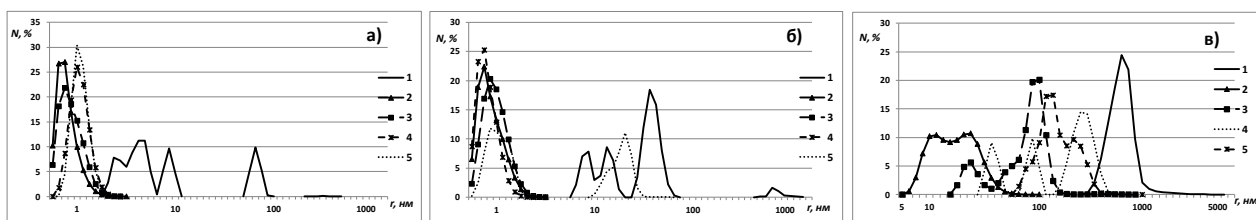


Рис. 1

Следует отметить, что в результате активации не только уменьшаются размеры фракций, но и состав фракций в гидрозолях силиката натрия становится более однородным. В-третьих, время релаксации активи-

рованных водных систем также определяется концентрацией исходного гидрозоля. Чем выше концентрация, тем быстрее гидрозоль возвращается в исходное состояние. Таким образом, концентрация жидкого



стекла ниже 5 г/л обеспечивает получение устойчивых активированных водных систем с размером фракций 1...2 нм.

На повышение устойчивости коллоидной системы к коагуляции влияет рост абсолютной величины дзета-потенциала ( $\zeta$ -потенциала), который является важной ха-

рактеристикой двойного электрического слоя, окружающего коллоидную частицу в дисперсной системе [26]. В табл. 1 приведены результаты измерения электрокинетического потенциала, проведенные до и сразу после активации гидрозоль силиката натрия концентрации 5 г/л.

Т а б л и ц а 1

Вид добавки	Концентрация, г/л (моль/л)	Частота вращения ротора, об·мин <sup>-1</sup>	Время активации, с	Дзета-потенциал, мВ	Электрофоретическая подвижность, ЭФП·10 <sup>8</sup> , м <sup>2</sup> В <sup>-1</sup> с <sup>-1</sup>	Электропроводность, мСм·см <sup>-1</sup>
Жидкое стекло	5,0 (0,041)	-	-	-22,38	-1,76	14,86
		3300	45	-24,9	-1,95	15,04

Увеличение дзета-потенциала и удельной электропроводности изучаемого гидрозоль в результате активации свидетельствует о структурных изменениях в жидкости, о сложном характере гидролиза и гидратации растворенного вещества. Кроме того, активация приводит к изменению структуры водородных связей самого растворителя – воды. Жидкое стекло [Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>]<sub>n</sub> – коллоидный раствор, при разбавлении подвержен гидролизу по аниону. Присутствие на поверхности ОН<sup>-</sup> обуславливает высокое значение дзета-потенциала. Ранее нами отмечено повышение водородного показателя в результате активации водных растворов силиката натрия [27].

Жидкофазная активация непосредственно перед затворением цементного теста приводит к существенному изменению структуры порового пространства. Согласно данным, представленным в табл. 2 (характеристики поровой структуры образцов цементного камня), в результате активации воды без добавки площадь удельной поверхности в цементном камне возрастает, а суммарный объем пор сокращается по сравнению с контрольным образцом на не активированной воде, что можно объяснить снижением среднего диаметра пор в образце Б. Затворение цементного теста активированным гидрозолем силиката натрия приводит к сокращению на порядок значений данных показателей.

Т а б л и ц а 2

Образец	Вид жидкости затворения	Площадь удельной поверхности S <sub>уп</sub> , м <sup>2</sup> /г		Суммарный объем пор V <sub>п</sub> , см <sup>3</sup> /г
		по методу ВЕТ	по методу ВЖН	
А	не активированная вода без добавок	1,941	4,169	0,0130
Б	вода, обработанная в течение 1 мин в коллоидной мельнице	6,592	5,326	0,0110
В	5%-ный раствор Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , активированный в течение 45 с	0,672	0,400	0,0015

Данный вывод подтверждается зависимостями, представленными на рис. 2 (распределение объема пор по их размеру в образцах цементного камня: А – на неактивированной воде; Б – на активированной воде; В – на активированном растворе жидкого стекла). Кривая распределения В проходит

значительно ниже кривых А и Б. В образце А на неактивированной воде максимальный диаметр пор составляет 160 нм, в то время как в образце В на активированном растворе жидкого стекла – 90 нм, то есть в 1,8 раза меньше.

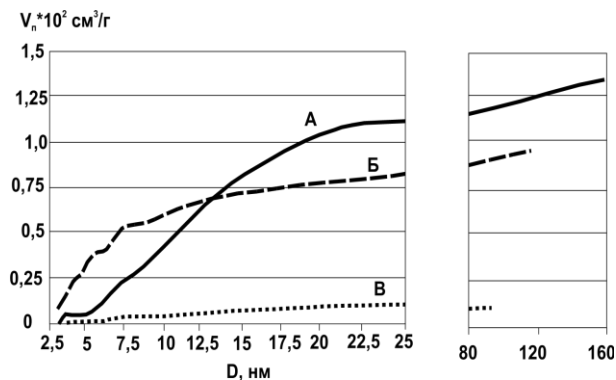


Рис. 2

Кривые, представленные на рис. 3 и 4, характеризуют соответственно отношение приращения объема пор и величину удельной поверхности по мере фракционного прироста их диаметра. Симбатный ход кривых на рис. 3 (распределение по размеру пор величины удельной поверхности в об-

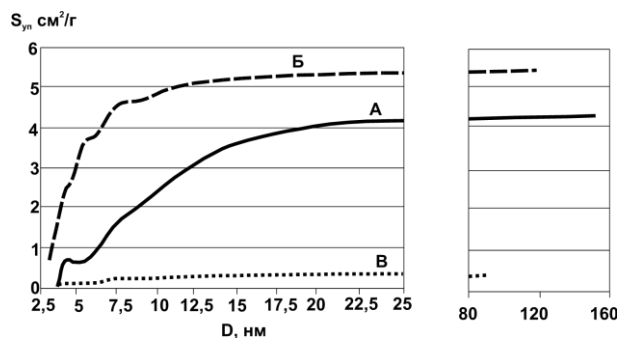


Рис. 3

Снижение общего объема пор в цементном камне при одновременном сокращении их диаметра неизменно сказывается на свойствах конечного продукта – мелкозернистого бетона. Сравнительный анализ фи-

зика-механических характеристик мелкозернистого бетона проводили на образцах, приготовленных на активированных и не активированных растворах жидкого стекла (табл. 3).

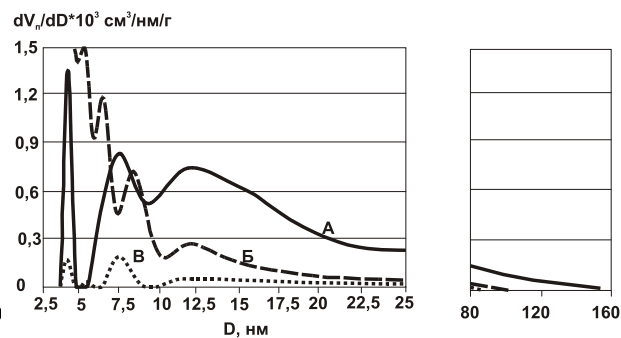


Рис. 4

зико-механических характеристик мелкозернистого бетона проводили на образцах, приготовленных на активированных и не активированных растворах жидкого стекла (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

№ состава	В/Ц	Концентрация раствора силиката натрия, %	Время активации, с	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Термостойкость, тепло-мен	Химическая стойкость, %	Водопоглощение, %
1	0,5	-	-	13,8	3,5	3	0,28	12,14
2	0,5	5	-	14,8	3,82	4	0,33	12,01
3	0,5	5	45	23,16	5,7	7	0,78	9,65
4	0,5	5	60	21,18	4,61	6	0,78	9,93
5	0,6	5	60	19,3	4,2	5	0,68	11,35
6	0,5	0,1	45	20,35	4,95	5	0,67	11,05
7	0,5	10	45	19,76	4,58	5	0,65	10,25

Согласно результатам проведенных испытаний наилучшими характеристиками обладал состав № 3 на 5%-ном водном растворе  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , активированном в течение 45 секунд. Увеличение количества воды затворения в бетонной смеси привело к снижению показателей прочности, химической и термостойкости (состав № 5), однако данные показатели все равно были выше, чем у контрольных составов №1 (без активации и без добавки) и №2 (на 5%-ном неактивированном растворе жидкого стекла). При этом образцы бетона составов №1 и №2 отличались повышенным водопоглощением. Значительные отклонения количества жидкого стекла в бетонной смеси как в сторону уменьшения (состав №6), так и в сторону увеличения (состав №7), также способствовали ухудшению физико-механических свойств мелкозернистого бетона.

## ВЫВОДЫ

1. Механомагнитная обработка воды и водных растворов силиката натрия вызывает структурные изменения водной системы, связанные с появлением наноразмерных образований дисперсной фазы в результате ультрадиспергирования добавки.

2. Затворение цементного теста активированным гидрозоле силиката натрия позволяет управлять поровым пространством цементного композита за счет снижения как общего объема пор, так и их диаметра, что способствует уплотнению цементной матрицы.

3. Использование активированной воды затворения, содержащей жидкое стекло, обеспечивает повышение прочностных характеристик мелкозернистого бетона, способствует увеличению его термической и химической стойкости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Овчаренко Г.И., Песоцкий А.В., Аввакумов Е.Г. Влияние минеральных микродобавок на прочность цементного камня // Ползуновский вестник. – 2014, № 1. С. 130...134.

2. Патент РФ № 2274623. Жаростойкий бетон С04В35/66 С04В28/26 / Первухин Л.Б., Сафранов Д.А., Бердыченко А.А., Цицилин В.В. Владельцы:

Общество с ограниченной ответственностью "Битруб Интернэшнл" (ООО "Битруб Интернэшнл") Заявл. 23.07.2004. Оpubл. 20.04.2006.

3. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. – 1995, № 4. С. 16...20.

4. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Мат. I Всероссийск. конф. – М., 2001. С. 91...100.

5. Баженов Ю.М. Нанотехнологии в строительстве и производстве строительных материалов // Сб. докл. участников круглого стола: Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов. – М.: МГСУ, 2007. С. 12...16.

6. Зиновьев А.А., Кудряков А.И., Дворянинова Н.В. Кладочные растворы повышенной высоко- и морозостойкости с добавками микрокремнезема и омыленного таллового пека. – Братск: Изд-во БрГУ, 2011.

7. Lisa M. Federico Waste Glass - A Supplementary Cementitious Material McMaster University Hamilton. – Ontario, Canada, September 2013.

8. Каприелов С.С., Батраков В.Г., Шейнфельд А.В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспективы // ООО "Предприятие Мастер Бетон" Статьи. Режим доступа: <http://www.master-concrete.com/papers/reality.htm>

9. Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых композиционных материалов // Эл. науч. журн. Инженерный вестник Дона. 2014. Т. 29. №2. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2448>

10. Sodium silicate applications for cement and concrete/J. Larosa-Tompson, P. Gill, В.Е. Scheetz, M.R. Silsbee// 10th Int. Cong. Chem. Cem.: Proceed. - Gothenburg, 1997. V. 3.

11. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло. – СПб: Стройиздат. 1996.

12. Сычев М.М. Неорганические клеи. – 2-е изд. – Л.: Химия, 1986.

13. Брыков А.С., Данилов В.В., Ларичков А.В. Особенности гидратации портландцемента в присутствии силикатов натрия // ЖПХ. – 2006. Т. 79, №4. С. 533...536.

14. Акулова М.В., Слизнева Т.Е., Стрельников А.Н., Падохин В.А., Базанов А.В. Механоимпульсная активация жидкофазных функциональных добавок в цементы и бетоны // Мат. Междунар. науч.-практич. конф.: Актуальные проблемы современного строительства. – Пенза: ПГУАС, 2011. С.5...8.

15. Патент РФ на полезную модель № 136745. Коллоидная мельница / В.А. Падохин, Н.Е. Кочкина, Т.Е. Слизнева. – Патентообладатель(и): ИХР РАН им. Г.А. Крестова, ФГБОУ ВПО ИГХТУ, Заявка 2013118033, 18.04.2013. Оpubл. 20.01.2014. Бюл. №2.

16. Федосов С.В., Акулова М.В., Кокишаров С.А., Метелева О.В. Теоретические основы тепломассопереноса в перспективных технологиях производ-

- ства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 170...174.
17. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Особенности механической активации дистиллированной воды различными насадками роторной мешалки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 153...157.
18. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2011.
19. Власов В.А., Мышкин В.Ф., Хан В.А., Ижойкин Д.А., Гамов Д.Л. Анализ процессов, обуславливающих влияние магнитного поля на структуру и свойства воды // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. №81. С. 635...647. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-protsesov-obuslavlivayuschih-vliyaniye-magnitnogo-polya-na-strukturu-i-svoystva-vody>
20. Помазкин В.А., Макаева А.А. Магнитоактивированная вода в строительных технологиях // Вестник ОГУ. – 2001, №1. С. 109...114.
21. Ерофеев В.Т., Митина Е.А., Матвиевский А.А., Осипов А.К., Емельянов Д.В., Юдин П.В. Композиционные строительные материалы на активированной воде затворения // Строительные материалы. – 2007, №11. С. 56...57.
22. Berne B.J., Pecora R. Dynamic Light Scattering. – New York: Wiley, 1976.
23. Кокишаров С.А., Корнилова Н.Л., Метелева О.В. Методика подготовки растворителя для оценки нанодисперсных объектов методом динамического светового рассеяния // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №1. С.136...140.
24. Грег С., Синг К. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость / Пер. с англ. под ред. К.В. Чмутова. – 2-е изд. – М.: "МИР", 1984.
25. Barrett E. P. et al. The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms // J. Am. Chem. Soc. – V. 73. 1951. P. 373...380.
26. Aligizaki Kalliopi K. Pore Structure of Cement-Based Materials: Testing Interpretation and Requirements (Modern Concrete Technology). – Taylor & Francis, 2005.
27. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Альянс, 2004.
28. Федосов С.В., Акулова М.В., Слизнева Т.Е., Ахмадулина Ю.С., Падохин В.А. Влияние ультразвуковой пергагии растворов электролитов на свойства и структуру цементных композиций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011, №2. С. 7...10.
1. Ovcharenko G.I., Pesockij A.V., Avvakumov E.G. Vlijanie mineral'nyh mikrodozavok na prochnost' cementnogo kamnja // Polzunovskij vestnik. – 2014, №1. S. 130...134.
2. Patent RF № 2274623. Zharostojkij beton C04B35/66 C04B28/26 / Pervuhin L.B., Safranov D.A., Berdychenko A.A., Cicilin V.V. Vldel'cy: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Bitrub Internjeshnl" (ООО "Bitrub Internjeshnl") Zajavl. 23.07.2004. Opubl. 20.04.2006.
3. Kaprielov S.S. Obshhie zakonomernosti formirovanija struktury cementnogo kamnja i betona s dobavkoj ul'tradispersnyh materialov // Beton i zhelezobeton. – 1995, № 4. S. 16...20.
4. Bazhenov Ju.M., Falikman V.R. Novyj vek: novye jeffektivnye betony i tehnologii // Mat. I Vserossijsk. konf. – М., 2001. S. 91...100.
5. Bazhenov Ju.M. Nanotehnologii v stroitel'stve i proizvodstve stroitel'nyh materialov // Sb. dokl. uchastnikov kruglogo stola: Nanosistemy v stroitel'stve i proizvodstve stroitel'nyh materialov. – М.: MGSU, 2007. S.12...16.
6. Zinov'ev A.A., Kudjakov A.I., Dvorjaninova N.V. Kladochnye rastvory povyshennoj vysoko- i morozostojkosti s dobavkami mikrokrementzema i omylenogo talloвого peka. – Bratsk: Izd-vo BrGU, 2011.
7. Lisa M. Federico Waste Glass - A Supplementary Cementitious Material McMaster University Hamilton. – Ontario, Canada, September 2013.
8. Kaprielov S.S., Batrakov V.G., Shejfel'd A.V. Modificirovannye betony novogo pokolenija: real'nost' i perspektivy // ООО "Predpriyatje Master Beton" Stat'i. Rezhim dostupa: <http://www.master-concrete.com/papers/reality.htm>
9. Figovskij O.L., Kudrjavcev P.G. Zhidkoe steklo i vodnye rastvory silikatov, kak perspektivnaja osnova tehnologicheskijh processov poluchenija novyh kompozicionnyh materialov // Jel. nauch. zhurn. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. T. 29. №2. Rezhim dostupa: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2448>
10. Sodium silicate applications for cement and concrete/J. Larosa-Tompson, P. Gill, B.E. Scheetz, M.R. Silsbee// 10th Int. Cong. Chem. Cem.: Proceed. - Gothenburg, 1997. V. 3.
11. Korneev V.I., Danilov V.V. Zhidkoe i rastvorimoe steklo. – SPb: Strojizdat. 1996.
12. Sychev M.M. Neorganicheskie klei. – 2-e izd. – L.: Himija, 1986.
13. Brykov A.S., Danilov V.V., Larichkov A.V. Osobnosti gidratacii portlandcementsa v prisutstvii silikatov natrija // ZhPH. – 2006. T. 79, № 4. S.533...536.
14. Akulova M.V., Slizneva T.E., Strel'nikov A.N., Padohin V.A., Bazanov A.V. Mehanoimpul'snaja aktivacija zhidkofaznyh funkcional'nyh dozavok v cementy i betony // Mat. Mezhdunar. nauch.-praktich. konf.: Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva. – Penza: PGUAS, 2011. S.5...8.

15. Patent RF na poleznuju model' № 136745. Kolloidnaja mel'nica / V.A. Padohin, N.E. Kochkina, T.E. Slizneva. – Patentoobladatel'(i): IHR RAN im. G.A. Krestova, FGBOU VPO IGHTU, Zajavka 2013118033, 18.04.2013. Opubl. 20.01.2014. Bjul. №2.

16. Fedosov S.V., Akulova M.V., Koksharov S.A., Meteleva O.V. Teoreticheskie osnovy teplomassoperenosa v perspektivnyh tehnologijah proizvodstva materialov tekstil'noj i stroitel'noj otraslej promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 6. S. 170...174.

17. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinov'eva E.V. Osobennosti mehanicheskoj aktivacii distillirovannoj vody razlichnymi nasadkami rotnoj meshalki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 153...157.

18. Gorlenko N.P., Sarkisov Ju.S. Nizkoenergetičeskaja aktivacija dispersnyh sistem. – Tomsk: Izd-vo TGASU, 2011.

19. Vlasov V.A., Myshkin V.F., Han V.A., Izhojkin D.A., Gamov D.L. Analiz processov, obuslovlivajushih vlijanie magnitnogo polja na strukturu i svojstva vody // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. №81. S.635...647. Rezhim dostupa: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-protsessov-obuslovlivajushih-vliyanie-magnitnogo-polya-na-strukturu-i-svojstva-vody>

20. Pomazkin V.A., Makaeva A.A. Magnitoaktivirovannaja voda v stroitel'nyh tehnologijah // Vestnik OGU. – 2001, №1. S. 109...114.

21. Erofeev V.T., Mitina E.A., Matvievskij A.A., Osipov A.K., Emel'janov D.V., Judin P.V. Kompozicionnye stroitel'nye materialy na aktivirovannoj vode

zatvoreniya // Stroitel'nye materialy. – 2007, №11. S.56...57.

22. Berne B.J., Pecora R. Dynamic Light Scattering. – New York: Wiley, 1976.

23. Koksharov S.A., Kornilova N.L., Meteleva O.V. Metodika podgotovki rastvoritelja dlja ocenki nanodispersnyh ob'ektov metodom dinamicheskogo svetovogo rassejanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 1. S. 136...140.

24. Greg S., Sing K. Adsorbicija. Udel'naja povernost'. Poristost' / Per. s angl. pod red. K.V. Chmutova. – 2-e izd. – M.: "MIR", 1984.

25. Barrett E. P. et al. The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms // J. Am. Chem. Soc. – V. 73. 1951. P. 373...380.

26. Aligizaki Kalliopi K. Pore Structure of Cement-Based Materials: Testing Interpretation and Requirements (Modern Concrete Technology). – Taylor & Francis, 2005.

27. Frolov Ju.G. Kurs kolloidnoj himii. Povernostnye javlenija i dispersnye sistemy. – M.: Al'jans, 2004.

28. Fedosov S.V., Akulova M.V., Slizneva T.E., Ahmadulina Ju.S., Padohin V.A. Vlijanie ul'tradispergacii rastvorov jelektrolitov na svojstva i strukturu cementnyh kompozicij // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. – 2011, №2. S. 7...10.

Рекомендована кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов ИВГПУ. Поступила 21.11.16.

УДК 687.1.004.12:687.157

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВИДА ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE AESTHETIC LOOK OF GARMENTS

С.В. ЛУНЬКОВА, Н.В. ВИНОГРАДОВА, Б.Н. ГУСЕВ  
S.V LUNKOVA, N.V. VINOGRADOVA, B.N. GUSEV

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: mtsm@ivgpu.com

*В статье приведена методика оценки эстетического вида швейных изделий, необходимая для более полного и объективного оценивания внешнего вида швейных изделий бытового назначения.*

*The technique of assessment of an esthetic type of garments necessary for fuller and objective estimation of appearance of garments of household purpose is given in article.*

**Ключевые слова:** швейные изделия, методика, эстетические свойства, шкала порядка.

**Keywords:** clothing, methodology, esthetic properties, order scale.

Согласно национальному стандарту [1] оценка качества швейных изделий предусматривает установление качественной градации "сорт" с двумя уровнями: 1 и 2-й сорт. Уровень качества изделия определяют в зависимости от соответствия его внешнего вида образцу-эталону и требованиям, установленным в конструкторско-технической документации. Кроме этого при определении сорта учитываются посадка изделия, соответствие основных линейных измерений, качество изготовления и применяемых материалов. С учетом требований [2] оценка готового изделия по образцу-эталону осуществляется путем визуального сравнения, что вносит субъективность в конечную оценку качества швейного изделия. В работах [3], [4] была рассмотрена проблема количественной оценки качества изготовления швейных изделий и качества применяемых для их пошива материалов [5]. Нерешенной проблемой остается количественная оценка эстетических свойств швейных изделий, что и явилось целью данной работы.

В соответствии с [6] эстетические свойства выражают в чувственно-воспринимаемых признаках формы общественную ценность изделия и удовлетворяют эстетические потребности человека. Таким образом, эстетические требования к швейным изделиям должны более полно отвечать разнообразным вкусам покупателей и требованиям моды.

Общая стратегия количественной оценки эстетических свойств приведена в виде блок-схемы на рис. 1.

На первом этапе исследования была уточнена номенклатура эстетических свойств швейных изделий бытового назначения на уровне групповых и простых свойств с учетом мнений потребителей и технологов швейного производства, которая приведена в табл. 1.

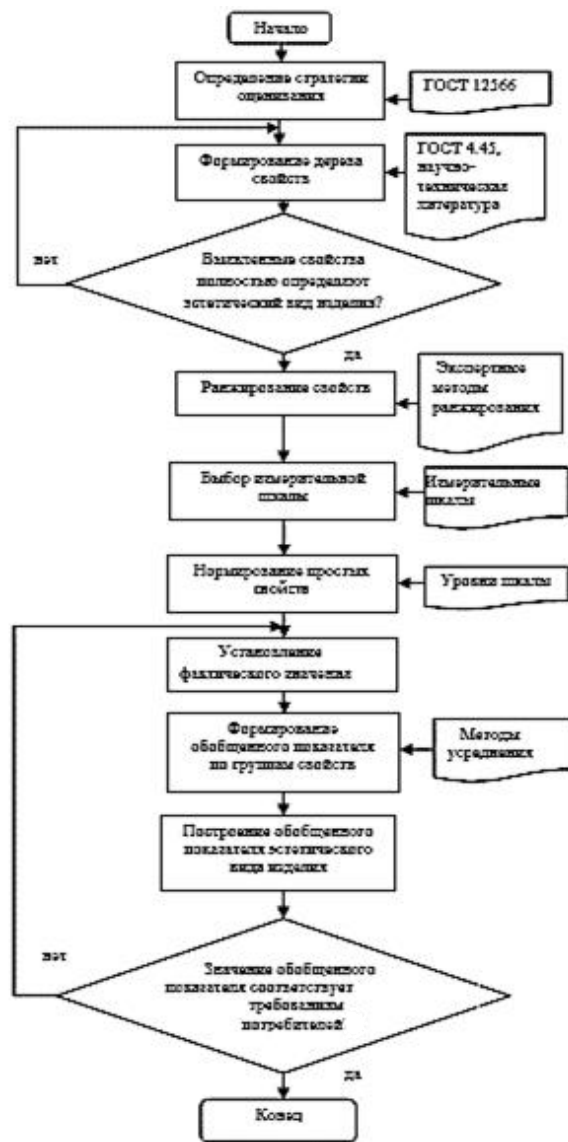


Рис. 1

Далее проводили ранжирование выбранных свойств. По группам эстетических свойств использовали экспертный метод в рамках методологии [5], а по простым свойствам применили условие равновесности показателей. Результаты ранжирования приведены в табл. 1. Затем простым свойствам для их дальнейшего количественного оценивания присваиваем статус показателей качества.

Таблица 1

Группа эстетических свойств	Коэффициент весомости группового свойства ( $\alpha_i$ )	Простое свойство	Коэффициент весомости простого свойства ( $\alpha_{ij}$ )
Информационная выразительность ( $X_1$ )	0,21	Узнаваемость ( $X_{11}$ )	0,25
		Оригинальность ( $X_{12}$ )	0,25
		Стилевое соответствие ( $X_{13}$ )	0,25
		Соответствие моде ( $X_{14}$ )	0,25
Рациональность формы ( $X_2$ )	0,13	Функционально-конструктивная обусловленность ( $X_{21}$ )	0,50
		Эргономическая обусловленность ( $X_{22}$ )	0,50
Целостность композиции ( $X_3$ )	0,15	Организованность объемно-пространственной структуры ( $X_{31}$ )	0,25
		Упорядоченность графических и изобразительных элементов ( $X_{32}$ )	0,25
		Колористическое оформление ( $X_{34}$ )	0,25
		Декоративность ( $X_{35}$ )	0,25
Совершенство производственного исполнения ( $X_4$ )	0,35	Уровень отделки ( $X_{41}$ )	0,25
		Уровень обработки (чистота выполнения ниточных соединений) ( $X_{42}$ )	0,25
		Совершенство конструкции ( $X_{43}$ )	0,25
		Полнота маркировки и сопроводительной документации ( $X_{44}$ )	0,25
Стабильность товарного вида ( $X_5$ )	0,16	Стойкость к физико-химическим воздействиям ( $X_{51}$ )	0,50
		Формоустойчивость ( $X_{52}$ )	0,50

На этапе нормирования показателей качества использовали шкалу порядка, которая включала следующие уровни градации: "отличное проявление показателя" – 5 баллов; "хорошее проявление показателя" – 4 балла; "удовлетворительное проявление показателя" – 3 балла; "неудовлетворительное проявление показателя" – 2 балла. Базовые значения показателей устанавливались равными пяти баллам. Для нахождения

обобщенного показателя эстетического вида швейного изделия применяли среднеарифметический способ усреднения согласно методике, приведенной в [5].

Для принятия окончательного и объективного решения по оценке эстетического вида изделия вводили дополнительную шкалу порядка, которая приведена в табл. 2.

Таблица 2

Значение обобщенного показателя эстетического вида	Решение по оценке эстетического вида
$K_{эв} < 0,7$	Не соответствует требованиям потребителя
$0,7 \leq K_{эв} \leq 1,0$	Соответствует требованиям потребителя

Рассмотрим методику расчета обобщенного показателя эстетического вида для швейного изделия производства ООО "Орбита" (г. Кострома), а именно для детской

утепленной куртки модели 3215. Перечень показателей качества и их средняя экспертная оценка по введенным шкалам приведены в табл.3.

Простое свойство	Средняя экспертная оценка	Значение относительного показателя	Коэффициент весомости ( $\alpha_{ij}$ )	Групповое свойство	Обобщенный показатель группового свойства ( $Q_i = \sum x_{ij} \cdot \alpha_{ij}$ )
X <sub>11</sub>	4,5	0,84	0,25	X <sub>1</sub>	0,88
X <sub>12</sub>	4,1	0,82	0,25		
X <sub>13</sub>	4,8	0,96	0,25		
X <sub>14</sub>	4,7	0,94	0,25		
X <sub>21</sub>	4,7	0,94	0,5	X <sub>2</sub>	0,95
X <sub>22</sub>	4,8	0,96	0,5		
X <sub>31</sub>	3,8	0,76	0,25	X <sub>3</sub>	0,84
X <sub>32</sub>	3,7	0,74	0,25		
X <sub>33</sub>	4,9	0,98	0,25		
X <sub>34</sub>	4,4	0,88	0,25		
X <sub>41</sub>	4,6	0,92	0,25	X <sub>4</sub>	0,91
X <sub>42</sub>	4,7	0,94	0,25		
X <sub>43</sub>	4,1	0,82	0,25		
X <sub>44</sub>	4,8	0,96	0,25		
X <sub>51</sub>	4,2	0,84	0,5	X <sub>5</sub>	0,86
X <sub>52</sub>	4,4	0,88	0,5		

На основании методологии [5] построения обобщенного показателя имеем:

$$K_{эв} = \sum Q_i \alpha_i = 0,88 \cdot 0,21 + 0,95 \cdot 0,13 + 0,84 \cdot 0,15 + 0,91 \cdot 0,35 + 0,86 \cdot 0,16 = 0,89,$$

что говорит о том, что эстетический вид оцениваемого изделия соответствует требованиям потребителей.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика количественного оценивания эстетического вида швейных изделий бытового назначения, позволяющая расширить номенклатуру эстетических показателей качества с учетом требований потребителей, а также снизить субъективность оценивания внешнего вида изделий по образцу-эталону визуальным методом.

## ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12566–81. Изделия швейные бытового назначения. Определение сортности.
- ГОСТ 4103–82. Изделия швейные. Методы оценки качества готовых изделий.
- Виноградова Н.В., Лунькова С.В., Пилюкина Д.С., Гусев Б.Н. Совершенствование методики оценки качества внешнего вида швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 6. С.31...34.
- Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Чистякова Н.Э., Новосад Т.Н. Построение методики для учета требований швейных предприятий к качеству текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С.19...23.

5. Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Асланян А.А., Федуллова Т.Н. Исследование гигроскопических свойств тканей, предназначенных для пошива защитных костюмов строительных специальностей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 6. С.34...37.

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

## REFERENCES

- GOST 12566–81. Izdelija shvejnye bytovogo naznachenija. Opredelenie sortnosti.
- GOST 4103–82. Izdelija shvejnye. Metody ocenki kachestva gotovyh izdelij.
- Vinogradova N.V., Lun'kova S.V., Piljukina D.S., Gusev B.N. Sovershenstvovanie metodiki ocenki kachestva vneshnego vida shvejnyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 6. S.31...34.
- Gruzinceva N.A., Lysova M.A., Chistjakova N.Ie., Novosad T.N. Postroenie metodiki dlja ucheta trebovanij shvejnyh predpriyatij k kachestvu tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S.19...23.
- Kurdenkova A.V., Shustov Ju.S., Aslanjan A.A., Fedulova T.N. Issledovanie gigroskopicheskikh svojstv tkaney, prednaznachennyh dlja poshiva zashhitnyh kostjumov stroitel'nyh special'nostej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 6. S.34...37.
- Lysova M.A., Lomakina I.A., Lun'kova S.V., Gusev B.N. Matematicheskie metody v proektirovanii i ocenivanii kachestva tekstil'nyh materialov i izdelij. – Ivanovo: IGTA, 2012.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии. Поступила 29.11.16.



УДК 677.11.021.16/022:658.562

**ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ  
И ГИБКОСТИ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА**

**ESTIMATION OF UNCERTAINTY  
AT MEASUREMENT THE BREAKING LOAD  
AND FLEXIBILITY OF LONG SCUTCHED FLAX**

*А.С. ДЯГИЛЕВ, И.А. ПЕТЮЛЬ, А.Н. БИЗЮК, А.Г. КОГАН, К.Э. РАЗУМЕЕВ*  
*A.S. DYAGILEV, I.A. PETYUL, A.N. BIZYUK, A.G. KOGAN, K.E. RAZUMEEV*

(Витебский государственный технологический университет,  
Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Vitebsk State Technological University,  
Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: dyagilev@vstu.by; petyl@inbox.ru; biziuk.andrei@gmail.com

*В статье предложены методики расчета расширенной неопределенности при испытаниях разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна. Приведены оценки расширенной неопределенности, рассчитанные на основе данных лабораторного исследования длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2015 гг. Приведено статистическое исследование взаимосвязи между средними значениями разрывной нагрузки, гибкости длинного трепаного льноволокна и расширенной неопределенностью при их измерении.*

*The article offers a methodology for calculating the expanded uncertainty in testing the breaking load and flexibility of long scutched flax fiber. Estimates of the expanded uncertainty, calculated on the basis of data of laboratory research of long scutched flax grown in 2013-2015, are shown. Statistical research of the relationship between the mean values of the breaking load and flexibility of long scutched flax fiber and expanded uncertainty in their measurements are given.*

**Ключевые слова:** длинный трепаный лен, разрывная нагрузка, гибкость, неопределенность.

**Keywords:** long scutched flax, breaking load, flexibility, uncertainty.

Качество льноволокна, его прядильная способность согласно действующим нормативным документам [1], [2] зависит от комплекса физико-механических показателей.

При этом низкие значения одного показателя могут быть компенсированы высокими значениями другого. По сравнению с другими натуральными волокнами льняное во-

локно отличается повышенной неравномерностью физико-механических свойств, что повышает актуальность задачи получения адекватной оценки его свойств. В современной метрологической практике при испытаниях в аккредитованных текстильных лабораториях наряду с оценкой доверительных границ погрешности измерений все шире используется понятие "неопределенность результата измерения" [3], [4]. Это понятие учитывает не только вариативность измеряемого показателя, но и влияние различных факторов на результаты измерения.

Контрольные прочесы длинного трепаного льноволокна в производственных условиях РУПТП "Оршанский льнокомбинат" показали [5], что разрывная нагрузка и гибкость длинного трепаного льноволокна оказывают определяющее влияние на его прядильную способность. В связи с этим настоящая работа посвящена оценке неопределенности при измерении именно этих показателей на основе данных о свойствах белорусского льноволокна урожая 2013-2015 гг. [6], [7], полученных из более 2000 протоколов, накопленных в информационной системе контроля качества РУПТП "Оршанский льнокомбинат" [8], [9].

Согласно действующим стандартам [1], [2] при определении значения разрывной нагрузки партии длинного трепаного льноволокна отбирается 30 проб волокна массой 0,42 г с погрешностью  $\pm 0,001$  г. Затем измеряется наибольшее усилие, выдерживаемое образцом до разрыва на разрывной машине марки ДВК-60, с погрешностью  $\pm 2\%$  от прилагаемой нагрузки и ценой деления шкалы, равной 5 Н.

Таким образом, при оценке неопределенности измерения разрывной нагрузки длинного трепаного льноволокна нужно учитывать:

– поправку, связанную с погрешностью разрывной машины (по паспорту  $\pm 2\%$  от измеренного значения). Приняв предположение о равномерном законе распределения, получим стандартную неопределенность, обусловленную данным фактором:

$$\Delta P_1 = \frac{2\bar{P}}{100\sqrt{3}}, \quad (1)$$

где  $\bar{P}$  – среднее значение разрывной нагрузки 30 проб льноволокна;

– поправку на вариационный разброс, вычисляемую как оценку стандартной ошибки среднего [10] разрывной нагрузки, в предположении о нормальном законе распределения величины:

$$\Delta P_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где  $P_i$  – отдельные значения разрывной нагрузки 30 проб льноволокна;

– поправку на округление, связанную с ценой деления измерительной шкалы (цена деления 5 Н). При постулировании равномерного закона распределения стандартная неопределенность из-за влияния данного фактора составит:

$$\Delta P_3 = \frac{5 \cdot 0,5}{\sqrt{3}} = 1,443; \quad (3)$$

– поправку на допустимое отклонение массы при подготовке проб (масса пробы 0,42 г, погрешность весов  $\pm 0,001$  г). Полагая, что зависимость между массой пробы и разрывной нагрузкой в рассматриваемом диапазоне значений будет линейной, а закон распределения величины – равномерный, стандартная неопределенность будет иметь вид:

$$\Delta P_4 = \frac{\bar{P} \cdot 0,001}{0,42 \cdot \sqrt{3}}. \quad (4)$$

Модель измерения для вычисления неопределенности учитывает поправки на воздействие факторов, влияющих на процесс измерения разрывной нагрузки, и описывается так:

$$P = \bar{P} + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4. \quad (5)$$

При расчете суммарной неопределенности вклад каждой из рассмотренных величин (поправок) учитывается с помощью коэффициентов чувствительности, которые являются частными производными первого

порядка модели измерения (5). Коэффициенты чувствительности в данном случае равны 1, так как модель измерения (5) имеет линейный вид:

$$cP = (1, 1, 1). \quad (6)$$

Суммарная стандартная неопределенность вычисляется по формуле:

$$u_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n (cP_i \Delta P_i)^2}. \quad (7)$$

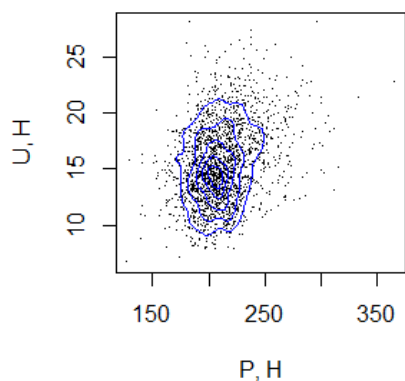


Рис. 1

На рис. 1 представлена диаграмма рассеяния и линии равного уровня совместного распределения расширенной неопределенности и среднего значения разрывной нагрузки. На рис. 2 приведено трехмерное представление ядерной оценки совместного распределения расширенной неопределенности и среднего значения разрывной нагрузки [11...13]. Как показано на рис. 1 и рис. 2, среднее значение разрывной нагрузки находилось в пределах от 127 до 366 Н, при этом ее расширенная неопределенность варьировалась в диапазоне от 6 до 28 Н. Наиболее вероятная комбинация среднего значения разрывной нагрузки и расширенной неопределенности при ее измерении 211,7 и 14,2 Н соответственно.

На основе данных, приведенных на рис. 1, был проведен регрессионный анализ и построена статистически значимая линейная регрессионная модель:

$$U_p = 7,43 + 0,038\bar{P}. \quad (9)$$

Расширенная неопределенность при измерении разрывной нагрузки длинного трепаного льноволокна в соответствии с подходом, изложенным в [4], вычисляется:

$$U_p = u_p t_{\alpha;n}, \quad (8)$$

где  $t_{\alpha;n}$  – коэффициент Стьюдента. При вычислениях расширенной неопределенности принимаем число степеней свободы  $n = \infty$ , а уровень значимости  $\alpha = 0,05$ .

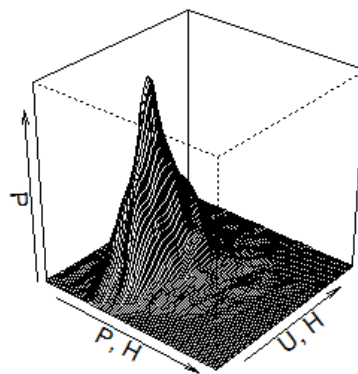


Рис. 2

Коэффициент детерминации полученной модели  $R^2 = 0,07$  ( $p\text{-value} < 2,2e^{-16}$ ). Таким образом, значения расширенной неопределенности и разрывной нагрузки имеют положительную статистически значимую взаимосвязь, и при увеличении среднего значения разрывной нагрузки на 1 Н значение расширенной неопределенности в среднем увеличивается на 0,038 Н. При этом только 7% изменения значения расширенной неопределенности объясняется изменением среднего значения разрывной нагрузки.

При определении значения гибкости партии длинного трепаного льноволокна согласно действующим стандартам [1], [2] отбирается 30 проб волокна массой 0,42 г с погрешностью  $\pm 0,001$  г, длиной 27 см. Затем с помощью гибкомера ГВ-2, цена деления шкалы которого составляет 1 мм, замеряется абсолютный прогиб обоих концов пучка волокон каждой пробы. Фиксируемое значение является мерой деформации изгиба и называется стрелой прогиба.

Таким образом, при оценке неопределенности результата измерения гибкости длинного трепаного льноволокна следует учитывать:

– поправку, связанную с отклонением щечек гибкомера в исходном положении от горизонтали. Согласно методике аттестации прибора допустимое отклонение величины составляет  $\pm 0,2$  мм. Приняв предположение о равномерном законе распределения рассматриваемой величины, получим стандартную неопределенность, обусловленную данным фактором:

$$\Delta F_1 = \frac{0,2}{\sqrt{3}}, \quad (10)$$

– поправку на вариационный разброс, вычисляемую как оценку стандартной ошибки среднего гибкости, в предположении о нормальном законе распределения:

$$\Delta F_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2}{n(n-1)}}, \quad (11)$$

– поправку на определение положения середины свисающих концов пучка волокон, привносимую оператором при считывании стрелы прогиба. Исходя из опыта работы, квалификации и навыков оператора, абсолютное значение величины может достигать  $\pm 1$  мм. Тогда стандартная неопределенность, обусловленная данным фактором, при равномерном законе распределения вычисляется:

$$\Delta F_3 = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad (12)$$

– поправка на допустимое отклонение массы при подготовке проб (масса пробы 0,42 г, погрешность весов  $\pm 0,001$  г) аналогично (4) в предположении о равномерном законе распределения стандартная неопределенность составит:

$$\Delta F_4 = \frac{\bar{F} \cdot 0,001}{0,42 \cdot \sqrt{3}}. \quad (13)$$

Модель измерения учитывает поправки на воздействие факторов, влияющих на процесс измерения гибкости, и имеет следующий вид:

$$F = \bar{F} + \Delta F_1 + \Delta F_2 + \Delta F_3 + \Delta F_4. \quad (14)$$

Коэффициенты чувствительности приняты равными 1, так как модель измерения (14) имеет линейный вид:

$$cF = (1, 1, 1, 1). \quad (15)$$

Суммарная стандартная неопределенность вычисляется по формуле:

$$u_F = \sqrt{\sum_{i=1}^n (cF_i \Delta F_i)^2}. \quad (16)$$

Расширенная неопределенность при измерении гибкости длинного трепаного льноволокна:

$$U_F = u_F t_{\alpha;n}, \quad (17)$$

где  $t_{\alpha;n}$  – коэффициент Стьюдента. При вычислениях расширенной неопределенности по типу В [1] принимаем число степеней свободы  $n = \infty$ , а уровень значимости  $\alpha = 0,05$ .

На рис. 3 представлена диаграмма рассеяния и линии равного уровня совместного распределения расширенной неопределенности и среднего значения гибкости. На рис. 4 приведено трехмерное представление ядерной оценки совместного распределения расширенной неопределенности и среднего значения гибкости. Как показано на рис. 3 и 4, среднее значение гибкости льноволокна находилось в пределах от 13 до 64 мм, при этом расширенная неопределенность при ее определении находилась в пределах от 1,7 до 4,9 мм. Наиболее вероятная комбинация среднего значения гибкости и неопределенности при ее измерении 30,7 и 2,7 мм соответственно.

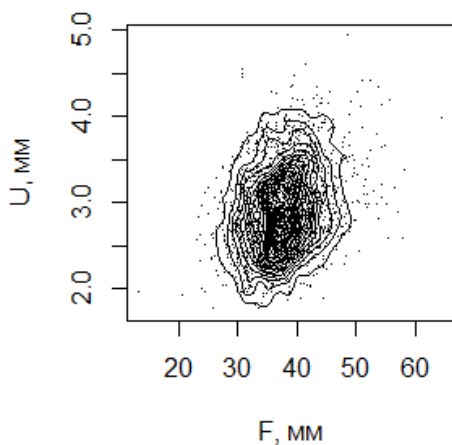


Рис. 3

На основе данных, приведенных на рис. 3, был проведен регрессионный анализ и построена статистически значимая линейная регрессионная модель:

$$U_F = 1,88 + 0,027\bar{F}. \quad (18)$$

Коэффициент детерминации полученной модели  $R^2=0,08$  ( $p\text{-value} < 2,2e^{-16}$ ). Таким образом, значения расширенной неопределенности и гибкости имеют положительную статистически значимую взаимосвязь, и при увеличении среднего значения гибкости на 1 мм значение расширенной неопределенности в среднем увеличивается на 0,027 мм. При этом только 8% изменения значения расширенной неопределенности объясняется изменением среднего значения разрывной нагрузки.

## ВЫВОДЫ

1. В работе предложены методики расчета расширенной неопределенности при испытаниях разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна, проводимых согласно отраслевым стандартам, действующим на территории Российской Федерации и Республики Беларусь [1], [2].

2. По предложенным методикам рассчитаны оценки значений расширенной неопределенности при определении среднего значения разрывной нагрузки и гибкости белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2015 гг.

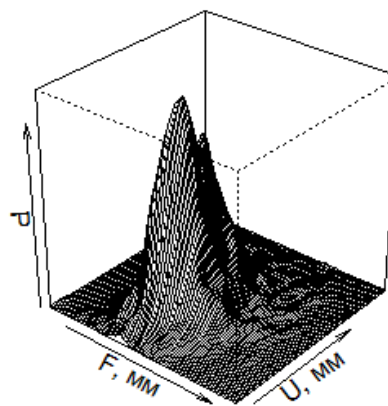


Рис. 4

3. Установлен вид статистической взаимосвязи между средними значениями разрывной нагрузки, гибкости и расширенной неопределенностью при их измерении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 1195–2008. Волокно льняное трепаное длинное. Введ. 2008-04-30. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2008.
2. ГОСТ 10330–76. Лен трепаный. Введ. 1989-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
3. СТБ ИСО/МЭК 17025–2007. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Взамен СТБ ИСО/МЭК 17025-2001.- Введ. 2007 – 08 -01. – Минск: Госстандарт, 2007.
4. Руководство по выражению неопределенности измерения. — СПб.: Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева, 1999.
5. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Оценка прядельной способности длинного трепаного льноволокна // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2015, № 28. С. 61...70.
6. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 27. С. 31...37.
7. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Исследование цветовых характеристик льноволокна в процессе чесания // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2015, № 29. С. 31...42.
8. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Построение информационной системы для контроля качества длинного трепаного льноволокна в производственных условиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №1. С. 51...54.
9. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Производственный контроль качества длинного трепаного льноволокна // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2015, № 2. С. 59...62.

10. Дягилев А.С., Коган А.Г. Методы и средства исследований технологических процессов: учебное пособие для студентов вузов по специальности "Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов" // Витебский гос. технолог. ун-т. – Витебск: ВГТУ, 2012.

11. Дягилев А.С., Коган А.Г. Исследование и моделирование физико-механических свойств волокон кotonизированного льна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С. 37...41.

12. R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

13. Silverman B.W. (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman & Hall/CRC. P. 7...11.

#### REFERENCES

1. STB 1195–2008. Volokno l'njanoe trepanoe dlinnoe. Vved. 2008-04-30. – Minsk: Gosstandart Respubliki Belarus, 2008.

2. GOST 10330–76. Len trepanyj. Vved. 1989-01-01. – M.: Izd-vo standartov, 1989.

3. STB ISO/MJeK 17025–2007. Obshhie trebovanija k kompetentnosti ispytatel'nyh i kalibrovochnyh laboratorij. – Vzamen STB ISO/MJeK 17025-2001.- Vved. 2007 – 08 -01. – Minsk: Gosstandart, 2007.

4. Rukovodstvo po vyrazheniju neopredelennosti izmerenija. — SPb.: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut metrologii im. D.I. Mendeleeva, 1999.

5. Djagilev A.S., Bizjuk A.N., Kogan A.G. Ocenka prjadil'noj sposobnosti dlinnogo trepanogo l'novolokna // Vestnik Vitebskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2015, № 28. S. 61...70.

6. Djagilev A.S., Bizjuk A.N., Kogan A.G. Issledovanie kachestvennyh harakteristik belorusskogo dlinnogo trepanogo l'novolokna urozhaja 2013 goda // Vestnik Vitebskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, № 27. S. 31...37.

7. Djagilev A.S., Bizjuk A.N., Kogan A.G. Issledovanie cvetovyh harakteristik l'novolokna v processe chesaniya // Vestnik Vitebskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2015, № 29. S. 31...42.

8. Djagilev A.S., Bizjuk A.N., Kogan A.G. Postroenie informacionnoj sistemy dlja kontrolja kachestva dlinnogo trepanogo l'novolokna v proizvodstvennyh uslovijah // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №1. S. 51...54.

9. Djagilev A.S., Bizjuk A.N., Kogan A.G. Proizvodstvennyj kontrol' kachestva dlinnogo trepanogo l'novolokna // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 59...62.

10. Djagilev A.S., Kogan A.G. Metody i sredstva issledovaniy tehnologicheskikh processov: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov po special'nosti "Tehnologija prjazhi, tkaney, trikotazha i netkanyh materialov" // Vitebskij gos. tehnolog. un-t. – Vitebsk: VGTU, 2012.

11. Djagilev A.S., Kogan A.G. Issledovanie i modelirovanie fiziko-mehaničeskikh svojstv volokon kotonizirovannogo l'na // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 37...41.

12. R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

13. Silverman B.W. (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman & Hall/CRC. P. 7...11.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных материалов ВГТУ. Поступила 23.06.16.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЛЬНОТРЕСТЫ В МАШИНЕ СКП1-10ЛУ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НЕРОВНОТЫ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ ПО ТОЛЩИНЕ И ШИРИНЕ

### MODELING THE DRYING PROCESS OF FLAX STOCK WITH IRREGULAR THICKNESS AND WIDTH OF THE LAYER ON SKP1-10LU DRYING MACHINE

*Н.В. КИСЕЛЕВ, Е.Л. ПАШИН, А.И. ШАЛАНИНА*  
N.V. KISELEV, E.L. PASHIN, A.I. SHALANINA

(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: kstu-tplv@yandex.ru

*На основе анализа компьютерной модели дана количественная оценка неравномерности сушки и затрат тепла при сушке слоя льняной тресты с вариацией по толщине и ширине.*

*On the basis of the analysis of computer model the quantitative assessment of drying nonuniformity and heat consumption in the drying process of flax stock layer with a variation of thickness and width is given.*

**Ключевые слова:** льняная треста, неоднородный слой, неравномерность сушки.

**Keywords:** flax stock, the nonuniform layer, nonuniformity of drying.

Практика применения машин для сушки слоя стеблей льна, формирующегося при механизированной технологии уборки, поставляемого на льнозавод в виде рулонов, а также их анализ выявили высокие затраты тепла и неравномерность сушки [1]. Указанные недостатки определяются вариацией свойств структуры слоя [2], [3].

Исследования, проведенные на Шолоховском льнозаводе Костромской области в период 2011–2014 гг., показали, что в сушильную машину поступает слой с повышенной вариацией ( $C_v > 100\%$ ) его толщины и длины стеблей. Типичный характер изменения указанных параметров слоя, получаемого при размотке рулона перед подачей его в сушильную машину, представлен на рис. 1.

При таком варьировании свойств сырья происходит неполное перекрытие слоев поверхности сетчатого транспортера сушильной машины, которое колеблется в

пределах 40...90%. В этих условиях теплоноситель устремляется в свободные от стеблей участки транспортера, что снижает эффективность сушки и приводит к нерациональному использованию тепла. Этому способствует также варьирование толщины слоя, так как она определяет скорость теплоносителя в нем.

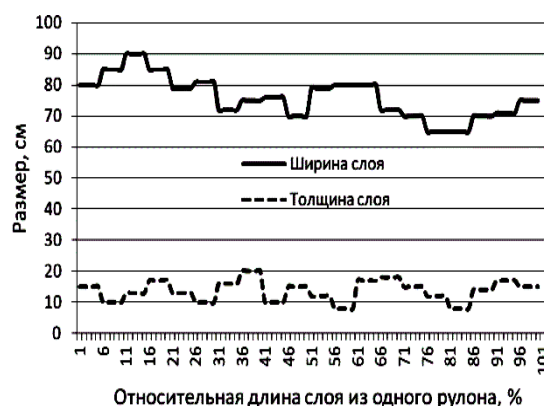


Рис. 1

Исследование компьютерных моделей процесса сушки льняной тресты [4...7] ранее выполнялось применительно к перспективным схемам с преимущественно продольной продувкой слоя.

Моделирование процесса сушки льняной тресты при схеме с поперечной продувкой слоя, реализованной на машине СКП-1-10ЛУ, показало, что повышение степени рециркуляции и температуры сушки не позволяют компенсировать отрицательного влияния вариации параметров слоя на удельные затраты тепла [8]. Однако использованная в [8] модель плоского сечения слоя не позволила оценить влияния вариации его параметров на неравномерность сушки, что вызвало необходимость развития модельного эксперимента в условиях движущегося слоя. Разработанная компьютерная модель (рис. 2

– геометрическая модель и граничные условия модели СКП-1-10ЛУ: 1...4 – секции с подачей воздуха сверху; 5...6 – секции с подачей воздуха снизу; 7...12 – входные сечения секций (IN1...IN6, тип Inlet); 13...18 – выходные сечения секций (OUT1...OUT6, тип Outlet); 19 – кожух; 20 – слой тресты) учитывала сбежистость стеблей, плотность слоя считалась постоянной –  $45 \text{ кг/м}^3$ , проницаемость определялась согласно данным [9]. Скорость движения транспортера составляла  $3,9 \text{ м/мин}$ , средняя скорость воздуха на входе в камеру  $1,7 \text{ м/с}$  [5], температура сушки  $90 \text{ град}$ , степень рециркуляции 1, начальная влажность слоя 25%, изменение параметров структуры слоя соответствовало значениям, представленным на рис. 1.

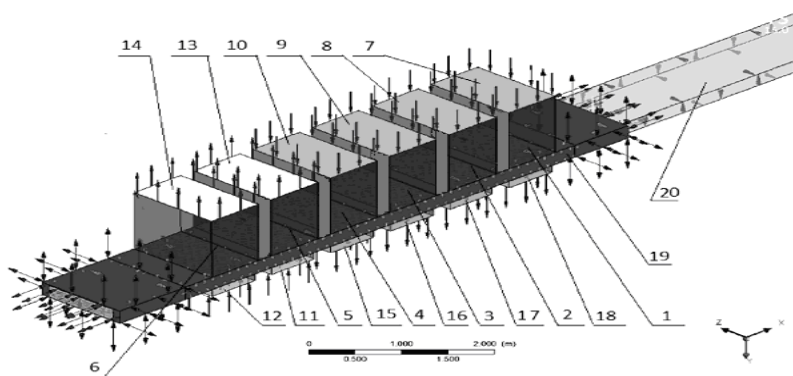


Рис. 2

В результате расчета получена зависимость средней влажности стеблей после сушки от толщины и полуширины слоя (рис. 3), анализ которой свидетельствует о значительном влиянии указанных параметров слоя на варьирование влажности стеблей после сушки. С учетом этого созданная

модель обеспечила прогнозирование результатов сушки. На рис. 4 представлены результаты изменения влажности по длине слоя на выходе из сушильной машины, при том что на входе в сушильную камеру стебли имели постоянную влажность 25%.

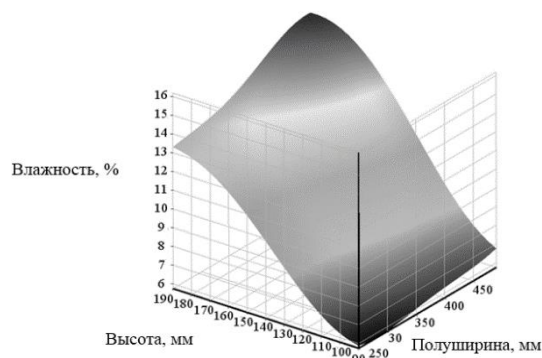


Рис. 3

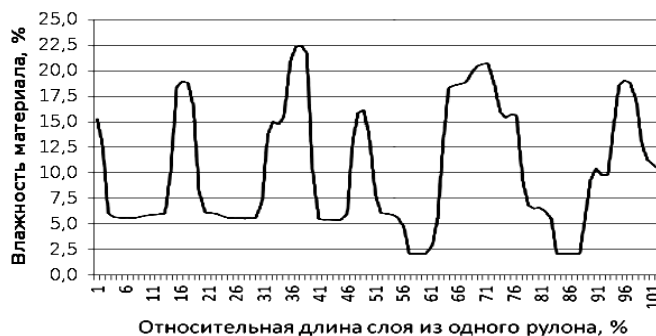


Рис. 4



Анализ полученных результатов подтвердил высказанные предположения о существенном влиянии изменчивости ширины и толщины слоя тресты, поступающего в сушильную машину при одинаковой начальной влажности на уровень ее варьирования после сушки. В вычислительном эксперименте коэффициент корреляции между толщиной слоя и остаточной влажностью составил 0,955. Схема сушки, используемая в машине СКП-1-10ЛУ, в условиях горизонтального расположения стеблей обеспечивает недопустимо высокую неравномерность сушки при неоднородном по ширине и высоте слое. При средней влажности слоя после сушки 8% в нем остаются практически не высушенные участки с влажностью 23...24%. Такие условия, в соответствии с выводами В.П. Благовещенского, будут крайне негативно влиять на выход длинного волокна и его заостренность после переработки на мяльно-трепальном агрегате [10].

Средние удельные затраты теплоты на килограмм испаренной влаги составили 7,5 МДж/кг, однако при прохождении участков с малой толщиной этот показатель достигает 11,9 МДж/кг, что значительно превышает паспортные показатели машины СКП-1-10ЛУ.

Таким образом, совершенствование конструкции сушильной машины и разработка новых вариантов конвективной сушки льняной тресты являются актуальными задачами, которые должны решаться с учетом особенностей структуры слоя стеблей льна.

## В Ы В О Д Ы

На основе анализа разработанной компьютерной модели процесса сушки тресты по схеме машины СКП-1-10ЛУ установлено, что при вариации ширины слоя в интервале 0,65...0,90 м и толщины в интервале 0,08...0,2 м при средней влажности слоя на выходе из сушильных секций на уровне 8% в нем остаются практически не высушенные по всей ширине слоя участки с влажностью 23...24%, что отрицательно скажется на результатах механической обработки.

1. *Иванов Е.Э., Пашин Е.Л., Киселев Н.В.* Исследование причин низкой эффективности сушильных машин для стланцевой льнотресты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2014-10-14.pdf>.

2. *Пашин Е.Л.* Агропроизводство и технологическое качество льна. – Кострома: ВНИИ по перераб. лубяных культур, 2004.

3. *Пашин Е.Л., Иванов Е.Э., Киселев Н.В.* Исследование параметров слоя, влияющих на эффективность сушки льняной тресты // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, №1(28). С. 8...11.

4. *Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л.* Компьютерная модель сушки слоя льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.119...123.

5. *Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л.* Сравнительная оценка способов подачи воздуха в слой льняной тресты при конвективной сушке // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2010, №1(23). С. 8...10.

6. *Киселев Н.В., Пашин Е.Л., Иванов Е.Э.* Моделирование процесса сушки движущегося и варьированного по ширине слоя льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С. 43...46.

7. *Носов А.Г., Щербаков Д.С.* О повышении эффективности процесса сушки льняной тресты на машине СЛР-3М2 // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С.28...32.

8. *Шаланина А.И., Киселев Н.В.* Моделирование процесса сушки льняной тресты на конвейерных сушильных машинах с учетом вариации ширины слоя [Электронный ресурс] // Научный вестник КГТУ. – 2016. – №1. Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2016-1-7.pdf>

9. *Васильев Ю.В.* Совершенствование технологии и оборудования для сушки стланцевой льняной тресты: Дис....канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2013.

10. *Благовещенский В.П.* Технологическое значение влажности льняной тресты: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 1962.

## REFERENCES

1. *Ivanov E.Je., Pashin E.L., Kiselev N.V.* Issledovanie prichin nizkoj jeffektivnosti sushil'nyh mashin dlja stlancevoj l'notresty [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2014-10-14.pdf>.

2. *Pashin E.L.* Agroprouzvodstvo i tehnologicheskoe kachestvo l'na. – Kostroma: VNIИ po pererab. lubjanyh kul'tur, 2004.

3. *Pashin E.L., Ivanov E.Je., Kiselev N.V.* Issledovanie parametrov sloja, vlijajushhih na jeffektivnost' sushki l'njanoy tresty // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012, №1(28). S. 8...11.

4. Vasil'ev Ju.V., Kiselev N.V., Pashin E.L. Komp'juternaja model' sushki sloja l'njanoy tresty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. –2011, №3. S.119...123.

5. Vasil'ev Ju.V., Kiselev N.V., Pashin E.L. Sravnitel'naja ocenka sposobov podachi vozduha v sloj l'njanoy tresty pri konvektivnoj sushke // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2010, №1(23). S.8...10.

6. Kiselev N.V., Pashin E.L., Ivanov E.Je. Modelirovanie processa sushki dvizhushhegosja i var'iruemogo po shirine sloja l'njanoy tresty // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S.43...46.

7. Nosov A.G., Shherbakov D.S. O povyshenii jeffektivnosti processa sushki l'njanoy tresty na mashine SLR-3M2 // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 5. S.28...32.

8. Shalanina A.I., Kiselev N.V. Modelirovanie processa sushki l'njanoy tresty na konvejnyh sushil'nyh mashinah s uchedom variacii shiriny sloja [Elektronnyj resurs] // Nauchnyj vestnik KGTU.–2016.–№1. Rezhim dostupa: <http://vestnik.kstu.edu.ru/Images/ArticleFile/2016-1-7.pdf>

9. Vasil'ev Ju.V. Sovershenstvovanie tehnologii i oborudovanija dlja sushki stlancevoj l'njanoy tresty: Dis...kand. tehn. nauk. – Kostroma: KGTU, 2013.

10. Blagoveshenskij V.P. Tehnologicheskoe znachenie vlazhnosti l'njanoy tresty: Dis...kand. tehn. nauk. – Kostroma, 1962.

Рекомендована кафедрой механических технологий волокнистых материалов. Поступила 30.05.16.

УДК 677.021.256

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ

## EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE MASS DISTRIBUTION FLAX STALKS LAYER DURING SCUTCHING

*Н.И. КОВАЛЕНКО, С.Н. РАЗИН*  
*N.I. KOVALENKO, S.N. RAZIN*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В статье приведены результаты экспериментального исследования распределения массы слоя лубяного материала в процессе трепания в зависимости от различных технологических факторов. Полученные результаты необходимы для определения сил натяжения слоя и построения технологической схемы обработки сырья.*

*The results of the experimental determination of the distribution of mass bast layer material during scutching depending on the different technological factors. The results obtained are needed to more accurately determine the tension forces and build a layer of raw material processing flowsheet.*

**Ключевые слова:** масса, слой, количество воздействий, сила натяжения.

**Keywords:** mass, layer, number of influences, tension force.

Для оценки надежности фиксации слоя в зажимном механизме трепальных машин

разных моделей необходимо знать соотношение между силами трения слоя о поверх-

ности ремней зажимного механизма и силами натяжения, возникающими в слое от ударных воздействий бил трепальных барабанов. Вопросами изучения сил трения слоя о поверхности ремней и сил натяжения занимались многие ученые [1...16].

Обрабатываемый в трепальной машине слой состоит из прядей, зажатых в транспортирующих ремнях. Распределение массы по длине каждой из прядей определяется ее линейной плотностью, которая равна массе единицы длины пряди шириной 1 см.

В работах по исследованию процессов трепания линейная плотность слоя принималась величиной постоянной. В действительности линейная плотность пряди, подвергаемой трепанию, изменяется от некоторой величины в точке зажима до нуля. По мере продвижения прядей вдоль секций трепальной машины происходит процесс удаления из них костры и различных примесей. Поэтому свойства обрабатываемого материала и линейная плотность изменяются. Таким образом, распределение массы пряди по ее длине и ширине не является величиной постоянной.

Распределение массы по длине и ширине обрабатываемого слоя влияет на силы натяжения, возникающие в слое от действия бил трепальных барабанов. Поэтому силы натяжения, возникающие в слое, по мере его продвижения в процессе обработки изменяются по длине каждой из секций машины. В связи с этим задача по определению закона распределения массы прядей в процессе трепания необходима для проведения исследований изменения сил натяжения в процессе трепания.

Поставленная задача решалась экспериментально в лаборатории КГУ на стенде трепальной машины. Определение распределения массы проводили как по длине, так и по ширине слоя в отдельности для каждой из секций трепальной машины. В дальнейшем под шириной слоя  $L$  будем понимать длину секции трепальной машины, под длиной слоя  $l$  будем понимать длину свисающей части пряди от точки зажима (рис. 1).

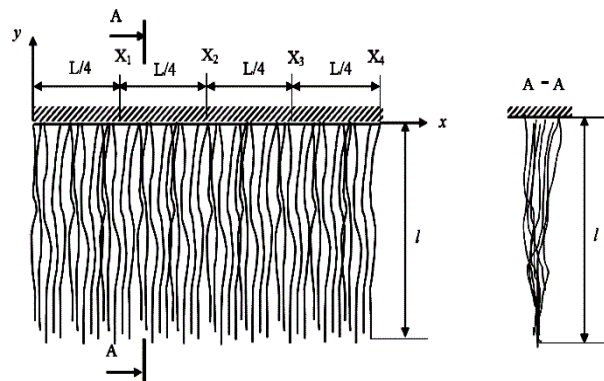


Рис. 1

Для проведения эксперимента использовали стланцевую тресту нормальной вылежки урожая 2015 года, полученную на Шолоховском льнозаводе. Длина стеблей равнялась в среднем 80 см. Из тресты готовили образцы массой 25 г. Из каждого образца формировали одностебельный слой шириной 100 мм, который был промят в мяльной машине с типовым набором вальцов. До и после промина образцы взвешивали на электронных весах.

Для проведения эксперимента по определению распределения массы прядей по длине и ширине слоя разработана специальная методика. Согласно этой методике выбирали определенные координаты сечений транспортирующего ремня вдоль секций трепальной машины (рис. 1). Координата первого сечения соответствует сечению зажима, расположенного на входе в первую секцию трепальной машины. Координата второго сечения соответствует  $1/4$  длины первой секции трепальной машины. Координата третьего сечения зажима соответствует  $1/2$  длины первой секции трепальной машины. Координата четвертого сечения зажима –  $3/4$  длины, а координата пятого сечения соответствует полной длине первой секции машины. Аналогично для измерения распределения массы выбирались координаты сечений зажима второй секции машины. Далее осуществляли выбор технологических параметров обработки прядей на экспериментальном стенде.

В процессе обработки на трепальной машине пряди сырца получают определенное количество воздействий. Общее количество воздействий  $K$ , получаемых прядью

при прохождении одной секции трепальной машины, определяется следующей зависимостью:

$$K = \frac{k_1 k_2 L n}{V_{\text{тр}}}$$

где  $k_1$  – количество бил трепального барабана трепальной машины;  $k_2$  – количество барабанов трепальной машины;  $L$  – длина секции трепальной машины, м;  $n$  – частота вращения барабанов трепальной машины, об/мин;  $V_{\text{тр}}$  – скорость движения транспортера трепальной машины, м/мин.

Количество воздействий  $K$ , получаемых прядью, зажатой в любом из сечений вдоль каждой секции трепальной машины, можно определить зависимостью:

$$K = \frac{k_1 k_2 X n}{V_{\text{тр}}}$$

где  $X$  – координата исследуемого сечения зажима вдоль секций машины, м.

Количество воздействий, которое получит прядья при ее обработке на экспериментальном стенде (модели трепальной машины), определяется зависимостью:

$$K_m = \frac{k_1^m k_2^m L_m n_m}{V_{\text{тр}}^m}$$

где  $K_m$  – количество воздействий, полученных прядью при ее обработке на модели;  $k_1^m$  – количество бил трепального барабана модели;  $k_2^m$  – количество барабанов модели;  $L_m$  – длина участка трепальной секции модели, на котором проводится исследование, м;  $n_m$  – частота вращения барабанов модели машины, об/мин;  $V_{\text{тр}}^m$  – скорость движения транспортера модели, м/мин.

Поскольку количество воздействий, получаемых прядью со стороны трепальных

барабанов трепальной машины  $K$ , должно равняться количеству аналогичных воздействий экспериментального стенда (модели трепальной машины)  $K_m$ , то приравнивая их

$$\frac{k_1 k_2 X n}{V_{\text{тр}}} = \frac{k_1^m k_2^m L_m n_m}{V_{\text{тр}}^m}$$

и учитывая, что  $k_1 = k_1^m$  и  $k_2 = k_2^m$ , получим зависимость для определения скорости движения транспортера модели:

$$V_{\text{тр}} = \frac{L_m}{X} V. \quad (1)$$

Частоту вращения барабана модели и частоту вращения барабана трепальной машины принимали одинаковыми:  $n = n_m$ .

Скорость движения транспортера экспериментального стенда  $V_{\text{тр}}^m$  рассчитывали по формуле (1) для различных технологических параметров процесса трепания. Скорость транспортера  $V_{\text{тр}}$  трепальной машины изменялась в диапазоне от 40 до 100 м/мин с интервалом 20 м/мин. Длина секции модели трепальной машины составляла  $L=1,9$  м. Координаты исследуемых сечений зажима пряди вдоль первой секции трепальной машины принимали равными:  $X_0=0$ ;  $X_1=1/4 L$ ;  $X_2=1/2L$ ;  $X_3=3/4L$ ;  $X_4=L$ , где  $L=3$  м. Частота вращения барабана модели и частота вращения барабана трепальной машины выбирались равными и составляли 150, 250 и 350 об/мин.

В табл. 1 представлены результаты расчета скорости движения транспортера модели, соответствующей скорости транспортера трепальной машины в интервале от 40 до 100 м/мин при прохождении им участка пути от входа в трепальную секцию до выбранных сечений зажима прядей.

Т а б л и ц а 1

Скорость транспортера трепальной машины, м/мин	Скорости движения транспортера модели, м/мин			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
40	101,3	50,7	33,7	25,3
60	152	76	50,7	38
80	202,6	101,3	67,5	50,7

Для проведения измерений распределения массы по ширине и длине слоя в выбранных сечениях предварительно подготовленные образцы сырца были разделены на несколько партий. Первую партию образцов не подвергали обработке, и ее свойства соответствуют свойствам материала на входе в первую трепальную секцию машины. Остальные партии образцов получали количество воздействий, которое соответствует количеству воздействий, получаемых прядью при прохождении ею длины участка секции, соответствующего ранее выбранным координатам сечений зажима.

В ходе эксперимента для измерения распределения массы по ширине и длине слоя в первой трепальной секции образцы закрепляли в специальном приспособлении экспериментального станка за вершинную часть пряжи, а комлевая часть обрабатывалась. Для получения закономерностей изменения распределения массы по ширине и длине слоя второй трепальной секции машины образцы закрепляли за вершинную часть пряжи и сначала пропускали на всю

длину секции экспериментального станка. Образцы прядей получали количество воздействий, соответствующее количеству воздействий при прохождении ими всей длины первой трепальной секции. Затем образцы переворачивали и закрепляли за обработанную комлевую часть. Обработке подвергалась вершинная ее часть. Каждый из образцов получал такое количество воздействий, которое он получает при прохождении им участка секции, соответствующего ранее выбранным координатам сечений зажима. После обработки на экспериментальном станке образцы взвешивали на электронных весах. Процесс трепания слоя на экспериментальном станке соответствовал процессу трепания на реальной машине. Трепание осуществлялось двумя барабанами, имеющими конусную часть и снабженными винтовыми бильными планками.

Полученные результаты измерений позволили получить аналитические зависимости, определяющие закономерности изменения массы в любом сечении как по длине, так и по ширине слоя.

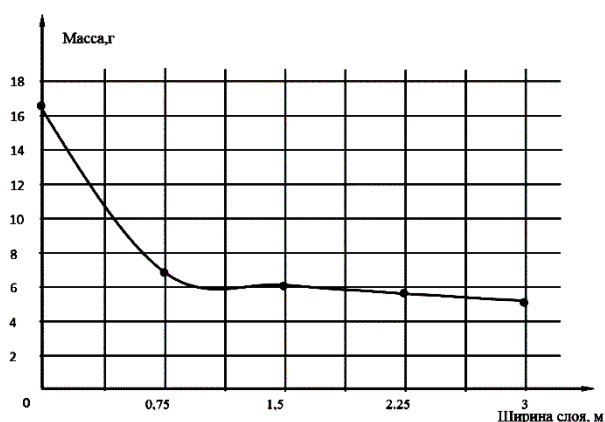


Рис. 2

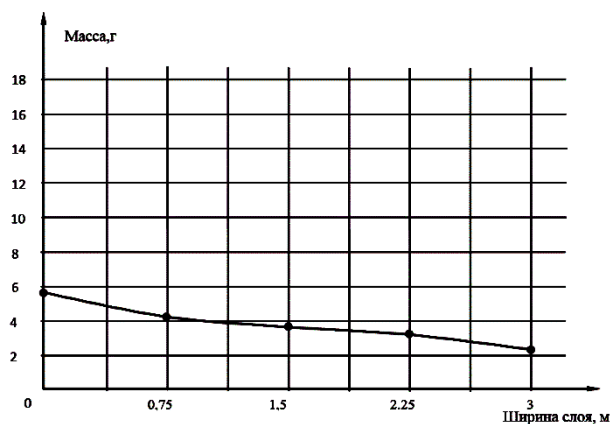


Рис. 3

На рис. 2 и 3 представлены закономерности изменения распределения массы прядей по ширине слоя соответственно для первой и второй секций машины, полученные при скорости транспортера 40 м/мин и

частоте вращения трепальных барабанов 150 об/мин. Аппроксимирующие функции данных зависимостей имеют следующий вид:

$$Y = 1,0153x^4 - 7,8677x^3 + 21,57x^2 - 24,519x + 16,25$$

и

$$Y = 0,0487x^4 - 0,4484x^3 + 1,3859x^2 - 2,4078x + 5,46.$$

Для определения распределения массы по длине слоя (пряжи) партии образцов разрезали на отрезки по 15 см каждый, начиная от точки зажима. Каждый из отрезков взвешивали на электронных весах. По результатам опыта осуществляли построение графиков распределения массы по длине слоя для выбранных точек зажима по длине каждой из трепальных секций машины.

На рис.4 представлены результаты экспериментального исследования распределения массы пряжи по ее длине, соответствующей координате  $X_1 = 1/4 L$  первой секции машины, полученные при скорости транспортера 40 м/мин и частоте вращения трепальных барабанов 150 об/мин.



Рис. 4

Аппроксимирующая функция, описывающая закон распределения массы пряжи по ее длине, имеет вид:

$$Y=0,00001x^3-0,0017x^2-0,0398x+0,8046.$$

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика экспериментального исследования распределения массы пряжей по длине и ширине слоя в процессе трепания.

2. Получены математические модели, описывающие распределение массы пряжей по ее длине и изменение этого распределения в процессе трепания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Н.И. Совершенствование транспортирующего механизма трепальной машины. Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2005.
2. Разин С.Н., Гришин А.Г., Коваленко Н.И. Про-

верка формулы Эйлера при исследовании взаимодействия гибкой нити с шероховатым цилиндром // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №4С.

3. Коваленко Н.И. Анализ конструктивных решений транспортирующих ремней трепальных машин на основе их компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С.

4. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Компьютерное моделирование процесса взаимодействия гибкой нити с шероховатой поверхностью. – Деп. в ВИНТИ, №432-В2008. – М., 2008.

5. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Балабаев П.С., Соколов А.В. Экспериментальное определение жесткости транспортирующих ремней трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С.

6. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния моделей транспортирующих ремней трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5.

7. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Моделирование взаимодействия элементов транспортирующего механизма трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5.

8. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Бузов М.С., Коржеев В.Н. Компьютерное моделирование транспортирующих ремней зажимного механизма трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4.

9. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Бузов М.С. Математическое моделирование зажима слоя в транспортирующих ремнях трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5.

10. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Бузов М.С. Имитационное моделирование слоя стеблей льна при его обработке в трепальной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6.

11. Разин С.Н., Коваленко Н.И., Бузов М.С. Моделирование процесса взаимодействия слоя льна с рабочими органами трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1.

12. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Влияние расстояния между нажимными роликами на силу зажима слоя в ремнях трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2.

13. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния транспортирующих ремней трепальной машины поляризационно-оптическим методом // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3.

14. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Исследование влияния диаметра нажимных роликов на силу зажима слоя в ремнях трепальной машины

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5.

15. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Влияние конструктивного исполнения трепальных машин на условия работы зажимного механизма // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5.

16. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Математическое моделирование взаимодействия гибкой нити, моделирующей пряжу с цилиндрической поверхностью при наличии внешней распределенной нагрузки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6.

#### REFERENCES

1. Kovalenko N.I. Sovershenstvovanie transportirujushhego mehanizma trepal'noj mashiny: Dis....kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2005.

2. Razin S.N., Grishin A.G., Kovalenko N.I. Proverka formuly Jejlera pri issledovanii vzaimodejstvija gibkoj niti s sherohovatym cilindrom // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, №4S.

3. Kovalenko N.I. Analiz konstruktivnyh reshenij transportirujushhih remnej trepal'nyh mashin na osnove ih komp'yuternogo modelirovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №6S.

4. Kovalenko N.I., Razin S.N. Komp'yuternoe modelirovanie processa vzaimodejstvija gibkoj niti s sherohovatoj poverhnost'ju. – Dep. v VINITI, №432-V2008. – M., 2008.

5. Kovalenko N.I., Razin S.N., Balabaev P.S., Sokolov A.V. Jeksperimental'noe opredelenie zhestkosti transportirujushhih remnej trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №4S.

6. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija modelej transportirujushhih remnej trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №5.

7. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Modelirovanie vzaimodejstvija jelementov transportirujushhego mehanizma trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5.

8. Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S., Korzhhev V.N. Komp'yuternoe modelirovanie transportirujushhih remnej zazhimnogo mehanizma trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4.

9. Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S. Matematicheskoe modelirovanie zazhima sloja v transportirujushhih remnjah trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5.

10. Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S. Imitacionnoe modelirovanie sloja steblej l'na pri ego obrabotke v trepal'noj mashine // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6.

11. Razin S.N., Kovalenko N.I., Burov M.S. Modelirovanie processa vzaimodejstvija sloja l'na s rabochimi organami trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1.

12. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Vlijanie rasstojanija mezhdru nazhimnymi rolkami na silu zazhima sloja v remnjah trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2.

13. Kovalenko N.I., Razin S.N. Modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija transportirujushhih remnej trepal'noj mashiny poljarizacionno-opticheskim metodom // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3.

14. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Issledovanie vlijanija diametra nazhimnyh rolkov na silu zazhima sloja v remnjah trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №5.

15. Kovalenko N.I., Razin S.N. Vlijanie konstruktivnogo ispolnenija trepal'nyh mashin na uslovija raboty zazhimnogo mehanizma // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5.

16. Kovalenko N.I., Razin S.N. Matematicheskoe modelirovanie vzaimodejstvija gibkoj niti, modelirujushhej prjad' s cilindricheskoj poverhnost'ju pri nalichii vneshnej raspredelennoj nagruzki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №6.

Рекомендована кафедрой информационной безопасности. Поступила 28.03.16.

**РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ  
ОДНОТИПНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

**DEVELOPMENT OF CRITERION  
FOR EVALUATION OF PROCESS' EFFICIENCY  
OF THE SIMILAR FIBROUS MATERIAL'S RECEIPT**

*Н.М. ФЕДОСОВА*  
*N.M. FEDOSOVA*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: fedosovanm@mail.ru

*В статье показана необходимость оценки эффективности процесса получения однотипного волокнистого материала. Предложен критерий эффективности процесса, который учитывает извлечение волокна из стеблей и содержание костры в нем.*

*The article shows the necessity of assessing the effectiveness of the process of obtaining the similar fibrous material. The offered criterion of the process' efficiency takes into account the extraction of fiber from the stems and shive's content.*

**Ключевые слова:** льняной стебель, процесс, однотипное волокно, оценка, эффективность, костра.

**Keywords:** flax stalk, process, similar fiber, evaluation, effectiveness, shives.

В последнее время предложено множество решений реализации технологии получения однотипного волокнистого материала (ОВМ) из стеблей лубяных культур [1...9]. Это могут быть и крупногабаритные поточные линии, установленные стационарно, и простые устройства, состоящие из двух-трех узлов, в том числе и перемещающиеся по полю. В любом случае, суть технологии заключается в выделении всего волокна, содержащегося в стеблях лубяных растений, в виде одной, чаще всего неориентированной, массы с минимальным содержанием костры.

Для получения продукции, конкурентоспособной с точки зрения издержек, важно адекватно оценивать эффективность применяемых технологических решений и определять направления дальнейшего совершенствования процесса переработки [10...17]. В традиционной технологии пере-

работки льна с получением длинного и короткого волокна основными качественными показателями, контролируемыми в процессе работы, являются выход и номер длинного волокна. При комплексной оценке итогов переработки тресты также учитывают выход и качество короткого волокна с подсчетом количества процентомеров волокна каждого вида.

В отношении технологии получения ОВМ с комплексной оценкой эффективности переработки возникает ряд проблем. Одной из них является необходимость учета степени его извлечения из исходного сырья, который позволит дифференцированно подходить к проблеме компоновки технологических линий и выбору рациональных режимов переработки в зависимости от качества лубяных стеблей.

Поскольку при получении однотипного волокна льняное сырье (стебли или солома)



в итоге разделяются на два потока – волокно и костра, то в процессе переработки их смесь (костроволокнистую массу) можно рассматривать как бинарную. Основной целью операций, составляющих этот процесс, является максимальное извлечение волокна, содержащегося в стеблях, в чистом виде, в идеале – с нулевым содержанием костры. По существу процесс представляет собой разрушение структуры стеблей (образование костроволокнистой массы) и разделение бинарной смеси на чистый ОВМ и костру. Вероятно, для него характерны закономерности, имеющие место при анализе процессов разделения, широко распространенных в других отраслях промышленности, например, при грохочении, гравитационной классификации, флотации, сепарации и т.п.

Оценка эффективности процессов разделения осуществляется с применением большого числа методов и критериев, описанных в специальной литературе [18]. Поскольку более ценным продуктом является ОВМ, определим эффективность процесса

по волокну  $E_{ОВМ}$ . В данном случае размерность используемых параметров выразим в долях единицы от общего количества исходного сырья – лубяных стеблей. Примем следующие обозначения:  $V$  – количество волокна, содержащегося в исходном сырье;  $K$  – количество древесины в исходном сырье (при разрушении она превращается в свободную и связанную костру);  $V_{ОВМ}$  – количество чистого волокна в ОВМ (на выходе из машины);  $K_{ОВМ}$  – количество костры, оставшейся в ОВМ (на выходе из машины) (по существу это связанная (присушистая) костра);  $V_{отх}$  – количество чистого волокна, попавшего в отходы (в основном это короткие волокна пуховой группы);  $K_{отх}$  – количество костры, выпавшей в отходы при разделении костроволокнистой массы (по существу это свободная (насыпная) костра). Места образования указанных продуктов показаны на рис. 1 (обобщенная схема технологического процесса получения ОВМ с указанием продуктов по переходам).

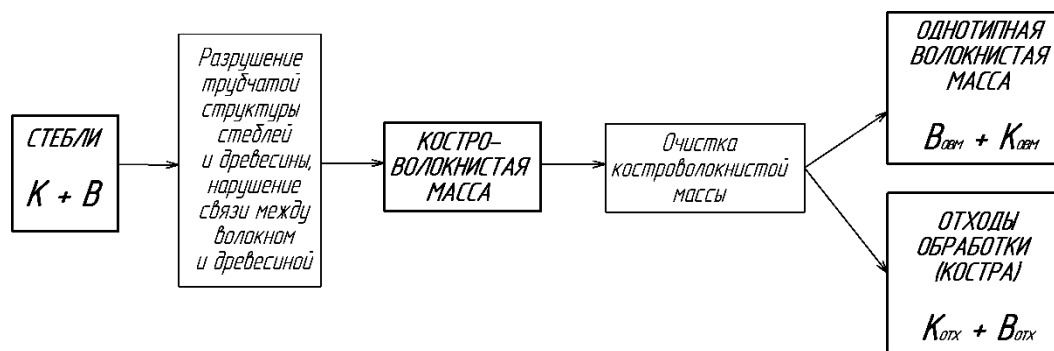


Рис. 1

Имеют место следующие равенства:

$$\begin{aligned} V_{ОВМ} + V_{отх} &= V, \\ K_{ОВМ} + K_{отх} &= K, \\ V + K &= 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Как правило, "...под извлечением понимается количество выделенного в результате классификации продукта заданной крупности по отношению к количеству этого же продукта в исходном материале" [18].

Величина извлечения волокна  $I_V$  составит:

$$I_V = \frac{V_{ОВМ}}{V}. \quad (2)$$

В то же время процессы разделения протекают неидеально, поэтому чаще всего "...каждый из продуктов разделения загрязняется другим продуктом" [18]. Так, в готовом ОВМ (на выходе из машины) практически всегда присутствует костра (обычно связанная, присушистая), а в процессе

очистки костроволокнистого полуфабриката вместе с насыпной кострой в отходы попадают короткие, пуховые волокна (обычно длиной 0...25 мм). Извлечение костры в волокно (загрязнение волокна)  $I_K$  определяется как

$$I_K = \frac{K_{ОВМ}}{K} = \frac{K_{ОВМ}}{1-B}. \quad (3)$$

Полное представление о характере классификации продуктов дает совместный учет величины извлечения ценного продукта и степени его загрязнения (извлечения отхода в ценный продукт), поэтому эффективность процесса разделения костроволокнистой смеси  $\mathcal{E}$  можно выразить следующим образом:

$$\mathcal{E} = I_B - I_K,$$

или

$$\mathcal{E} = \frac{B_{ОВМ}}{B} - \frac{K_{ОВМ}}{1-B}. \quad (4)$$

Процесс разделения будет тем эффективнее, чем больше волокна удастся извлечь из стеблей и чем меньше будет в нем содержание костры. В идеальном случае величина эффективности  $\mathcal{E}$  должна стремиться к 1.

Рассмотрим применение критерия эффективности на конкретном примере. В [19] приведены результаты переработки партии стеблей масличного льна в ОВМ. В частности, в результате переработки 367 кг льносырья с содержанием волокна 34% получено 79 кг волокна с массовой долей костры в нем 34%. Была осуществлена повторная переработка полученного волокна на том же оборудовании, в результате которой получили 40 кг волокна с массовой долей костры 29,5%.

Для первого пропуска:  $B+K=1$  (367 кг);  $B=0,34$ ;  $B_{ОВМ} + K_{ОВМ} = 0,215$ ;  $B_{ОВМ} = 0,142$ ;  $K_{ОВМ} = 0,073$ .

Эффективность первого пропуска составила  $\mathcal{E} = 0,307$ .

Второй пропуск волокна:  $B+K = 1$  (79 кг);  $B = 0,66$ ;  $B_{ОВМ} + K_{ОВМ} = 0,506$ ;  $B_{ОВМ} = 0,357$ ;  $K_{ОВМ} = 0,149$ .

Эффективность второго пропуска составила  $\mathcal{E} = 0,103$ . В результате второго пропуска материала на выбранной цепочке технологического оборудования часть волокна разрушилась и выпала с небольшой частью костры в отходы. Повторную обработку в данном случае следует считать нецелесообразной.

## ВЫВОДЫ

1. Показана необходимость разработки критерия оценки эффективности процесса получения однотипного волокна.

2. Предложен критерий эффективности процесса разделения костроволокнистой смеси, учитывающий степень извлечения волокна из исходного сырья, а также наличие в нем костры.

3. Приведены результаты оценки эффективности переработки партии масличного льна в однотипный волокнистый материал.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Apparatus and process for defibration of bast fiber plants : Canadian patent application CA 2496298 / Butenuth Guenter; HAV NAFITECH GMBH. – 26.02.2006.
2. Apparatus for decortications plant material: United States Patent 5,906,030 / Philip J. Leduc, Leslie G. Hill, David H. Kelly, Mark A. Stratton; Prairie Agricultural Machinery Institute. – May 25, 1999.
3. Pasila A. The dry-line method in bast fibre production : academic dissertation / Antti Pasila; University of Helsinki. – Helsinki: Yliopistopaino, 2004.
4. Гилязетдинов Р.Н., Короченко С.П. Перспективное направление в переработке льна: Научные достижения – льноводству // Мат. научн.-практ. конф.: Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу. – Торжок: ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии, 2010. С. 282...285.
5. Сай В.А. Удосконалення технології збирання і первинної переробки стеблової частини льону олійного: Дис. ... канд. техн. наук. – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2011.
6. Тіхосова Г.А. Теоретичні основи практичного застосування технології механічної переробки трести льону олійного // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Шляхи відродження галузей льонаства і коноплярства та підвищення ефективності їх наукового забезпечення. (Глухів, 8–10 лют. 2011 р.). М-во аграр. Політики та продовольства, НААН [та ін]. – Суми : ТОВ "ТП "Папірус", 2012. С. 190...200.
7. Пат. №2506353. Российская Федерация. Способ получения лубяного волокна и устройство для

его осуществления / Внуков В.Г., Федосова Н.М.; патентообладатель ООО "АГРОЛЕН-ИНВЕСТ". Оpubл. 10.02.2014. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru>.

8. Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Инновационные технологии и машины для переработки лубяных культур в однотипное, короткое и штапелированное волокно // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. [Электронный ресурс]. – 2015, №1. С. 12. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

9. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Внуков В.Г. Изучение технологии переработки соломы льна-межеумка в короткое волокно на отечественном оборудовании // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. [Электронный ресурс]. – 2015, №2. С. 7. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

10. Кирюхин С.М. Определение оптимального соотношения между затратами на качество и стоимостью текстильных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С. 19...22.

11. Шаломин О.А. и др. Разработка структурной схемы проектирования качества текстильных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С. 40...45.

12. Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Количественная оценка конкурентоспособного ассортимента текстильного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5. С. 5...8.

13. Маврашин А.А., Кирюхин С.М. Оценка конкурентоспособности ткани по соотношению "качество-цена" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С. 5...7.

14. Гаврилова И.М. Качество текстильных материалов как составляющая эффективности текстильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 11...15.

15. Тувин А.А., Анфимов Е.Н., Малафеев Р.М. Определение технологической результативности процесса металлочащности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5. С. 169...171.

16. Тувин А.А., Любимцев В.В., Гусев Б.Н. Определение технологической эффективности процесса металлочащности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С. 133...136.

17. Лускатова О.В., Пантюшина О.В. Оценка эффективности и конкурентоспособности элементов лубяного кластера // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4. С. 71...75.

18. Барский М.Д. Оптимизация процессов разделения зернистых материалов. – М.: Недра, 1978.

19. Безбабченко А.В. и др. Изучение технологии переработки тресты льна-межеумка после зернового комбайна в короткое волокно на отечественном оборудовании // Научный вестник Костромского государственного технологического университета [Электронный ресурс]. – 2016, №1. С. 5. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

1. Apparatus and process for defibration of bast fiber plants : Canadian patent application CA 2496298 / Butenuth Guenter; HAV NAFITECH GMBH. – 26.02.2006.

2. Apparatus for decortications plant material: United States Patent 5,906,030 / Philip J. Leduc, Leslie G. Hill, David H. Kelly, Mark A. Stratton; Prairie Agricultural Machinery Institute. – May 25, 1999.

3. Pasila A. The dry-line method in bast fibre production : academic dissertation / Antti Pasila; University of Helsinki. – Helsinki: Yliopistopaino, 2004.

4. Giljazetdinov R.N., Koropchenko S.P. Perspektivnoe napravlenie v pererabotke l'na: Nauchnye dostizhenija – l'novodstvu // Mat. nauchn.-prakt. konf.: Osnovnye rezultaty i napravlenija razvitija nauchnyh issledovanij po l'nu-dolguncu. – Torzhok: GNU VNIL Ros sel'hozakademii, 2010. S. 282...285.

5. Saj V.A. Udoskonalennja tehnologij zbirannja i pervinnoj pererobki steblovoj chastini l'onu olijnogo: Dis. ...kand. tehn. nauk. – Luc'k: Luc'kij nacional'nij tehnicnij universitet, 2011.

6. Tihosova G.A. Teoretichni osnovi praktichnogo zastosuvannja tehnologij mehanichnoj pererobki tresti l'onu olijnogo // Materiali mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Shljahi vidrodzhennja galuzej l'onastva i konopljarstva ta pidvishhennja efektnosti ih naukovogo zabezpechennja. (Gluhiv, 8–10 ljut. 2011 r.). M-vo agar. Politiki ta prodovol'stva, NAAN [ta in]. – Sumi : TOV "TP "Papyrus", 2012. S. 190...200.

7. Pat. №2506353. Rossijskaja Federacija. Sposob poluchenija lubjanogo volokna i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / Vnukov V.G., Fedosova N.M.; patentoobladatel' ООО "АГРОЛЕН-ИНВЕСТ". Оpubl. 10.02.2014. – Rezhim dostupa: <http://www1.fips.ru>.

8. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V. Innovacionnye tehnologii i mashiny dlja pererabotki lubjanyh kul'tur v odnotipnoe, korotкое i shtapelirovanное volokno // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. [Jel'ektronnyj resurs]. – 2015, №1. S. 12. – Rezhim dostupa: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

9. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V., Vnukov V.G. Izuchenie tehnologij pererabotki solomy l'na-mezeumka v korotкое volokno na otechestvennom oborudovanii // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. [Jel'ektronnyj resurs]. – 2015, №2. S. 7. – Rezhim dostupa: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

10. Kirjuhin S.M. Opredelenie optimal'nogo sootnoshenija mezhdu zatratami na kachestvo i stoisimost'ju tekstil'nyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №2. S. 19...22.

11. Shalomin O.A. i dr. Razrabotka strukturnoj shemy proektirovanija kachestva tekstil'nyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S. 40...45.

12. Gruzinceva N.A., Gusev B.N. Kolichestvennaja ocenka konkurentosposobnogo assortimenta tekstil'nogo predpriyatija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5. S. 5...8.

13. Mavrjashin A.A., Kirjuhin S.M. Ocenka konkurentosposobnosti tkani po sootnosheniju "kachestvo-cena" // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №3. S. 5...7.

14. Gavrilova I.M. Kachestvo tekstil'nyh materialov kak sostavljajushhaja jeffektivnosti tek-stil'nogo proizvodstva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S. 11...15.

15. Tuvin A.A., Anfimov E.N., Malafeev R.M. Opredelenie tehnologicheskoy rezul'tativnosti processa metallotkachestva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5. S. 169...171.

16. Tuvin A.A., Ljubimcev V.V., Gusev B.N. Opredelenie tehnologicheskoy jeffektivnosti processa metallotkachestva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S. 133...136.

17. Luskatova O.V., Pantjushina O.V. Ocenka jeffektivnosti i konkurentosposobnosti jelementov l'n-janogo klastera // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №4. S.71...75.

18. Barskij M.D. Optimizacija processov razdelenija zemistyh materialov. – M.: Nedra, 1978.

19. Bezbabchenko A.V. i dr. Izuchenie tehnologii pererabotki tresty l'na-mezheumka posle zernovogo kombajna v korotkoe volokno na otechestvennom oborudovanii // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta [Jelektronnyj resurs]. – 2016, №1. S.5. – Rezhim dostupa: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 30.06.16.

---

УДК 539.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ ЛЕНТЫ,  
НАМОТАННОЙ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ**

**ANALYSIS OF THE STRAIN-STRESS STATE  
OF THE TAPE WOUND ON A CYLINDRIC SURFACE**

*В.А. ЛУТОВ, Е.В. ПОЛЯКОВА, В.Е. РОМАНОВ, А.М. ЧЕЛЫШЕВ, Е.М. КРАЙНОВ*  
*V.A. LUTOV, E.V. POLYAKOVA, V.E. ROMANOV, A.M. CHELYSHEV, E.M. KRAINOV*

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: romanov@sutd.ru; ttp@ivgpu.com

*В работе получены системы дифференциальных уравнений в частных производных, позволяющие определять напряженно-деформированное состояние ленты, намотанной на гладкую цилиндрическую поверхность и, в частности, на прямой круговой цилиндр, а также давление ленты на армируемую поверхность.*

*In this paper we obtain the systems of partial equations that define the strain-stress state of the tape wound on the smooth cylindric surface and, particularly, on the circular cylinder, as well as the tape pressure on the reinforced surface.*

**Ключевые слова:** мягкие оболочки, уравнения равновесия, напряжение, деформация, дифференциальные уравнения в частных производных.

**Keywords:** soft shells, equilibrium equations, stress, deformation, partial differential equations.

Технологические процессы армирования труб и иных оболочек различных пространственных форм посредством наматывания нитей и лент, изготавливаемых из тканых и нетканых материалов, в последние десятилетия получили широкое распространение в различных отраслях промышленности. Сравнительно небольшие затраты на производственное оборудование и

расходные материалы в сочетании со значительными успехами химии полимеров позволяют добиваться высокого качества армирования по различным эксплуатационным показателям выпускаемых изделий.

Процессы прерывного и непрерывного наматывания нитей и лент реализуются при производстве композитных конструкций разнообразного назначения, в частности,

труб и емкостей для хранения и транспортировки жидких и сыпучих продуктов (рис. 1 – трубы, произведенные с использованием процесса намотки (источник: <http://frppiping.com/>); рис. 2 –



Рис. 1

Проблема мирового масштаба, связанная со старением подземных коммуникаций, диктует необходимость использования новых материалов и технологий намотки при проведении ремонтных работ и создании стойкого к коррозии и иным внешним воздействиям обновленного трубопроводного фонда.



Рис. 3

Самые крупные стеклопластиковые резервуары в мире емкостью 5000 м<sup>3</sup>, созданные по проекту организации FEMech Engineering (США), также производятся с использованием установок вертикальной намотки (рис. 3 – устройство для вертикальной намотки при производстве оболочек большого диаметра (источник: журнал "Reinforced plastics")).

емкости для хранения продуктов, произведенные с использованием процесса намотки (источник: <http://www.sz-wholesaler.com/products/>)).



Рис. 2

Многочисленные примеры реализации процессов намотки нитей и лент при создании изделий, эксплуатируемых в условиях различных по величине силовых воздействий, можно найти в [1]. Постоянное расширение ассортимента и объемов выпуска многих видов армированных оболочек обуславливает практическую ценность научных исследований, направленных на развитие методов прогнозирования их свойств и оптимизации их композиционных структур [2...6].

Предлагаемая работа является продолжением исследований группы авторов, посвященных анализу напряженно-деформированного состояния мягких оболочек и характера их взаимодействия с охватываемыми твердыми телами [7...9]. В работе получены системы дифференциальных уравнений в частных производных, позволяющие определять напряженно-деформированное состояние ленты, намотанной на гладкую цилиндрическую поверхность и, в частности, на прямой круговой цилиндр, а также давление ленты на армируемую поверхность. Предполагается, что лента имеет сетчатую структуру с достаточно высокой частотой переплетения, а нити основы, идущие вдоль ленты, как и поперечные уточные нити, являются линейно упругими. В продолжении работы обсуждается частный случай наличия винтовой симметрии ленты,

охватывающей прямой круговой цилиндр, и приводятся результаты численного анализа. Изложение содержит подробное описание принятых допущений и аналитических выкладок, позволяющих читателю, не в полной мере знакомому с методологией исследования напряженно-деформированного состояния мягких оболочек, проследить ход рассуждений от исходных предположений до конечных результатов.

### 1. Уравнения равновесия ленты

Будем рассматривать ленту, армирующую трубу, как континуальную ортотропную поверхность, полученную путем "размазывания" уточных нитей и нитей основы.

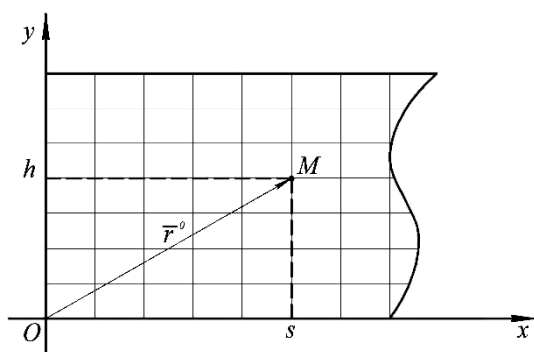


Рис. 4

Индивидуализируем частицы ленты с помощью лагранжевых координат  $h$  и  $s$ , вводимых на недеформированной ленте, причем координату  $h$  произвольной частицы  $M$  будем рассматривать как расстояние, отсчитываемое вдоль уточной нити от нижней кромки ленты (рис. 4 – индивидуализация частиц недеформированной ленты)

$$\begin{aligned} \bar{r} &= \bar{r}(s, h) = \rho(s, h) \cos \varphi(s, h) \bar{i} + \rho(s, h) \sin \varphi(s, h) \bar{j} + z(s, h) \bar{k} = \\ &= R(\varphi(s, h), z(s, h)) \cos \varphi(s, h) \bar{i} + R(\varphi(s, h), z(s, h)) \sin \varphi(s, h) \bar{j} + z(s, h) \bar{k}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\bar{i}$ ,  $\bar{j}$  и  $\bar{k}$  – орты системы  $Oxyz$ ;  $\rho = R(\varphi, z)$  – функция, определяющая рельеф поверхности трубы, которая может считаться заданной. В случае, когда труба является круговым цилиндром,  $R$  рассмат-

ривается как постоянная задаваемая величина.

ривается как постоянная задаваемая величина. Очевидно, что радиус-вектор  $\bar{r}^0$  частицы  $M$  недеформированной ленты описывается выражением:

$$\bar{r}^0 = s \bar{i} + h \bar{j}, \quad (1)$$

где  $\bar{i}$ ,  $\bar{j}$  – орты прямоугольной декартовой системы координат.

Используя обозначения

$$\begin{aligned} \bar{r}_1^0(s, h) &= \frac{\partial \bar{r}^0(s, h)}{\partial s}, \\ \bar{r}_2^0(s, h) &= \frac{\partial \bar{r}^0(s, h)}{\partial h}, \end{aligned} \quad (2)$$

на основе (1) находим метрические коэффициенты недеформированной оболочки [7]:

$$\begin{aligned} g_{11}^0 &= |\bar{r}_1^0|^2 = 1, \quad g_{22}^0 = |\bar{r}_2^0|^2 = 1, \\ g_{12}^0 &= g_{21}^0 = \bar{r}_1^0 \bar{r}_2^0 = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Пользуясь цилиндрической  $\rho\varphi z$  и декартовой  $Oxyz$  системами координат, представим радиус-вектор  $\bar{r}$  частицы  $M$  деформированной ленты (рис. 5 – лента, спирально навитая на цилиндрическую поверхность) в виде:

Искомые функции  $\varphi(s, h)$  и  $z(s, h)$  определяют распределение материала ленты по поверхности трубы.

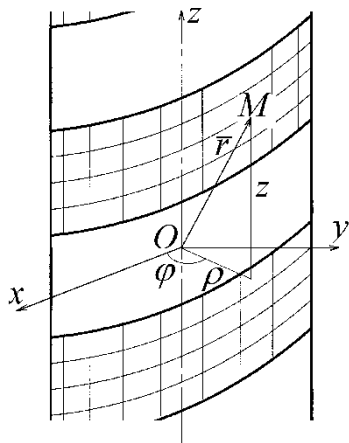


Рис. 5

Вводя обозначения

$$\begin{aligned}\bar{r}_1(s, h) &= \frac{\partial \bar{r}(s, h)}{\partial s}, \\ \bar{r}_2(s, h) &= \frac{\partial \bar{r}(s, h)}{\partial h},\end{aligned}\quad (5)$$

найдем метрические коэффициенты деформированной оболочки [7]:

$$g_{11} = |\bar{r}_1|^2, \quad g_{22} = |\bar{r}_2|^2, \quad g_{12} = g_{21} = \bar{r}_1 \bar{r}_2. \quad (6)$$

Величины напряжений  $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{21}, \sigma_{22}$  определяются равенствами [7]:

$$\begin{aligned}\sigma_{11} &= \frac{1}{\lambda_2 \sqrt{g_{11}^0 g_{22}^0}} \left( \frac{\partial u}{\partial \lambda_1} + \frac{\text{ctg} \chi}{\lambda_1} \frac{\partial u}{\partial \chi} \right), \\ \sigma_{22} &= \frac{1}{\lambda_1 \sqrt{g_{11}^0 g_{22}^0}} \left( \frac{\partial u}{\partial \lambda_2} + \frac{\text{ctg} \chi}{\lambda_2} \frac{\partial u}{\partial \chi} \right), \\ \sigma_{12} = \sigma_{21} &= - \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2 \sin \chi \sqrt{g_{11}^0 g_{22}^0}} \frac{\partial u}{\partial \chi},\end{aligned}\quad (7)$$

где  $\lambda_1 = \sqrt{g_{11} / g_{11}^0} = |\bar{r}_1|$  и  $\lambda_2 = \sqrt{g_{22} / g_{22}^0} = |\bar{r}_2|$  – кратности удлинений элементов нитей основы и уточных нитей соответственно;  $\chi$  – величина угла между координатными линиями;  $u$  – плотность потенциальной энергии деформации оболочки.

Принятые допущения о текстильной структуре ленты и линейной упругости составляющих ее нитей позволяют записать

выражение плотности потенциальной энергии деформации в виде:

$$u = \frac{k_1}{2} (\lambda_1 - 1)^2 + \frac{k_2}{2} (\lambda_2 - 1)^2, \quad (8)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты упругости ленты в направлениях нитей основы и утка соответственно.

Используя (7), (8), легко получить следующие выражения компонент напряжений:

$$\begin{aligned}\sigma_{11} &= k_1 \frac{\lambda_1 - 1}{\lambda_2}, \\ \sigma_{22} &= k_2 \frac{\lambda_2 - 1}{\lambda_1}, \\ \sigma_{12} = \sigma_{21} &= 0.\end{aligned}\quad (9)$$

Пренебрегая инертностью оболочки, запишем уравнение, выражающее условие равенства нулю главного вектора сил, действующих на элемент мягкой оболочки, в виде:

$$\frac{\partial}{\partial s} (\bar{\sigma}_1 |\bar{r}_2|) + \frac{\partial}{\partial h} (\bar{\sigma}_2 |\bar{r}_1|) + \bar{q} \sqrt{g_{11} g_{22} - g_{12}^2} = \bar{0}, \quad (10)$$

где  $\bar{\sigma}_1$  и  $\bar{\sigma}_2$  – актуальные напряжения на координатных линиях  $h = \text{const}$  и  $s = \text{const}$ .

Воспользуемся равенствами [7]:

$$\begin{aligned}\bar{\sigma}_1 &= \sigma_{11} \bar{e}_1 + \sigma_{12} \bar{e}_2, \\ \bar{\sigma}_2 &= \sigma_{21} \bar{e}_1 + \sigma_{22} \bar{e}_2,\end{aligned}\quad (11)$$

где  $\bar{e}_1$  и  $\bar{e}_2$  – единичные векторы, касательные к координатным линиям  $h = \text{const}$  и  $s = \text{const}$  соответственно, определяемые равенствами:

$$\begin{aligned}\bar{e}_1 &= \frac{\bar{r}_1}{|\bar{r}_1|} = \frac{\bar{r}_1}{\lambda_1}, \\ \bar{e}_2 &= \frac{\bar{r}_2}{|\bar{r}_2|} = \frac{\bar{r}_2}{\lambda_2}.\end{aligned}\quad (12)$$

Запишем интенсивность  $\bar{q}$  внешних сил, действующих на поверхность ленты, в виде:

$$\bar{q} = q_1 \bar{e}_1 + q_2 \bar{e}_2 + q_n \bar{n}, \quad (13)$$



где  $\bar{n}$  – единичный вектор внешней нормали к поверхности трубы, представляемый равенством:

$$\bar{n} = \frac{\bar{e}_1 \times \bar{e}_2}{|\bar{e}_1 \times \bar{e}_2|}. \quad (14)$$

Учитывая (9), (11), (12), перепишем (10) в виде:

$$k_1 \frac{\partial \bar{e}_1}{\partial s} (\lambda_1 - 1) + k_1 \bar{e}_1 \frac{\partial \lambda_1}{\partial s} + k_2 \frac{\partial \bar{e}_2}{\partial h} (\lambda_2 - 1) + k_2 \bar{e}_2 \frac{\partial \lambda_2}{\partial h} + \bar{q} \sqrt{(\bar{r}_1)^2 (\bar{r}_2)^2 - (\bar{r}_1 \bar{r}_2)^2} = \bar{0}. \quad (15)$$

Последовательно умножая векторное уравнение (15) скалярно на единичные век-

торы  $\bar{e}_1$ ,  $\bar{e}_2$  и  $\bar{n}$ , получим эквивалентную (15) систему трех скалярных уравнений:

$$k_1 \frac{\partial \lambda_1}{\partial s} + k_2 (\lambda_2 - 1) \bar{e}_1 \frac{\partial \bar{e}_2}{\partial h} + k_2 \frac{\partial \lambda_2}{\partial h} \bar{e}_1 \bar{e}_2 + (q_1 + q_2 \bar{e}_1 \bar{e}_2) \sqrt{(\bar{r}_1)^2 (\bar{r}_2)^2 - (\bar{r}_1 \bar{r}_2)^2} = 0, \quad (16)$$

$$k_1 (\lambda_1 - 1) \bar{e}_2 \frac{\partial \bar{e}_1}{\partial s} + k_1 \frac{\partial \lambda_1}{\partial s} \bar{e}_2 \bar{e}_1 + k_2 \frac{\partial \lambda_2}{\partial h} + (q_1 \bar{e}_2 \bar{e}_1 + q_2) \sqrt{(\bar{r}_1)^2 (\bar{r}_2)^2 - (\bar{r}_1 \bar{r}_2)^2} = 0, \quad (17)$$

$$k_1 (\lambda_1 - 1) \bar{n} \frac{\partial \bar{e}_1}{\partial s} + k_2 (\lambda_2 - 1) \bar{n} \frac{\partial \bar{e}_2}{\partial h} + q_n \sqrt{(\bar{r}_1)^2 (\bar{r}_2)^2 - (\bar{r}_1 \bar{r}_2)^2} = 0. \quad (18)$$

Уравнения (16) и (17) с использованием (4), (5) и выражений для кратностей удлинений элементов нитей основы и уточных нитей служат для определения функций  $\varphi(s, h)$  и  $z(s, h)$ , а уравнение (18) – для определения давления ленты на трубу.

2. *Напряженно-деформированное состояние ленты, намотанной на трубу постоянного радиуса*

Если труба является круговым цилиндром радиуса  $R$ , то  $\rho(s, h) \equiv R$ , и выражения (4), (5) принимают вид:

$$\bar{r} = \bar{r}(s, h) = R \cos \varphi(s, h) \bar{i} + R \sin \varphi(s, h) \bar{j} + z(s, h) \bar{k}, \quad (19)$$

$$\bar{r}_1(s, h) = \frac{\partial \bar{r}(s, h)}{\partial s} = -R \sin \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial s} \bar{i} + R \cos \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial s} \bar{j} + \frac{\partial z}{\partial s} \bar{k}, \quad (20)$$

$$\bar{r}_2(s, h) = \frac{\partial \bar{r}(s, h)}{\partial h} = -R \sin \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial h} \bar{i} + R \cos \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial h} \bar{j} + \frac{\partial z}{\partial h} \bar{k}.$$

Запишем уравнения (16)...(18) в терминах искоемых функций  $\varphi(s, h)$  и  $z(s, h)$ .

Предварительно заметим, что имеют место равенства:

$$\lambda_1 = |\bar{r}_1| = \sqrt{R^2 \left( \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right)^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial s} \right)^2}, \quad \lambda_2 = |\bar{r}_2| = \sqrt{R^2 \left( \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right)^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial h} \right)^2}, \quad (21)$$

$$\sqrt{(\bar{r}_1)^2 (\bar{r}_2)^2 - (\bar{r}_1 \bar{r}_2)^2} = R \left| \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} - \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right|, \quad (22)$$

$$\bar{e}_1(s, h) = \frac{1}{\lambda_1(s, h)} \left( -R \sin \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial s} \bar{i} + R \cos \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial s} \bar{j} + \frac{\partial z}{\partial s} \bar{k} \right), \quad (23)$$

$$\bar{e}_2(s, h) = \frac{1}{\lambda_2(s, h)} \left( -R \sin \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial h} \bar{i} + R \cos \varphi(s, h) \frac{\partial \varphi}{\partial h} \bar{j} + \frac{\partial z}{\partial h} \bar{k} \right),$$

$$\frac{\partial \bar{e}_1}{\partial s} = -R \left( \cos \varphi \frac{1}{\lambda_1} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right)^2 + \sin \varphi \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right) \right) \bar{i} + R \left( -\sin \varphi \frac{1}{\lambda_1} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right)^2 + \cos \varphi \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right) \right) \bar{j} + \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial z}{\partial s} \right) \bar{k}, \quad (24)$$

$$\frac{\partial \bar{e}_2}{\partial h} = -R \left( \cos \varphi \frac{1}{\lambda_2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right)^2 + \sin \varphi \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right) \right) \bar{i} + R \left( -\sin \varphi \frac{1}{\lambda_2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right)^2 + \cos \varphi \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right) \right) \bar{j} + \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial z}{\partial h} \right) \bar{k},$$

$$\bar{e}_1 \bar{e}_2 = \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \left( R^2 \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} \right), \quad (25)$$

$$\bar{e}_1 \frac{\partial \bar{e}_2}{\partial h} = \frac{1}{\lambda_1(s, h)} \left( R^2 \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right) \frac{\partial \varphi}{\partial s} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial z}{\partial h} \right) \right), \quad (26)$$

$$\bar{e}_2 \frac{\partial \bar{e}_1}{\partial s} = \frac{1}{\lambda_2(s, h)} \left( R^2 \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right) \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial z}{\partial s} \right) \right), \quad (27)$$

$$\bar{n} = \cos \varphi(s, h) \bar{i} + \sin \varphi(s, h) \bar{j}, \quad (28)$$

$$\bar{n} \frac{\partial \bar{e}_1}{\partial s} = -\frac{R}{\lambda_1} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right)^2, \quad \bar{n} \frac{\partial \bar{e}_2}{\partial h} = -\frac{R}{\lambda_2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right)^2. \quad (29)$$

С учетом равенств (21)...(29) уравнения (16)...(18) можно переписать в виде:

$$k_1 \frac{\partial \lambda_1}{\partial s} + k_2 \frac{\lambda_2 - 1}{\lambda_1} \left( R^2 \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right) \frac{\partial \varphi}{\partial s} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial}{\partial h} \left( \frac{1}{\lambda_2} \frac{\partial z}{\partial h} \right) \right) + k_2 \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \frac{\partial \lambda_2}{\partial h} \left( R^2 \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} \right) + \left( q_1 + q_2 \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \left( R^2 \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} \right) \right) R \left| \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} - \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right| = 0, \quad (30)$$

$$k_1 \frac{\lambda_1 - 1}{\lambda_2} \left( R^2 \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right) \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial h} \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{\lambda_1} \frac{\partial z}{\partial s} \right) \right) + k_1 \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \frac{\partial \lambda_1}{\partial s} \left( R^2 \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} \right) + k_2 \frac{\partial \lambda_2}{\partial h} + \left( q_1 \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \left( R^2 \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} + \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} \right) + q_2 \right) R \left| \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} - \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right| = 0, \quad (31)$$

$$k_1 \frac{\lambda_1 - 1}{\lambda_1} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial s} \right)^2 + k_2 \frac{\lambda_2 - 1}{\lambda_2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right)^2 - q_n \left| \frac{\partial \varphi}{\partial s} \frac{\partial z}{\partial h} - \frac{\partial z}{\partial s} \frac{\partial \varphi}{\partial h} \right| = 0. \quad (32)$$

Уравнения (30) и (31) служат для определения искомых функций  $\varphi(s, h)$  и  $z(s, h)$ , а уравнение (32) – для определения давления ленты на трубу.

Для получения точного решения системы (30)...(32) и ее численного анализа в продолжении этой работы будут введены некоторые упрощающие допущения, позволяющие свести задачу к интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/journal/journal-reinforced-plastics-and-composites> (дата обращения 03.09.2016)
2. Кабриц С.А., Михайловский Е.И., Товстик П.Е., Черных К.Ф., Шамина В.А. Общая нелинейная теория упругих оболочек / Под ред. К.Ф. Черных, С.А. Кабрица. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002.
3. Образцов И. Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1977.

4. Steigmann D.J. Elements of the theory of elastic surfaces // Nonlinear Elasticity: Theory and Applications / Edited by I. B. Fu, R. W. Ogden. – Cambridge: Cambridge University Press. – 2001. P. 268...304.

5. Криканов А.А. Расчет напряжений в композитной оболочке вращения, образованной намоткой ленты конечной ширины // ИПРИМ РАН. Механика композиционных материалов и конструкций. – 2002, том 8, № 2. С. 151...160.

6. Ширихин В.Н., Ионова В.Ф., Шальнев О.В., Котляренко В.И. Эластичные механизмы и конструкции. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.

7. Чайкин В.А., Полякова Е.В. Основы механики мягких оболочек и тканей. – Санкт-Петербург, С.-Петерб. гос. ун-т технологии и дизайна, 2004.

8. Полякова Е.В., Чайкин В.А. Прикладные задачи механики мягких оболочек и тканей. – СПб.: СПГУТД, 2006.

9. Майоров А.М., Лутов В.А., Чайкин В.А., Полякова Е.В. Напряженно-деформированное состояние тканой ленты, используемой при производстве композитной трубы посредством наматывания // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010, №3(14). С. 48...51.

#### REFERENCES

1. URL: <https://uk.sagepub.com/engb/eur/journal/journalreinforced-plastics-and-composites> (data obrashhenija 03.09.2016)

2. Kabric S.A., Mihajlovskij E.I., Tovstik P.E., Chernyh K.F., Shamina V.A. Obshhaja nelinejnaja teorija uprugih obolochek / Pod red. K.F. Chernyha, S.A. Kabrica. – SPb.: Izd-vo SPbGU, 2002.

3. Obrazcov I. F., Vasil'ev V.V., Bunakov V.A. Optimal'noe armirovanie obolochek vrashhenija iz kompozicionnyh materialov. – M.: Mashinostroenie, 1977.

4. Steigmann D.J. Elements of the theory of elastic surfaces // Nonlinear Elasticity: Theory and Applications / Edited by I. B. Fu, R. W. Ogden. – Cambridge: Cambridge University Press. – 2001. P. 268...304.

5. Krikanov A.A. Raschet naprjazhenij v kompozitnoj obolochke vrashhenija, obrazovannoj namotkoj lenty konechnoj shiriny // IPRIM RAN. Механика kompozicionnyh materialov i konstrukcij. – 2002, том 8, № 2. С. 151...160.

6. Shirihin V.N., Ionova V.F., Shal'nev O.V., Kottljarenko V.I. Jelastichnye mehanizmy i konstrukcii. – Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 2006.

7. Chajkin V.A., Poljakova E.V. Osnovy mehaniki m'jagkih obolochek i tkanej. – Sankt-Peterburg, S.-Peterb. gos. un-t tehnologii i dizajna, 2004.

8. Poljakova E.V., Chajkin V.A. Prikladnye zadachi mehaniki m'jagkih obolochek i tkanej. – SPb.: SPGUTD, 2006.

9. Majorov A.M., Lutov V.A., Chajkin V.A., Poljakova E.V. Naprjazhenno-deformirovanное sostojanie tkanoj lenty, ispol'zuemoj pri proizvodstve kompozitnoj truby posredstvom namatyvanija // Dizajn. Materialy. Tehnologija. – 2010, №3(14). С. 48...51.

Рекомендована кафедрой машиноведения СПГУПТИД. Поступила 28.11.16.

УДК 677.021.1

## ОЦЕНКА ПРЯДИЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ РОВНИЦЫ, ПОДГОТОВЛЕННОЙ В ЭХА-РАСТВОРАХ

### EVALUATION OF SPINNING ABILITY OF ROVING PREPARED IN ECA-SOLUTIONS

П.Н. РУДОВСКИЙ, Ю.А. СОБАШКО, С.Г. СМЕРНОВА  
P.N. RUDOVSKY, YU.A. SOBASHKO, S.G. SMIRNOVA

(Костромской государственный университет)

(Kostroma State University)

E-mail: info@kstu.edu.ru

*На основании анализа косвенных показателей степени подготовки льняной ровницы к прядению, таких как мацерационная способность и потеря массы, определены рациональные режимы обработки. Для пряжи, полученной из ровницы, подготовленной по установленным режимам, определены*

*физико-механические параметры, уровень пороков и характеристики неровности. Установлено, что пряжа соответствует первому сорту группы СЛ.*

*Based on the analysis of indirect indicators of the degree of preparation of flax roving for spinning, such as maceration ability and the loss of mass determined by rational treatment regimens. For yarn obtained from roving defined physical and mechanical parameters prepared in accordance with the established regimes, the level of defects and features irregularity. It was found that the yarn corresponds to the first class trunk group.*

**Ключевые слова:** льняная ровница, льняная пряжа, подготовка к прядению, католит, неровнота, прочность пряжи.

**Keywords:** flax roving, linen yarn, preparation for spinning, catholyte, irregularity, yarn strength.

В [1...3] показана принципиальная возможность подготовки в католите льняной ровницы к прядению. Для выявления рационального режима обработки ровницы на экспериментальной установке обрабатывали малые пробы ровницы с линейной плотностью 760 текс. Использование малых проб с толщиной намотки 1 см позволяет исключить влияние неравномерности плотности намотки вдоль радиуса [4]. В [5...7] проведен анализ процесса релаксации свойств котолита и установлено, что в процессе нагревания он довольно быстро теряет свою активность. Поэтому для обработки использовали католит с рН = 11,2, полученный из предварительно нагретой до

60°C воды. Обработка заключалась в прокачивании раствора через слой намотки поочередно в двух направлениях из полости патрона к периферии намотки и наоборот. Смену направления потока производили путем переключения спаренного трехходового крана через каждые 15 мин обработки. По истечении 15 мин контролировали температуру раствора и рН. При падении температуры ниже 55°C включался подогрев раствора. При снижении рН ниже 10,8 производили смену раствора на вновь приготовленный католит с рН = 11,2. Результаты контроля температуры и рН приведены в табл. 1 (изменение водородного показателя и температуры в процессе обработки ровницы).

Т а б л и ц а 1

Период обработки, мин	Водородный показатель раствора рН на начало и конец периода	Температура на начало и конец периода, °С	Смена раствора
0...15	11,2...10,8	56...60	да
15...30	11,11...10,97	56...60	да
30...45	22,2...10,8	58...63	да
45...60	11,02...10,89	55...62	да
60...75	11,17...11,05	55...60	да
75...105	11,13...11,09	58...62	нет
105...120	11,09...10,8	56...60	да
120...135	11,2...11,1	58...63	нет
135...150	11,1...10,9	55...62	да
150...165	11,2...11,0	55...60	нет
165...180	11,0...10,8	58...62	нет

По указанному в табл. 1 режиму ровница обрабатывалась с общей продолжительностью 1, 2 и 3 часа. По результатам обработки контролировали мацерационную

способность и потерю массы. Таким образом всего в процессе эксперимента нарабатывали 9 вариантов ровницы. При проведении заключительных экспериментов для

исключения влияния факторов, связанных со временем, порядок проведения экспери-

ментов рандомизировался. Соответствующие режимы обработки и их нумерация приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав ванны	Время обработки, ч		
	1	2	3
Вода	3	6	1
Католит pH=11,2	2	9	4
Католит pH=11,2 со сменой через каждые 15 мин	5	8	7

В качестве контрольного варианта перед каждым из указанных режимов производили измерения прочности суровой ровницы. Согласно рекомендациям [6] образцы ровницы погружали на 2...3 мин в воду с температурой 25...36°C. На рис. 1 приведены графики зависимости прочности ровницы в мокром состоянии от режимов обработки.

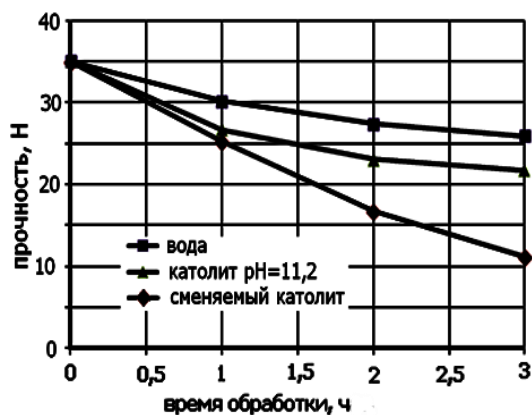


Рис. 1

Из графиков видно, что обработка в католите обеспечивает более высокую мацерационную способность льняного волокна в ровнице. Однако этот результат достигается практически в течение первого часа обработки. В последующем скорости изменения прочности ровницы в воде и в католите практически не отличаются. Это связано с тем, что, как показано в [8], активность католита при температуре 60°C очень быстро снижается и через час он мало отличается от воды.

Замена католита свежеприготовленным раствором через каждые 15 мин позволяет существенно повысить эффективность обработки и достичь через 3 ч варки прочности порядка 11 Н для ровницы, имевшей в

суровом виде линейную плотность 760 текс. Результаты измерения потери массы ровницы от условий обработки приведены на графиках рис. 2.

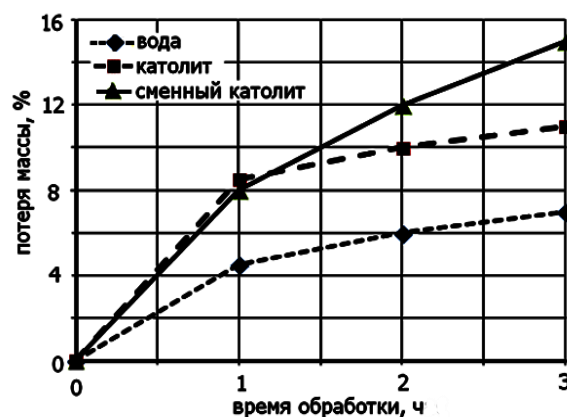


Рис. 2

Графики также показывают, что путем постоянного обновления раствора можно существенно образом поднять эффективность подготовки ровницы к прядению. При этом потеря массы в целом соответствует значениям, получаемым при щелочной варке в условиях производства.

Окончательный вывод о применимости процесса подготовки ровницы к прядению в ЭХА-растворах можно сделать только по результатам переработки ее в пряжу и анализа качества полученной пряжи. Из полученной ровницы в лаборатории КНИИЛП на прядильной машине ПМ-88-Л8 вырабатывали пряжу с линейной плотностью 100 текс. После сушки до кондиционной влажности проводились анализы, целью которых была оценка качества пряжи.

На приборе КЛА-2М строили спектры неровноты пряжи и оценивали количество пороков – толстых и тонких мест на 100 м

пряжи. Полученные результаты иллюстрируются столбчатыми диаграммами на рис. 3 и 4 (рис. 3 – изменение количества

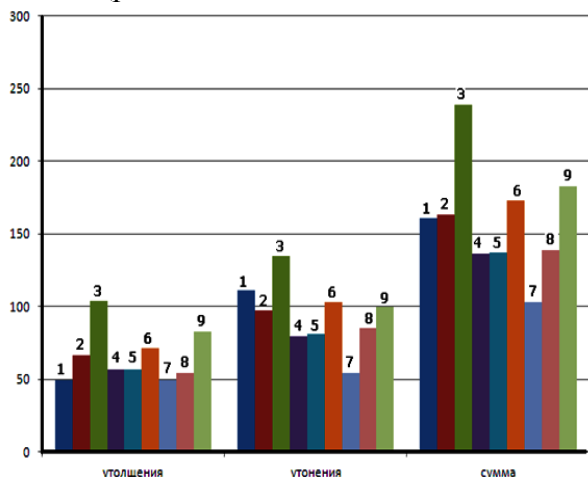


Рис. 3

пороков пряжи по вариантам; рис. 4 – дисперсия линейной плотности пряжи по вариантам).

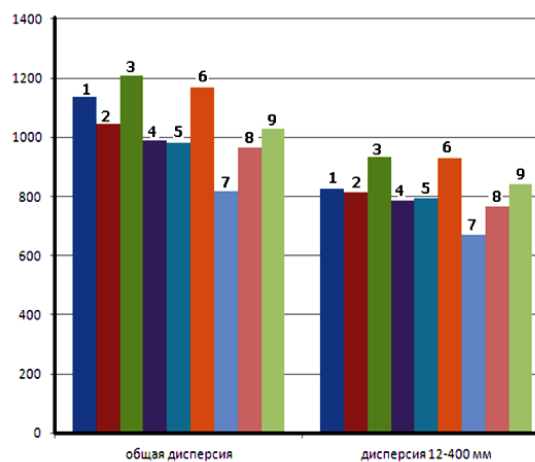


Рис. 4

Анализ диаграмм показывает, что время обработки существенно влияет на качество пряжи, независимо от состава ванны. Очевидно, что с ростом времени обработки происходит ослабление связей между элементарными волокнами в комплексах. Это улучшает условия вытягивания и, в конечном счете, приводит к снижению неровности по линейной плотности.

Снижение количества пороков пряжи, толстых и тонких мест, при увеличении времени обработки также является следствием ослабления связей между элементарными волокнами.

Однако при использовании воды процесс ослабления связей между элементарными волокнами происходит довольно медленно. Использование католита для подготовки ровницы к прядению позволяет

ускорить этот процесс. Это видно из сравнения данных по вариантам 1 и 2. Они незначительно отличаются по неровности и сумме пороков, однако продолжительность обработки в воде (вариант 1) составляет 3 ч, а обработка в католите рН=11,2 только один час. Установлено, что в процессе обработки ровницы активность католита довольно быстро снижается. Поэтому в вариантах 5, 8 и 7 обработка производилась при постоянной смене католита на вновь приготовленный. Это позволило интенсифицировать процесс обработки и получить улучшенные показатели по неровности пряжи. Наилучшие показатели соответствуют варианту 7 (трехчасовая обработка со сменой католита через каждые 15 мин). Этому же варианту соответствуют и лучшие показатели по количеству пороков пряжи.

Т а б л и ц а 3

Показатели \ Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разрывная нагрузка, Н	1497	1486	1277	1653	1706	1324	1805	1738	1603
Коэффициент вариации	19	18,7	21,4	19	17,7	18,1	17,6	18,1	18,6
Разрывное удлинение, %	3,2	2,8	2,7	3,3	2,8	2,6	3,0	2,9	2,8
Коэффициент вариации	28,5	21,3	23	19,6	19,7	24,2	19,3	19,1	21,0

Основным параметром пряжи, определяющим ее сортность, является удельная разрывная нагрузка. Значения разрывной

нагрузки и разрывного удлинения, полученные по результатам испытаний пряжи, приведены в табл. 3 (физико-механические

показатели пряжи). Там же приведены значения коэффициентов вариации по соответствующим параметрам.

Требования к относительной разрывной нагрузке и коэффициенту вариации устанавливаются ГОСТом 10078–85. Учитывая линейную плотность выработанной пряжи (100 текс), можно утверждать, что пряжа, выработанная по вариантам 3 и 6, является не сортовой; по вариантам 1 и 2 соответствует второму сорту группы ОЛ; 4, 5 и 9 – первому сорту группы СрЛ. Пряжа, выбатываемая по варианту 8, соответствует первому сорту группы ВЛ, а по варианту 7 – первому сорту группы СЛ. Таким образом, подготовка льняной ровницы в католите позволяет получать качественную пряжу с одновременным снижением количества вредных выбросов в окружающую среду [9...11].

## ВЫВОДЫ

1. Наилучшие результаты достигнуты при обработке ровницы при температуре 60°C в течение трех часов в католите с начальным значением рН-11,8, с заменой католита свежим через каждые 15 мин обработки.

2. В результате обработки прочность 10 см ровницы в мокром состоянии снижается с 35 до 11 Н, потеря массы доходит до 15%.

3. В целом ровница, прошедшая подготовку в католите, отвечает требованиям, предъявляемым к ровнице, поступающей в прядильное производство.

4. Подготовка в католите льняной ровницы к прядению позволяет получать качественную пряжу, соответствующую первому сорту группы СЛ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рудовский П.Н. О перспективах использования электрохимически активированных растворов при подготовке льняной ровницы к прядению // Мат. IV Междунар. научн.-практ. конф. НИЦ "Академический": Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки. – 2014. С. 164...168.

2. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Собашко Ю.А. Использование католита при подготовке льняной

ровницы к прядению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С. 40...43.

3. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Подготовка ровницы к прядению в реакторе для электрохимической активации воды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С. 51...55.

4. Соркин А.П., Рудовский П.Н. Наматывание ровницы без принудительного привода катушек на ровничных машинах. – Кострома, 2015.

5. Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г. Выбор времени обработки льняной ровницы в ЭХА-растворах с учетом их релаксации // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2015, № 1 (34). С. 17...19.

6. Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г. Обоснование времени обработки льняной ровницы в ЭХА-растворах с учетом их релаксации // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015). – М.: МГУДТ, 2015. С. 193...196.

7. Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г. Влияние релаксации свойств ЭХА-растворов на выбор режимов обработки льняной ровницы при подготовке ее к прядению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 82...88.

8. Собашко Ю.А. Совершенствование режимов обработки льняной ровницы в ЭХА-растворах при подготовке ее к прядению // Сб. мат. XIX Междунар. научн.-практ. форума (SMARTEX-2016): Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. – Иваново: ИВГПУ, 2016. Ч.2. С. 92...94.

9. Рудовский П.Н., Букалов Г.К. Использование ЭХА-растворов для снижения экологической опасности технологического процесса беления и подготовки ровницы к прядению // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 2 (33). С. 74...76.

10. Рудовский П.Н., Букалов Г.К., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г. Выбор технологии подготовки льняной ровницы к прядению с учетом необходимости снижения экологической нагрузки на окружающую среду // Мат. VI Междунар. научн.-практ. конф. НИЦ "Академический": Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. – 2015. С. 106...116.

11. Рудовский П.Н., Букалов Г.К., Собашко Ю.А. Снижение экологической опасности технологического процесса подготовки льняной ровницы к прядению за счет использования ЭХА-растворов // Вестник Таджикского техническ. ун-та. – 2015, № 1 (29). С. 35...38.

## REFERENCES

1. Rudovskij P.N. O perspektivah ispol'zovanija jelektrohimičeski aktivirovannyh rastvorov pri podgotovke l'njanoj rovnicy k prjadeniju // Мат. IV

Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. NIC "Akademicheskij": Fundamental'naja nauka i tehnologii – perspektivnye razrabotki. – 2014. S. 164...168.

2. Rudovskij P.N., Sorkin A.P., Sobashko Ju.A. Ispol'zovanie katolita pri podgotovke l'njanoy rovnicy k prjadeniju // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 5. S. 40...43.

3. Rudovskij P.N., Sorkin A.P., Smirnova S.G. Podgotovka rovnicy k prjadeniju v reaktore dlja jelektrohimicheskoy aktivacii vody // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 3. S.51...55.

4. Sorkin A.P., Rudovskij P.N. Namatyvanie rovnicy bez prinuditel'nogo privoda katushek na rovnichnyh mashinah. – Kostroma, 2015.

5. Rudovskij P.N., Sobashko Ju.A., Smirnova S.G. Vybory vremeni obrabotki l'njanoy rovnicy v JeHA-rastvorah s uchedom ih relaksacii // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2015, № 1 (34). S. 17...19.

6. Rudovskij P.N., Sobashko Ju.A., Smirnova S.G. Obosnovanie vremeni obrabotki l'njanoy rovnicy v JeHA-rastvorah s uchedom ih relaksacii // Sb. mat. Mezhdunar. nauchn.-tehn. konf.: Dizajn, tehnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (INNOVACII - 2015). – M.: MGUDT, 2015. S.193...196.

7. Rudovskij P.N., Sobashko Ju.A., Smirnova S.G. Vlijanie relaksacii svojstv JeHA-rastvorov na vybor rezhimov obrabotki l'njanoy rovnicy pri podgotovke ee

k prjadeniju// Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. S.82...88.

8. Sobashko Ju.A. Sovershenstvovanie rezhimov obrabotki l'njanoy rovnicy v JeHA-rastvorah pri podgotovke ee k prjadeniju // Sb. mat. XIX Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma (SMARTEX-2016): Fizika volknistykh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy. – Ivanovo: IVGPU, 2016. Ch.2. S. 92...94.

9. Rudovskij P.N., Bukalov G.K. Ispol'zovanie JeHA-rastvorov dlja snizhenija jekologicheskoy opasnosti tehnologicheskogo processa belenija i podgotovki rovnicy k prjadeniju // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, № 2 (33). S. 74...76.

10. Rudovskij P.N., Bukalov G.K., Sobashko Ju.A., Smirnova S.G. Vybory tehnologii podgotovki l'njanoy rovnicy k prjadeniju s uchedom neobходимosti snizhenija jekologicheskoy nagruzki na okruzhajushhuyu sredyu // Mat. VI Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. NIC "Akademicheskij": Aktual'nye napravlenija fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij. – 2015. S.106...116.

11. Rudovskij P.N., Bukalov G.K., Sobashko Ju.A. Snizhenie jekologicheskoy opasnosti tehnologicheskogo processa podgotovki l'njanoy rovnicy k prjadeniju za schet ispol'zovanija JeHA-rastvorov // Vestnik Tadzhičskogo tehničesk. un-ta. – 2015, № 1 (29). S.35...38.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 19.05.16.

УДК 677.021

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ ВЬЮРКОВЫМ СПОСОБОМ ИЗ БЕСКРУТОЧНОЙ РОВНИЦЫ**

### **ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF FORMATION OF THE LINEN YARN IN THE SPINNING FINCHES FROM UNTWISTED ROVING**

*Н.С. КУЗНЕЦОВА, У.Ю. ТИТОВА*  
N.S. KUZNETSCOVA, U.YU. TITOVA

(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: leto044@yandex.ru; UT1967@yandex.ru

*В статье рассмотрены вопросы формирования льняной вьюрковой пряжи из бескруточной ровницы, проведена оценка физико-механических характеристик полученного готового продукта, определены рациональные технологические режимы вьюрковой прядильной машины.*

*In article questions of formation of linen twisting yarn from untwisting rove are considered, assessment of physicomachanical characteristics of the received ready-*



*made product is carried out, the rational technological modes of twisting spinning machine are defined.*

**Ключевые слова:** аэродинамическое крутильное устройство, льняная пряжа, ровница, спектральный анализ.

**Keywords:** aerodynamic twisted the device, linen yarn, rove, the spectral analysis.

Специалистами КГУ предложен способ формирования бескруточной ровницы из льняных волокон [1...6], разработаны теоретические основы технологии получения такого продукта [7], [8], а также рекомендованы рациональные технологические режимы [9...11]. Данный способ позволяет повысить производительность ровничного перехода, а также снизить металлоемкость конструкции ровничной машины. На основе предложенной специалистами КГУ технологии получения бескруточной ровницы мокрым способом совместно КНИИЛП и ОАО "Костроматекстильмаш" разработан опытный образец новой ровничной машины для льна РБ-4-ЛО. Опытный образец изготовлен на заводе "Костроматекстильмаш" и установлен для испытаний в прядильной лаборатории КНИИЛП.

Технология получения бескруточной ровницы обладает определенными достоинствами, но вопрос о переработке такой ровницы в пряжу остается открытым. Предыдущие экспериментальные исследования процесса прядения бескруточной ровницы проводились только на отечественных кольцевых прядильных машинах мокрого прядения ПМ-88-Л5 и ПМ-88-Л8 [12], [13].

В процессе переработки бескруточной ровницы в пряжу сматывание ее с ровничной катушки оказалось затруднено в связи с низкой прочностью полуфабриката и достаточно высоким натяжением, вызываемым прохождением его через огибающие ролики.

Низкое натяжение ровницы на питании реализовано, например, на вьюрковых прядильных машинах [14...16]. При этом развитие вьюркового способа формирования пряжи является перспективным направлением научных исследований в текстильной

промышленности в связи с его высокой производительностью по сравнению с кольцевым способом выработки пряжи [15]. В лаборатории ОАО КНИИЛП установлен модуль вьюрковой прядильной машины МБП-1, на котором специалистами кафедры МТВМ проводятся научные исследования по установлению рациональных технических и технологических параметров при выработке вьюрковой пряжи. Сырьем для изготовления вьюрковой пряжи является ровница различной степени химической обработки. На рис. 1 приведена технологическая схема вьюркового прядильного модуля, где особенность питающего узла состоит в следующем: катушка с ровницей полностью погружена в прядильное корыто, направляющие ролики спроектированы таким образом, чтобы обеспечить низкое натяжение ровницы.

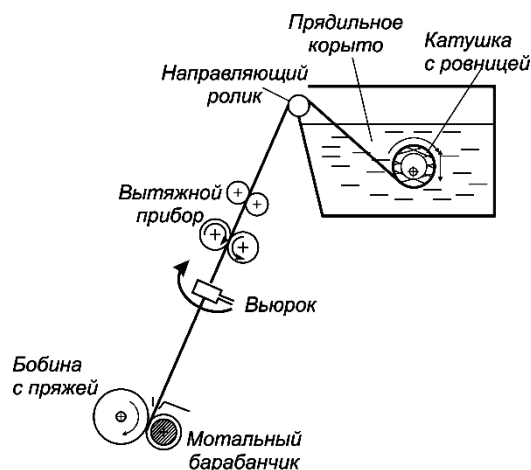


Рис. 1

Вопрос выработки пряжи на вьюрковой машине из бескруточной льняной и оческовой ровницы на сегодняшний день не исследовался и является новаторским в развитии вьюркового прядения льна. Задачей работы является оценка

возможности формирования льняной и оческовой пряжи вьюрковым способом из бескруточной ровницы щелочной и окислительной варки.

Наработка пряжи из бескруточной ровницы проводилась с использованием одновьюркового аэродинамического крутильного устройства. Технологические параметры: нагон  $N=10,7\%$ , вытяжка  $E=6$ , давление во вьюрке менялось от 0,1 до 0,2 МПа.

Исследования проводили на четырех видах бескруточной ровницы: льняной ровнице щелочной и окислительной варки и оческовой ровнице окислительной и щелочной варки; линейная плотность от 460 до 560 текс.

Стабильный технологический процесс наблюдался при выработке пряжи из льняной и оческовой ровницы щелочной варки с вытяжкой в вытяжном приборе не более

шести. При перерабатывании льняной и оческовой ровницы окислительной варки наблюдалась высокая обрывность в зоне выхода ее из прядильного корыта, поскольку ровница имеет низкую прочность из-за низкой линейной плотности и небольшого количества пектиновых веществ. Авторами отмечается возможность стабильного протекания технологического процесса формирования вьюрковой пряжи из ровницы более высоких линейных плотностей.

На рис. 2 (физико-механические характеристики льняной вьюрковой пряжи, выработанной из ровницы щелочной варки) и в табл. 1 (характеристики с КЛА-М) представлены результаты исследований физико-механических характеристик льняной вареной пряжи линейной плотности 93 текс.

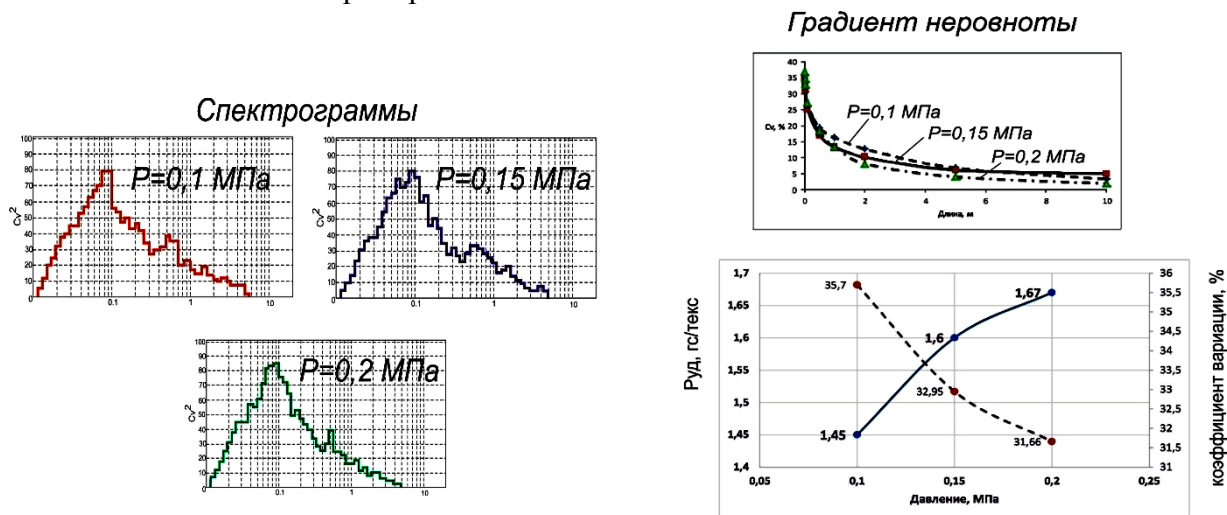


Рис. 2

Таблица 1

Название	Давление, МПа		
	0,1	0,15	0,2
Пороки пряжи:			
Узелки	0	3	0
Утолщения	8	11	12
Утонения	60	64	76
Сумма пороков	68	78	88
Характеристики спектрограмм:			
Коэффициент вариации $C_v$ , %	32,11	33,29	32,73
Общая дисперсия $C_v^2$	1031,98	1111,12	1073,64
Дисперсия D (12-400 мм)	780,45	861,12	855,19

Анализируя спектрограммы (рис. 3, табл. 1), видим, что неровнота готового

продукта, сформированного при разных

давлениях сжатого воздуха во вьюрке, отличается незначительно (до 4%), пороки пряжи выше при давлении 0,2 МПа. Увели-

чение пороков, возможно, объясняется более сильным закручиванием продукта в зоне воздействия вьюрка на мычку.

### Спектрограммы

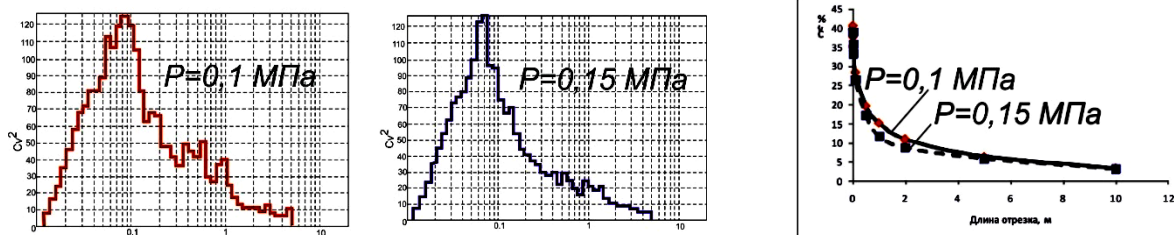


Рис. 3

Анализ обработки результатов по исследованию прочности вьюрковой пряжи показал положительное влияние увеличения давления сжатого воздуха во вьюрке, что подтверждается предыдущими исследованиями [15]. Увеличение давления сжатого воздуха во вьюрке ведет к усиленному закручиванию волокон вокруг оси продукта, тем самым упрочняя его.

На рис. 3 и в табл. 2 (характеристики с КЛА-М) представлены результаты исследований физико-механических характеристик льняной вьюрковой пряжи, выработанной из ровницы щелочной варки линейной плотности 76 текс.

При сравнении спектрограмм (рис. 3,

табл. 2) авторами отмечены более низкая неровнота и количество пороков вьюрковой пряжи при давлении сжатого воздуха во вьюрке 0,15 МПа. Повышение прочности продукта зафиксировано с увеличением давления сжатого воздуха во вьюрке.

Сравнительный анализ физико-механических характеристик льняной и оческовой пряжи показал, что прочность оческовой пряжи ниже прочности льняной (как и в характеристиках кольцевой пряжи), при этом неровнота оческовой пряжи выше.

В целом отмечается повышенная неровнота по линейной плотности и разрывной нагрузке и низкая удельная прочность по сравнению с кольцевой пряжей.

Таблица 2

Название	Давление, МПа	
	0,1	0,15
Пороки пряжи:		
Узелки	62	50
Утолщения	14	22
Утонения	136	120
Сумма пороков	212	192
Характеристики спектрограмм:		
Коэффициент вариации $C_v$ , %	37,77	36,89
Общая дисперсия $C_v^2$	1426,3	1364,29
Дисперсия D (12...400 мм)	1161,33	1133,33
Результаты с разрывной машины:		
Удельная разрывная нагрузка Руд, гс/текс	1,08	1,2
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке $C_v$ , %	52,3	50,13

### ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность выработки вьюрковой пряжи 80...110 текс из льняной и оческовой вареной бескруточной ровницы.

2. Определены технологические параметры на вьюрковой прядильной машине при формировании пряжи из бескруточной ровницы: вытяжка от 4...9, нагон около 11%, давление сжатого воздуха во вьюрке не ниже 0,15 МПа.

3. Определены физико-механические характеристики готового продукта, проведен сравнительный анализ: неровнота по линейной плотности и разрывной нагрузке оческовой вьюрковой пряжи выше льняной, а прочность выше у льняной пряжи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение *RUS 2208070*. Способ формирования ровницы и устройство для его осуществления / Соркин А.П., Рудовский П.Н., Красильщик Э.Г., Гаврилова А.Б., Филиппук А.Н., Гоголинский А.Г. – Оpubл. 09.01.2001.

2. Патент на изобретение *RUS 2128252*. Способ получения ровницы и устройство для его осуществления / Палочкин С.В., Козлов В.А., Соркин А.П., Рудовский П.Н.

3. Патент на изобретение *RUS 2148113*. Способ формирования некрученой ровницы из льняного волокна / Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Егоров Д.Л. – Оpubл. 22.07.1999.

4. Патент на изобретение *RUS 2164567*. Ровница и способ ее получения / Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П. – Оpubл. 27.03.2000.

5. Патент на изобретение *RUS 2168569*. Устройство формирования некрученой ровницы из льняного волокна / Палочкин С.В., Соркин А.П., Рудовский П.Н., Егоров Д.Л. – Оpubл. 22.05.2000.

6. Патент на изобретение *RUS 2227824*. Способ формирования некрученой ровницы из льняного волокна / Ямщиков А.В., Рудовский П.Н. – Оpubл. 25.02.2003.

7. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна // Депонированная рукопись № 82-V2010. – 17.02.2010.

8. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Влияние условий формирования мокрой бескруточной ровницы на ее структуру и прочность // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 3. С. 34...38.

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

10. Рудовский П.Н., Баскаков Д.А., Смирнова С.Г. Теоретический анализ влияния частоты вращения вьюрка на прочность бескруточной ровницы // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 1 (32). С. 19...22.

11. Кириллова Е.С., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Влияние срока хранения увлажненной бескруточной ровницы на ее качество // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2006. № 13. С. 14...15.

12. Кузнецова Н.С., Смирнова Е.Е., Лунчева Д.В. Исследование процесса переработки бескруточной ровницы на прядильной машине мокрого прядения

ПМ-88-Л5 // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2015, № 1 (34). С. 22...25.

13. Титова У.Ю., Смирнова Е.Е. К вопросу о формировании пряжи из бескруточной ровницы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.64...67.

14. Кузнецова Н.С., Ильин Л.С. Исследование влияния давления во вьюрках на прочность льняной пряжи и крутку в зоне между вытяжной парой и верхним вьюрком // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5.

15. Кузнецова Н.С., Ильин Л.С., Проталинский С.Е. Вьюрковое прядение льна. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технолог. ун-та, 2013.

16. Кузнецова Н.С. Динамика кручения пряжи при вьюрковом прядении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3.

#### REFERENCES

1. Patent na izobretenie *RUS 2208070*. Sposob formirovanija rovnicy i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / Sorkin A.P., Rudovskij P.N., Krasil'shnik Je.G., Gavrilova A.B., Filippjuk A.N., Gogolinskij A.G. – Opubl. 09.01.2001.

2. Patent na izobretenie *RUS 2128252*. Sposob poluchenija rovnicy i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / Palochkin S.V., Kozlov V.A., Sorkin A.P., Rudovskij P.N.

3. Patent na izobretenie *RUS 2148113*. Sposob formirovanija nekruchenoj rovnicy iz l'njanogo volokna / Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Egorov D.L. – Opubl. 22.07.1999.

4. Patent na izobretenie *RUS 2164567*. Rovnica i sposob ee poluchenija / Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Sorkin A.P. – Opubl. 27.03.2000.

5. Patent na izobretenie *RUS 2168569*. Ustrojstvo formirovanija nekruchenoj rovnicy iz l'njanogo volokna / Palochkin S.V., Sorkin A.P., Rudovskij P.N., Egorov D.L. – Opubl. 22.05.2000.

6. Patent na izobretenie *RUS 2227824*. Sposob formirovanija nekruchenoj rovnicy iz l'njanogo volokna / Jamshhikov A.V., Rudovskij P.N. – Opubl. 25.02.2003.

7. Rudovskij P.N., Smirnova S.G. Matematicheskaja model' prochnosti mokroj beskrutochnoj rovnicy iz l'na // Deponirovannaja rukopis' № 82-V2010. – 17.02.2010.

8. Rudovskij P.N., Sorkin A.P., Smirnova S.G. Vlijanie uslovij formirovanija mokroj beskrutochnoj rovnicy na ee strukturu i prochnost' // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 3. S.34...38.

9. Rudovskij P.N., Smirnova S.G. Vlijanie obvivochnyh volokon na prochnost' nekruchenoj rovnicy iz l'na // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2010, № 23. S. 34...37.

10. Rudovskij P.N., Baskakov D.A., Smirnova S.G. Teoreticheskij analiz vlijanija chastoty vrashhenija v'jurka na prochnost' beskrutochnoj rovnicy // Vestnik

Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, № 1 (32). S. 19...22.

11. Kirillova E.S., Rudovskij P.N., Sorkin A.P. Vlijanie sroka hranenija uvlazhnennoj beskrutochnoj rovnicy na ee kachestvo // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2006. № 13. S. 14...15.

12. Kuznecova N.S., Smirnova E.E., Luncheva D.V. Issledovanie processa pererabotki beskrutochnoj rovnicy na prjadil'noj mashine mokrogo prjadenija PM-88-L5 // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2015, № 1 (34). S. 22...25.

13. Titova U.Ju., Smirnova E.E. K voprosu o formirovanii prjazhi iz beskrutochnoj rovnicy // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S.64...67.

14. Kuznecova N.S., Il'in L.S. Issledovanie vlijaniya davlenija vo v'jurkah na prochnost' l'njanoj prjazhi i

krutku v zone mezhdju vytjazhnoj paroj i verhnim v'jurkom // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5.

15. Kuznecova N.S., Il'in L.S., Protalinskij S.E. V'jurkovoje prjadenie l'na. – Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. tehnolog. un-ta, 2013.

16. Kuznecova N.S. Dinamika kruchenija prjazhi pri v'jurkovom prjadenii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3.

Рекомендована кафедрой механических технологий волокнистых материалов. Поступила 30.05.16.

---

УДК 677.024

**АНАЛИЗ НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВНЫХ И УТОЧНЫХ НИТЕЙ  
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ТКАНЕЙ**

**ANALYSIS OF TENSION WARP AND WEFT THREADS  
AT PRODUCING A MULTI-LAYER TISSUES**

*В.Т. СЕРГЕЕВ, С.Д. НИКОЛАЕВ*  
*V.T. SERGEEV, S.D. NIKOLAEV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: nsd0701@mail.ru

*В работе представлены основные результаты исследования натяжения основных и уточных нитей при изготовлении многослойной комбинированной ткани из кварцевых и углеродных нитей при помощи новой автоматизированной информационно-измерительной системы.*

*The paper presents the main results of the study on-pulling the warp and weft yarns in the production of multi-layer fabric combination of silica and carbon fibers are in the power of the new automated information-measuring system.*

**Ключевые слова:** натяжение, основа, уток, ткань, измерительная система.

**Keywords:** tension base, ducks, textile, measuring system.

В настоящей работе для записи натяжения основных ( $F_0$ ) и уточных ( $F_y$ ) нитей в динамических условиях выработки многослойных тканей различного строения используется новая измерительная система.

АИИС – автоматизированная информационно-измерительная система, которая представляет собой программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизированного проведения исследований быстропротекающих процессов, в том

числе определения технологических параметров изготовления многослойных тканей (МТ) и цельнотканых многослойных заготовок (ЦТМЗ).

Измерительная подсистема АИИС состоит из датчиков для записи  $F_0$  одиночной и группы основных нитей,  $F_y$  уточных нитей, а также датчиков, фиксирующих положение главного вала (абсолютный многооборотный энкодер AFM 60 В) и начало раппорта переплетения многослойной

ткани любой структуры (датчик счета звеньев цепи каретки MM12-60ARS-ZUK).

Сигналы с датчиков поступают через тензометрический, цифровой и аналого-цифровые многоканальные модули на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

Экспериментальные данные в режиме реального времени с частотой 1000 измерений/с записываются в файл специального формата Technical Data Management Steaming (TDMS) компании National Instruments.

В АИИС встроены программы Lab Viewer (предварительный просмотр полученных данных), Origin Lab 8.6 компании Origin Lab Corporation (визуализация в виде графиков), Poster Printer (подготовка к печати и печать графиков). Последователь-

ность работы в АИИС представлена в Приложении №1.

Массив данных формируется по каждому датчику в формате Excel (xls) или Word (doc). Датчики сконструированы с учетом температурно-влажностных условий, запыленности и специфических свойств углеродных и кварцевых нитей.

Исследование осуществляли с помощью разработанных датчиков натяжения одиночных и группы основных нитей, датчиков уточных нитей, положения главного вала и отсчета начала раппорта переплетения. Измерительные датчики встроены в автоматизированную информационно-измерительную систему (АИИС), которая предназначена для записи, визуализации и обработки быстропротекающих процессов в реальном времени (рис. 1 – структурная схема АИИС).

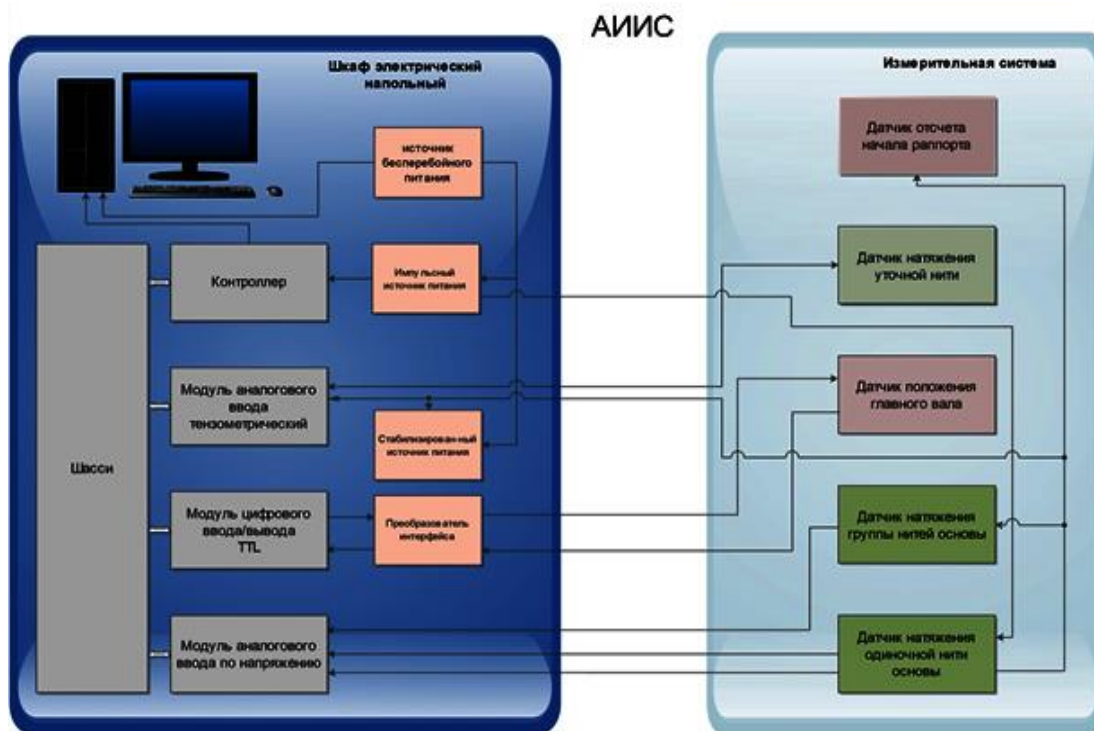
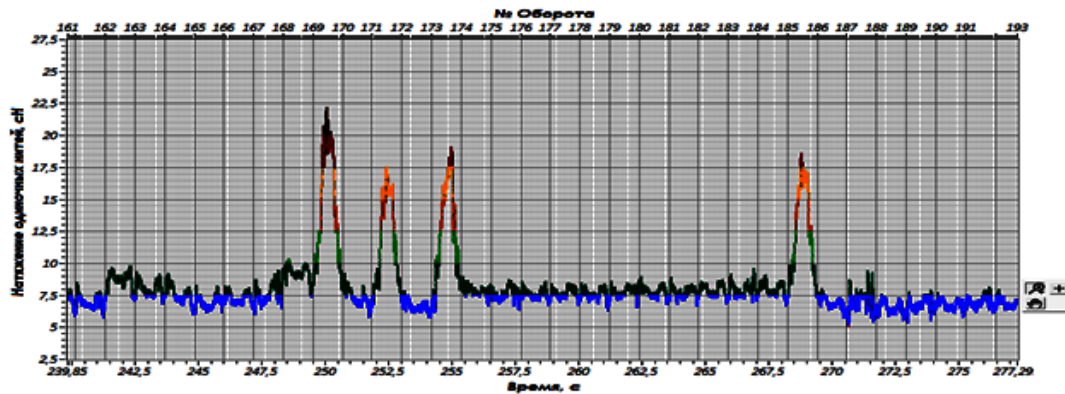


Рис. 1

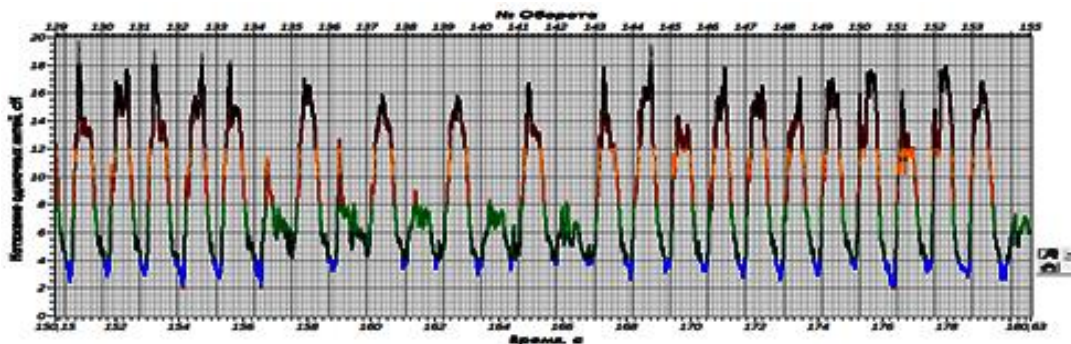
С помощью АИИС определены фактические значения натяжения основных нитей в полотнах и слоях многослойной комбинированной ткани, выявлено влияние вида нитей и технологических параметров заправки. Всего было поведено более 120 записей, получены диаграммы для всех основных нитей раппорта переплетения

( $R_o=16$ ). Характер диаграмм (рис. 2 – натяжение основных углеродных (а) и кварцевых (б) нитей в пределах раппорта переплетения) свидетельствует о том, что натяжение основы имеет значительные колебания по величине и зависит от вида нитей и базового переплетения.





а)



б)

Рис. 2

Запись  $F_0$  углеродных и кварцевых нитей основы осуществлялась на ткацком станке КПТЗ-160С датчиком, установленным в начале шпулярника, то есть определялось  $F_0$  нитей, с которым они входили в зону шпулярник – скальное устройство. Всего было проведено более 120 записей. Получены диаграммы для всех основных нитей раппорта переплетения многослойной комбинированной ткани ( $R_0 = 16$ ), где: с 1 по 4-ю нити используется углерод в верхнем полотне; с 5 по 8-ю – кварц в верхнем полотне; с 9 по 12-ю – кварц в нижнем полотне; с 13 по 16-ю – углерод в нижнем полотне.

Характер полученных диаграмм позволяет установить, что при опускании ремизки в нижнее положение  $F_0$  в 2...3 раза, а в некоторых случаях в 5...6 раз, больше, чем при образовании основного перекрытия и может достигать 80...190 сН. При этом наглядно видно, что движение ремизок соответствует базовым переплетениям

многослойной ткани: углеродные нити переплетаются по 4-ремизному неправильному сатину; кварцевые – в соответствии с производным от полотняного.

Представленные диаграммы  $F_0$  углеродных нитей Урал-Н/22×1×2 (410 текс) и  $F_0$  кварцевых нитей КС 11-17×2×2×3×3 (612 текс) верхнего и нижнего полотен МКПТ свидетельствуют о том, что наиболее напряженное состояние характерно для основных нитей, образующих нижнее полотно. Оно отличается наибольшими колебаниями  $F_0$ .

Углеродные нити нижнего полотна в пределах раппорта переплетения имеют только четыре основных перекрытия, где  $F_0$  изменяется незначительно от 10...15 сН до 22...30 сН. В остальных случаях (28 прокидок из раппорта)  $F_0$  увеличивается до 50...65 сН и падает до 7...10 сН. Перепады в натяжении основных нитей (в 6...7 раз) обусловлены использованием каретки закрытого зева и переплетением многослойной полой ткани, в котором при переходе от



верхних слоев к нижним количество уточных перекрытий увеличивается. Одновременно возрастает количество всплесков  $F_0$  (в период: заступ – нижнее положение ремизки – заступ), которое характеризуется повышенными деформационными нагрузками.

Для углеродных нитей верхнего полотна наблюдается обратная картина, где колебания  $F_0$  случаются реже.

Сравнивая  $F_0$  кварцевых нитей (рис. 4) различных полотен МКПТ, необходимо отметить, что характер деформации кварцевых основных нитей аналогичен углеродным, то есть является наиболее напряженным в нижнем полотне за счет больших и многократно повторяющихся амплитуд колебаний  $F_0$  и постепенно возрастающих при переходе от верхнего к нижнему полотну. Приращение  $F_0$  составляет 11...18 сН при незначительном среднем натяжении 12...24 сН во время полного открытия зева.

На станке КПТЗ-160С установлена ремизоподъемная каретка закрытого зева и это видно по диаграммам: за каждый оборот главного вала нить основы перемещается вверх или вниз и возвращается на средний уровень, что отражается на величине натяжения. При использовании каретки закрытого зева создаются условия меньшего нагружения основных нитей при прибое по сравнению с условиями прибое в момент полного открытия (каретка открытого зева) или приспускания ремизок на станках с ремизоподъемной кареткой полуоткрытого зева.

Величина  $F_0$  углеродных нитей больше, чем у кварцевых, особенно в верхнем полотне полой ткани (рис. 3 – натяжение углеродных и кварцевых основных нитей в различных полотнах многослойной комбинированной углеродно-кварцевой ткани), и достигает в среднем 75...80 сН у углеродных нитей и 15...20 сН – у кварцевых нитей.

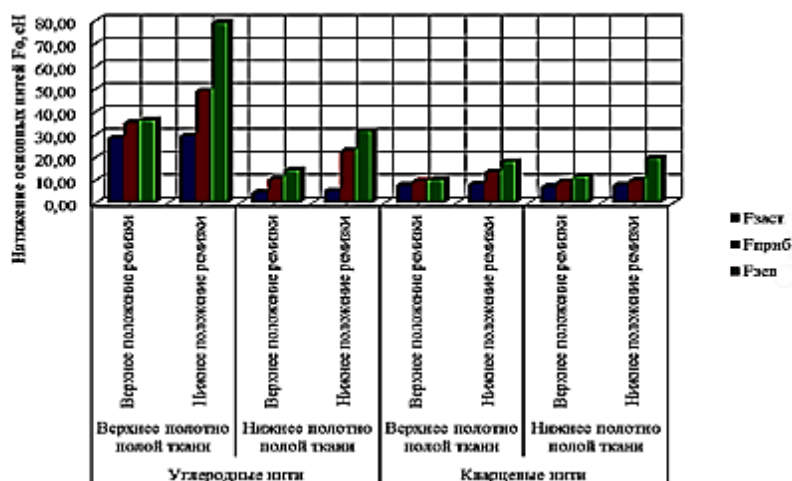


Рис. 3

Представляют интерес сведения об изменении  $F_0$  в зависимости от расположения нитей на шпулярнике ткацкого станка. Большая разница в натяжении (при максимуме в 1...2-м и 16...17-м вертикальных рядах и минимуме в средних рядах) появляется из-за различной степени изгиба основных нитей при выходе со шпулярника, в направляющих скального устройства и влияния высоты подъема ремизок (рис. 4 – натяжение основных нитей ( $F_0$ ) на станке

КПТЗ-160С при выработке МКПТ в зависимости от их расположения по вертикали шпулярника).

Для исследования натяжения уточных нитей ( $F_y$ ) разработано измерительное устройство, вмонтированное непосредственно в челнок (рис. 5 – фото челнока (вид сверху) с датчиком натяжения утка), что обеспечило непрерывную запись диаграмм без нарушения процесса ткачества и изменения структуры ткани.



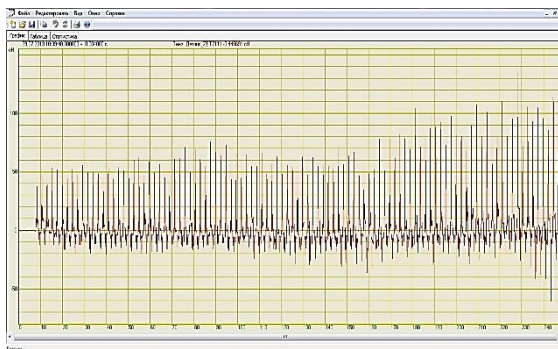
Рис. 4

При использовании его совместно с АИИС получены новые сведения о деформации уточных нитей при формировании МКПТ. В процессе исследования установлено, что  $F_y$  углеродных и кварцевых нитей по мере сматывания с уточного початка увеличивается в 2 раза при наличии периодических колебаний и существенного отличия по абсолютной величине при изменении направления полета челнока (рис. 6 –

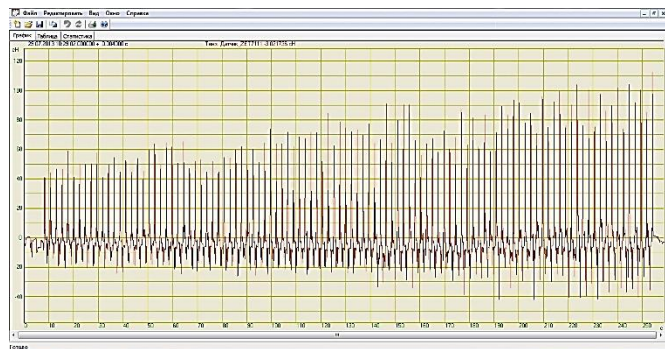
тензограммы  $F_y$  углеродных (а) и кварцевых (б) нитей за время сматывания с одной уточной шпули).



Рис. 5



а)



б)

Рис. 6

На рис. 7 показан фрагмент тензограммы  $F_y$  при сматывании с уточной шпули на станке КПТЗ-160С, на котором видны изменения натяжения утка за каждый цикл работы ткацкого станка. Наибольшего значения – до 100 сН  $F_y$  дос-

тигает при  $180^\circ$  (полет слева – направо) и до 50 сН – при  $210^\circ$  (полет справа – налево), что соответствует процессу сматывания уточной нити с початка, сопровождаемому усилением воздействия уточной нити на датчик натяжения.

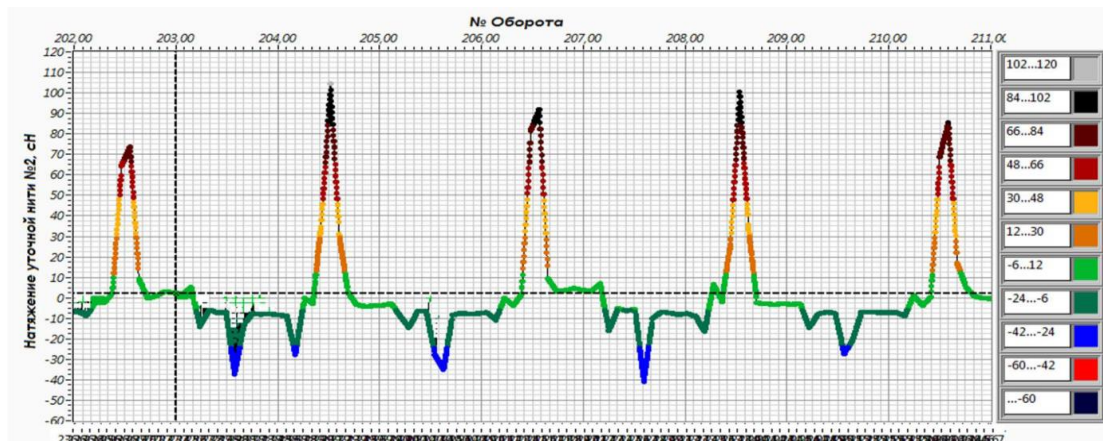


Рис. 7

Полученные результаты исследования  $F_y$  в динамических условиях ткачества могут быть использованы при оптимизации процесса выработки многослойных полых тканей различных структур.

### ВЫВОДЫ

1. Разработана новая система измерения натяжения основных и уточных нитей при изготовлении многослойной комбинированной углеродно-кварцевой ткани, разработана программа обработки результатов экспериментального исследования программой просмотра АИИС.

2. Предложены конструкции датчиков для непрерывного измерения натяжения основных и уточных нитей в режиме реального времени при выработке многослойной комбинированной ткани сложной структуры.

3. Установлено, что особенностью технологии стеклоткачества является расположение нитей основы на шпулярнике, где каждая нить сматывается с отдельной катушки, что позволяет вырабатывать многослойные ткани из нитей разной линейной плотности, вида и структуры при использовании различных видов базовых переплетений.

4. Показано, что наиболее напряженное состояние характерно для основных нитей, образующих верхнее полотно, оно отличается наибольшими значениями и колебаниями натяжения основных нитей.

5. Установлено, что натяжение основных нитей при зевобразовании превышает

натяжение основных нитей при прибое, что является отличным от обычных однослойных тканей.

6. Фактические значения натяжения уточных углеродных и кварцевых нитей показывают, что у обоих видов нитей в процессе сматывания от начала до конца пачковки натяжение увеличивается практически в 2 раза. Однако они отличаются по абсолютной величине: при полете челнока слева – направо натяжение утка значительно превышает натяжение утка при полете его справа – налево. Это оказывает существенное влияние на структуру многослойной полых ткани и особенно на формирование зоны условного шва. Установлено, что это связано с разнотяннутостью уточных нитей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003.
2. Перепелкин Е.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. – СПб: Научные основы и технологии, 2009.
3. Евсюкова Е.В. Разработка структуры и исследование свойств углеродных тканей для композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С.74...77.
4. Брут-Бруляко А.Б., Ерохова М.Н. Влияние скорости ткацкого станка СТБ на натяжение основных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5. С.76...79.
5. Брут-Бруляко А.Б., Ширин А.А. Натяжение уточной нити на челночном ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.70...74.

6. Кащеева М.М., Николаев С.С. Анализ свойств и строения углеродных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С.70...72.

7. Сергеев В.Т., Николаев С.Д., Сумарукова Р.И. Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 81...85.

8. Сергеев В.Т. Технологические особенности изготовления многослойной бикомпонентной ткани // Сб. научн. тр. аспирантов. Вып. 18. – М., 2012.

9. Ульвачева Л.А., Бесшапошникова В.И., Жагрина И.Н., Кирсанова Е.А., Змеева Е.Д., Некрасова Н.В. Анализ ассортимента многослойных текстильных материалов и разработка их классификации // Дизайн и технологии. – 2014, № 44 (86). С. 71...78.

10. Макаров А.А., Солодков Б.Е. Разработка программного обеспечения для программируемой платформы ARDUINO на базе микроконтроллера ATMEGA // Дизайн и технологии. – 2014, № 44 (86). С. 88...91.

#### REFERENCES

1. Nikolaev S.D., Martynova A.A., Juhin S.S., Vlasova N.A. Metody i sredstva issledovaniya tehnologicheskikh processov v tkachestve. – М.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2003.

2. Perepelkin E.E. Armirujushhie volokna i voloknistye polimernye kompozity.- SPB: Nauchnye osnovy i tehnologii, 2009.

3. Evsjukova E.V. Razrabotka struktury i issledovanie svojstv uglerodnyh tkanej dlja kompozitov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S.74...77.

4. Brut-Bruljako A.B., Erohova M.N. Vlijanie skorosti tkackogo stanka STB na natjazhenie osnovnyh nitej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5. S.76...79.

5. Brut-Bruljako A.B., Shirin A.A. Natjazhenie utочноj niti na chelnochnom tkackom stanke // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.70...74.

6. Kashheeva M.M., Nikolaev S.S. Analiz svojstv i stroeniya uglerodnyh tkanej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №4S. S.70...72.

7. Sergeev V.T., Nikolaev S.D., Sumarukova R.I. Tehnologija izgotovleniya mnogoslnoy bikomponentnoj tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S. 81...85.

8. Sergeev V.T. Tehnologicheskie osobennosti izgotovleniya mnogoslnoy bikomponentnoj tkani // Sb. nauchn. tr. aspirantov. Vyp. 18. – М., 2012.

9. Ul'vacheva L.A., Besshaposhnikova V.I., Zhagrina I.N., Kirsanova E.A., Zmeeva E.D., Nekrasova N.V. Analiz assortimenta mnogoslnoy tekstil'nyh materialov i razrabotka ih klassifikacii // Dizajn i tehnologii. – 2014, № 44 (86). S. 71...78.

10. Makarov A.A., Solodkov B.E. Razrabotka programmno obespecheniya dlja programmiruemoj platformy ARDUINO na baze mikrokontrollera ATMEGA // Dizajn i tehnologii. – 2014, № 44 (86). S. 88...91.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 05.06.15.

УДК 677.024.084

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ УТКА НА БЕСЧЕЛНОЧНЫХ СТАНКАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

### DETERMINATION OF THE TENSION OF WEFT IN SHUTTLELESS LOOMS OF VARIOUS CONSTRUCTIONS

*П.Е. САФОНОВ, С.С. ЮХИН*  
*P.E. SAFONOV, S.S. YUKHIN*

(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР", Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(TEKS-CENTRE Ltd, Moscow State University of Design and Technology)

E-mail: info@teks-centre.ru, office@msta.ac.ru

*В статье представлены результаты исследований по экспериментальному определению натяжения точных нитей на бесчелночных станках*

*различной конструкции при изготовлении синтетических тканей технического и специального назначения. На основании полученных осциллограмм определены основные закономерности изменения натяжения утка при прокладывании.*

*The paper presents the results of research on experimental determination of the tension of weft threads in shuttleless looms of various constructions in the formation of synthetic fabrics for technical and special purpose. Based on oscillogram identified the main regularities of changes in the tension of the weft in the weaving process.*

**Ключевые слова:** натяжение утка, бесчелночные ткацкие станки, периоды прокладывания утка.

**Keywords:** the tension of the weft, shuttleless weaving looms, the periods of laying weft.

Вопрос экспериментального определения натяжения уточной нити в процессе прокладывания является особенно актуальным, так как от закона нагружения утка, наряду с законом нагружения основы, во многом зависят условия технологического процесса ткачества (обрывность и повреждаемость нитей), а значит и эксплуатационные свойства технической ткани.

В существующей литературе фактически отсутствуют конкретные рекомендации по уровню натяжения уточных нитей при изготовлении тканей с заданными свойствами, что объясняется сложностью экспериментального изучения натяжения утка (во-первых, из-за конструктивных особенностей станков, не позволяющих разместить тензодатчик в нужном месте, а во-вторых, из-за кратковременности процесса прокладывания).

Из работы [1] известно об опыте экспериментальных измерений натяжения утка на челночном ткацком станке КПТЗ-160С при изготовлении многослойных комбинированных полых тканей, содержащих углеродные и кварцевые нити. Автором предложено использовать специальный датчик утка, встроенный в корпус челнока, который непрерывно фиксирует величину  $F_y$  при прокладывании утка в зев. Установлено, что наибольшее значение натяжения утка наблюдается при его сматывании со

шпули, также наблюдается увеличение натяжения по мере срабатывания шпули.

Из работы [2] известно, что при изготовлении защитных тканей из арамидных нитей на станках системы СТБ и Dornier происходит снижение разрывной нагрузки утка от 4 до 9%.

На основании собственных исследований установлено, что арамидные нити Руслан 29,4 текс с малой величиной крутки от 0 до 50 кр/м в процессе ткачества на рапирных станках фирмы Dornier снижают свою разрывную нагрузку до 12%, при этом наблюдается высокая обрывность некрученого утка при прокладывании. На рис. 1 представлены фотографии, сделанные в момент захвата арамидной уточины головкой принимающей рапиры в центральной части станка (рис. 1-а) и в момент, предшествующий прибору проложенной уточины, имеющей до прибора прямолинейную форму (рис. 1-б).

Также установлено, что на станках системы СТБ может происходить значительная потеря свойств уточных нитей из-за несовершенства конструкции механизма уточного тормоза. На примере полиэфирных комплексных нитей 28 текс известно, что их разрывная нагрузка, удлинение и работа разрыва снижаются на 22, 47 и 66% соответственно.



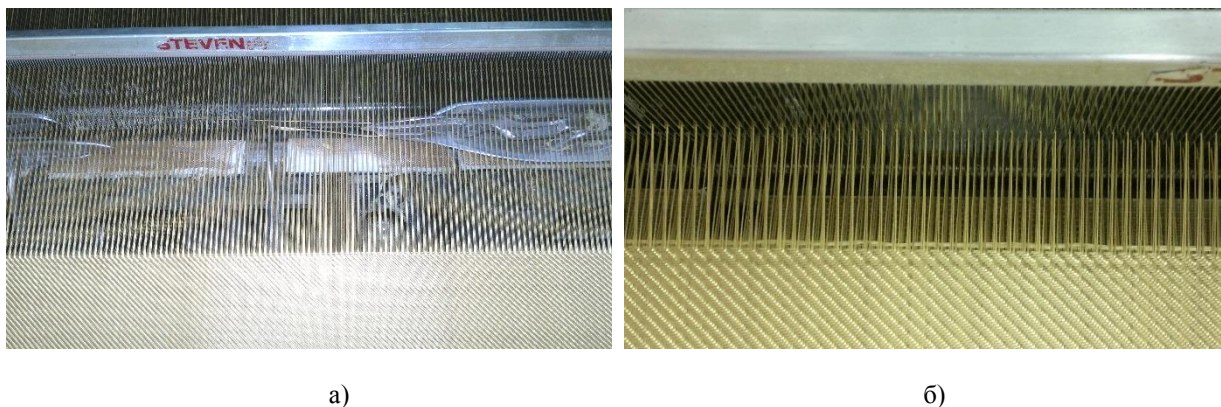


Рис. 1

Таким образом, можно сделать вывод о том, что вопрос об изменении свойств уточной нити в процессе ткачества является малоизученным и недооцененным, что требует отдельного исследования.

В настоящей работе для исследования натяжения уточных нитей в процессе прокладывания были выбраны бесчелночные ткацкие станки, используемые для изготовления синтетических тканей технического назначения в производстве ООО "ТЕКС-ЦЕНТР", а именно станок системы СТБ-4-220 и станки с жесткими рапирами MAV SNR-140 фирмы SACM и станки фирмы Dornier.

Для измерений натяжения уточных нитей предложено использовать специальную

современную тензометрическую аппаратуру, которая позволяет проводить высокоточные динамические измерения для нитей различной природы линейной плотности от 1,3 до 110 текс.

В табл. 1 представлены результаты измерения натяжения утка на станке СТБ-4-220 при изготовлении двух различных технических тканей арт. 56026 и 5486-15Т. Ткань арт. 56026 вырабатывается переплетением рогожка 2/2 из комплексных полиамидных нитей, а ткань арт. 5486-15Т – двухслойным переплетением из огне- и термостойких комбинированных электропроводящих нитей.

Т а б л и ц а 1

Показатели	Артикул ткани	
	56026	5486-15Т
Вид нитей утка	полиамид	комбинированная электропроводящая
Линейная плотность утка, текс	29,0	41,0
Плотность ткани по утку, нитей/см	24	38
Переплетение ткани	рогожка 2/2	двухслойное
Тип станка	СТБ-4-220 (накопитель НЭМ-1)	СТБ-4-220 (без накопителя утка)
Вид зевообразовательного механизма	кулачковый	каретка СКН-14
Скорость станка, мин <sup>-1</sup>	175	150
Время формирования элемента ткани, с	0,344	0,403
Среднее натяжение утка, сН	47,07	55,95
Максимальное натяжение утка, сН	225,81	159,40
Минимальное натяжение утка, сН	0,26	0,15
Относительная амплитуда колебаний натяжения	4,79	2,85

На рис. 2 представлена экспериментальная кривая натяжения утка на станке СТБ-4-220. На кривой обозначены характерные периоды прокладывания утка. Период 1 начинается с момента разгона прокладчика

и заканчивается в момент достижения максимальной скорости при полете в зеве – продолжительность до 0,04 с. Период 2 соответствует прокладыванию утка в зеве, при этом происходит сматывание нити с бо-

бины – продолжительность до 0,1 с. Период 3 соответствует времени действия уточного тормоза при полете прокладчика в зеве – продолжительность до 0,085 с. Период 4 соответствует торможению прокладчика в приемной коробке, при этом возвратчик утка начинает движение в обратную сторону – продолжительность до 0,022 с. Период 5 соответствует действию тормоза и компенсатора, при этом натяжение достигает определенной величины, необходимой для формирования элемента ткани – продолжительность до 0,062 с. Период 6 начинается в момент, когда ориентированную уточную нить захватывают губки возвратчика утка, происходит отвод конца уточины возвратчиком в исходное положение для передачи его прокладчику – продолжительность до 0,09 с.

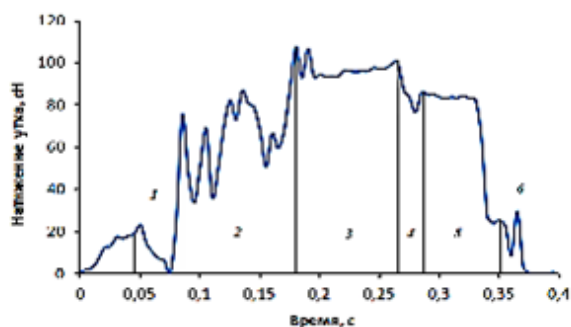


Рис. 2

Установлено, что первый пик в натяжении утка наблюдается в конце периода 1, то есть в момент достижения максимальной скорости прокладчика, далее уточная нить сматывается с паковки и прокладывается в зеве. В начале периода 3 наблюдаются еще два значительных кратковременных увеличения натяжения утка – в начале торможения (поперечный удар тормозной лапкой) и продольный удар, наносимый нитепрокладчиком.

На рис. 3 представлена осциллограмма натяжения полиамидной уточной нити за время четырех прокидок. На кривой четко выделяются пики в конце периода 1 и в начале периода 3. Также стоит отметить, что средний уровень натяжения утка на станках СТБ, несмотря на то, что измерения проводились для совершенно разных нитей

на разных станках, отличается не более чем на 20%.

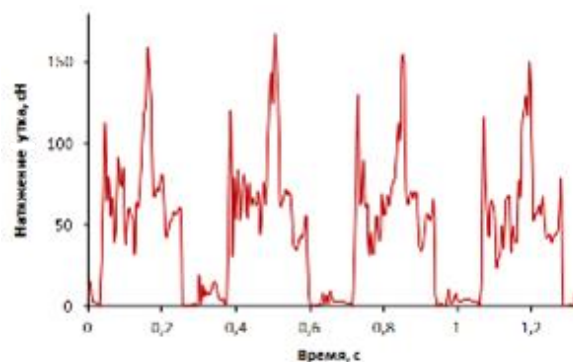


Рис. 3

Максимальный уровень натяжения утка на станке СТБ может достигать 12% от разрывной нагрузки для полиамидной нити и 49% – для комбинированной электропроводящей нити. Это может привести к снижению прочности или обрыву утка, или к его недолетам.

Рассмотрим натяжение утка на рапирных ткацких станках MAV SNR-140 при изготовлении технических тканей из различных видов полиамидных и полиэфирных моно- и комплексных нитей.

В табл. 2 представлены результаты измерений натяжения утка, а на рис. 4 – осциллограмма натяжения уточной полиэфирной мононити 1,3 текс (Ø 34 мкм) на рапирном станке MAV SNR-140 за время 4-х прокидок.

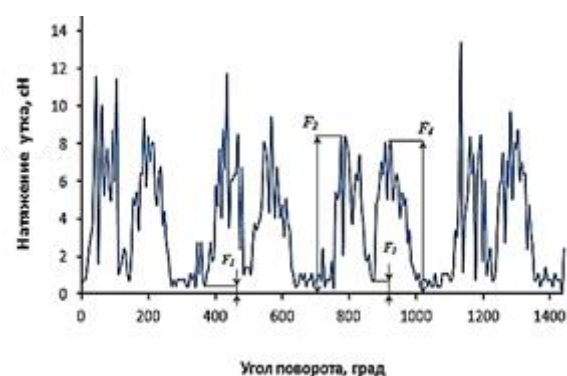


Рис. 4

На рис. 4 отмечены характерные точки:  $F_1$  – натяжение нити в момент ее захвата рапирой вне зева, головка рапиры захватывает уточину, начинается сматывание нити

с паковки;  $F_2$  – натяжение нити при прокладывании ее подающей рапирой на половину ширины заправки;  $F_3$  – натяжение нити при передаче рапирами в центре заправки;  $F_4$  – натяжение нити при прокладывании ее приемной рапирой на половину ширины заправки.

В работе [3] справедливо отмечается, что прибор уточины на станке MAV производится после ее обрезания (это относится и к другим бесчелночным станкам), то есть на натяжение утка при приборе практически невозможно повлиять (и измерить его) с помощью используемых на станках натяжных устройств.

Т а б л и ц а 2

Показатели	Артикул ткани			
	5440-11	5489-15	56151	5360-79
Вид нитей утка	полиэфир моно	полиамид моно	полиамид текстурированный	полиэфир комплексный
Линейная плотность утка, текс	1,3	7,3	10	28
Плотность ткани по утку, нитей/см	9	40	40	19
Переплетение ткани	полотняное		вафельное	саржа 1/2
Тип станка	MAV SNR-140 (без накопителя утка)			
Вид зверообразовательного механизма	каретка Stäubli на 20 ремизок			
Скорость станка, мин <sup>-1</sup>	183	240	222	207
Время формирования элемента ткани, с	0,329	0,250	0,270	0,290
Среднее натяжение утка, сН	3,61	8,40	11,42	15,37
Максимальное натяжение утка, сН	13,34	21,09	34,10	66,59
Минимальное натяжение утка, сН	0,08	0,14	0,27	0,08
Относительная амплитуда колебаний	3,68	2,49	2,96	4,33

Отметим, что на рапирных станках MAV, даже без использования накопителя утка, не наблюдаются значительные пики в натяжении утка, в отличие от станков СТБ, а значит условия прокладывания утка рапирой более благоприятные с точки зрения обеспечения его минимальной повреждаемости.

Далее исследуем натяжение утка на рапирных станках Dornier при изготовлении тканей из параарамидных нитей, предназначенных для мягкой бронезащиты. В табл. 3 представлены результаты измерения натяжения утка при его сматывании с паковки (до накопителя) и рабочего натяжения (после накопителя, перед устройством подачи).

Т а б л и ц а 3

Показатели	Артикул ткани				
	56305	86-258-13	84127	86-213-09	86-294-05
Вид нитей утка	Руслан-СВМ-Н	Кевлар	Руслан		
Линейная плотность утка, текс	14,3	22	29,4		
Плотность ткани по утку, нитей/см	35	30	25	18	26,5
Переплетение ткани	саржа 1/2	саржа 3/3		полотняное	
Тип станка	Dornier (накопитель утка CHRONO-X2)				
Вид зверообразовательного механизма	каретка Stäubli				
Скорость станка, мин <sup>-1</sup>	320	310	250	350	335
Время формирования элемента ткани, с	0,187	0,193	0,240	0,171	0,179
Натяжение утка при сматывании, сН					
Среднее натяжение	14,48	22,18	6,58	-	9,9
Максимальное натяжение	26,71	40,58	12,96	-	74,1
Минимальное натяжение	2,83	7,74	0,69	-	1,4
Относительная амплитуда колебаний	1,65	1,48	1,87	-	7,3
Рабочее натяжение утка, сН					
Среднее натяжение	5,32	22,57	17,08	25,0	26,5
Максимальное натяжение	33,34	76,40	43,48	85,8	152,3
Минимальное натяжение	0,05	0,44	0,36	0,8	2,1
Относительная амплитуда колебаний	6,26	3,37	2,52	3,4	5,7



Установлено, что средний уровень натяжения арамидного утка при прокладывании на станках Dornier достигает 26,5 сН, а максимальное натяжение наблюдается при захвате утка левой подающей рапирой. Пик в натяжении высокомодульного арамидного утка на станках Dornier в моменты его захвата рапирой не превышает 2% от разрывной нагрузки, что имеет принципиальное значение для сохранения эксплуатационных свойств нитей и ткани.

На рис. 5 представлена осциллограмма, на которой произведено совмещение кривых натяжения основы и утка на станке Dornier при изготовлении ткани переплетения саржа 3/3 за период тканеформирования, соответствующий трем прокидкам. На кривой для нитей основы отмечены моменты заступа, приобоя и зевообразования, и точками отмечены важные моменты прокладывания утка: точка 1 – захват утка левой рапирой (80°); точка 2 – передача утка из левой рапиры в правую (190°); точка 3 – прием утка и начало раскрытия правой рапиры (318°).

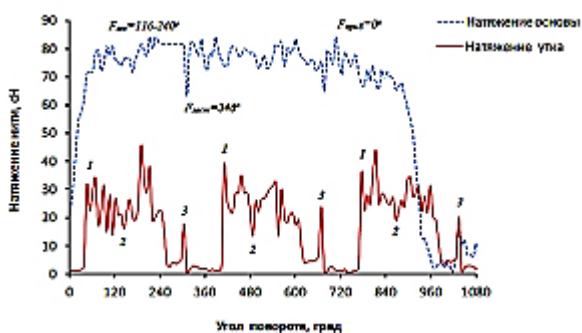


Рис. 5

В заключение отметим, что наибольший средний уровень натяжения утка и наибольшие пики в натяжении при прокладывании наблюдаются на станках СТБ, а наименьшие на станках с жесткими рапирами, что необходимо учитывать при оценке напряженности условий изготовления ткани, в особенности из высокопрочных и высокомодульных нитей. С увеличением линейной плотности утка наблюдается тенденция к увеличению среднего уровня его натяжения. На станках типа СТБ

для уменьшения пиковых значений натяжения целесообразно устанавливать современные накопители утка.

## ВЫВОДЫ

1. Изучены условия прокладывания утка на бесчелночных станках различной конструкции при выработке технических тканей разнообразных структур. Получены экспериментальные осциллограммы натяжения утка, при обработке которых определены характерные точки за цикл прокладывания.

2. Установлено, что наименьшие по величине пики в натяжении утка при прокладывании характерны для станков с жесткими рапирами. На станках типа СТБ наблюдаются значительные пики в натяжении при торможении, разгоне прокладчика и сматывании нити с паковки, что свидетельствует о целесообразности использования современных накопителей утка.

3. Полученные результаты могут быть полезны для оценки напряженности изготовления технических тканей из синтетических нитей со специальными свойствами на оборудовании различной конструкции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Сергеев В.Т.* Разработка структуры и технологии изготовления многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей: Дис.... канд. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2014.
2. *Черняева О.Е.* Совершенствование технологии изготовления технических тканей специального назначения из арамидных нитей на ткацких станках фирмы DORNIER: Дис.... канд. тех. наук. – Иваново: ИГТА, 2010.
3. *Левакова Н.М.* Определение оптимальных параметров строения и условий изготовления ситовых тканей: Дис.... канд. техн. наук. – М.: МТИ им. А.Н. Косыгина, 1989.

## REFERENCES

1. *Sergeev V.T.* Razrabotka struktury i tehnologii izgotovlenija mnogoslojnoj kombinirovannoj tkani iz uglerodnyh i kvarcevyh nitej: Dis.... kand. tehn. nauk. – M.: MGUDT, 2014.
2. *Chernjaeva O.E.* Sovershenstvovanie tehnologii izgotovlenija tehniceskikh tkanej special'nogo naznachenija iz aramidnyh nitej na tkackih stankah

firmy DORNIER: Dis.... kand. teh. nauk. – Ivanovo: IGTA, 2010.

3. Levakova N.M. Opredelenie optimal'nyh parametrov stroenija i uslovij izgotovlenija sitovyh tkanej: Dis.... kand. tehn. nauk. – M.: MTI im. A.N. Kosygina, 1989.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 22.11.16.

УДК 677.024.1

## СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ 3D-ОРТОГОНАЛЬНОГО ТКАНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА

### A METHOD OF FORMING A 3D-ORTHOGONAL WOVEN FIBROUS MATERIAL

*А.П. ГРЕЧУХИН, С.Н. УШАКОВ, Д.В. ЗАЙЦЕВ, Л.А. ТИХОМИРОВ*  
*A.P. GRECHUKHIN, S.N. USHAKOV, D.V. ZAITSEV, L.A. TICHOMIROV*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: niskstu@yandex.ru

*В статье рассматривается новый способ формирования трехмерных ортогональных тканей, которые используются в качестве армирующего наполнителя для композиционных материалов. Способ позволяет вырабатывать трехмерные ортогональные ткани с изменяемым профилем в нескольких плоскостях, что значительно расширяет область их применения и позволяет значительно снижать расход сырья.*

*The article considers a new method of forming a three-dimensional orthogonal fabric used as a reinforcing filler for composite materials. The method allows to produce three-dimensional orthogonal fabric with a variable profile in several planes, which greatly expands their range of application and significantly reduces the consumption of raw materials.*

**Ключевые слова:** 3D-ортогональная ткань, цикл формирования, структура ткани.

**Keywords:** 3D-orthogonal fabric, loop formation, fabric structure.

По сравнению со слоистыми композиционными материалами и прочими композитами на базе трехмерных волокнистых материалов [1], [2] композиты на базе трехмерных ортогональных тканей имеют лучшую стойкость к механическим воздействиям вдоль основных, уточных и дополнительных систем нитей из-за отсутствия изгиба нитей в слоях ткани. Такая особен-

ность строения предполагает высокую скорость распространения ударной волны в материале [3]. Энергия удара может распространяться на большую площадь. Кроме того, наличие дополнительных систем нитей позволяет снизить расслаивание композита [4]. Такое строение материала позволяет говорить о большом потенциале его использования в конструкциях летатель-

ных аппаратов, военной и специальной технике. Широкое распространение трехмерные ортогональные ткани получили в качестве средств защиты от пуль [3...7]. Также существуют дополнительные области применения, например антенны, интегрированные в 3D-волоконистый материал [8]. В последнее время активно развивается направление создания мультиаксиальных тканых материалов, в том числе и на основе трехмерных ортогональных тканей [8], [9].

Однако существующие способы формирования трехмерных ортогональных тканей обладают определенными недостатками.

Известен способ формирования трехмерной ткани [11]. При этом для перемещения вертикальной системы нитей используется устройство, расположенное между распределительным бердом и зоной формирования ткани. Недостатком данного способа формирования трехмерной ортогональной ткани является отсутствие подвижного берда для прибора уточной нити, так как образуется рыхлая структура ткани и вырабатывать ткани сложной формы становится невозможно из-за наличия перемещающихся механизмов в рабочей зоне станка. В устройстве [12] недостатком является сложная реализация устройства для связки слоев уточных нитей, а также ограничения при производстве ткани с переменным профилем. В способе [13] недостаток заключается в различных условиях натяжения нитей основы в зонах ткани, имеющих различную форму, а значит и различное внутреннее строение самой ткани. Натяжение вертикальных систем нитей не позволяет осуществлять плотную укладку вертикальных слоев нитей в ткани. В способе [14] осуществлена возможность выработки ткани с переменным сечением вдоль образца. Однако использование галев и ремиз не позволит осуществить плотную укладку вертикальных слоев нитей. Представленные способы и устройства [11...14] предполагают наличие системы основных нитей, системы уточных нитей и системы вертикальных нитей.

С точки зрения технологии производства 3D-ортогональных тканых волоконистых ма-

териалов (далее в статье 3D-ОТВМ) для композитов важно обеспечить возможность производства материала со сложным профилем в одном или нескольких направлениях. Изменение профиля вдоль образца (вдоль нитей основы) представляет наибольшую сложность для технологии 3D-ОТВМ, так как все нити основы, участвующие в заправке, определяют профиль изделия и вывести их полностью из зоны формирования не представляется возможным. Этот недостаток можно только минимизировать, исключив взаимодействие нитей основы с другими системами нитей для сокращения расхода дорогостоящего материала. Кроме того, можно добиться более плотной укладки вертикальных слоев нитей и создания переменного сечения вдоль образца ткани, а также повысить производительность оборудования. Более плотная укладка слоев возможна при наличии рапир для прокладывания вертикальных систем нитей в зоне бердо – опушка ткани, а не за бердом, так как это позволит максимально снизить растаскивание структуры ткани за счет снижения горизонтальной составляющей натяжения вертикальной системы нитей.

В статье нами излагается способ формирования трехмерных ортогональных тканей, позволяющий вырабатывать изделия с переменным профилем в нескольких направлениях с возможностью более плотной укладки вертикальных слоев нитей.

Для реализации этого способа необходимо, чтобы после прокладывания нитей утка вертикальные нити перемещались в системе рапир, а перемещение указанных рапир возможно осуществлять на различную высоту, в том числе каждой по отдельности, при создании изделия со сложным профилем. Для повышения производительности прибором можно осуществлять после прокладывания уточной и вертикальной системы нитей. Пример реализации предложенного способа представлен на рис. 1 (схема формирования трехмерной ортогональной ткани).

Цикл формирования ткани состоит из восьми этапов, начинается с положения I на рис. 1.

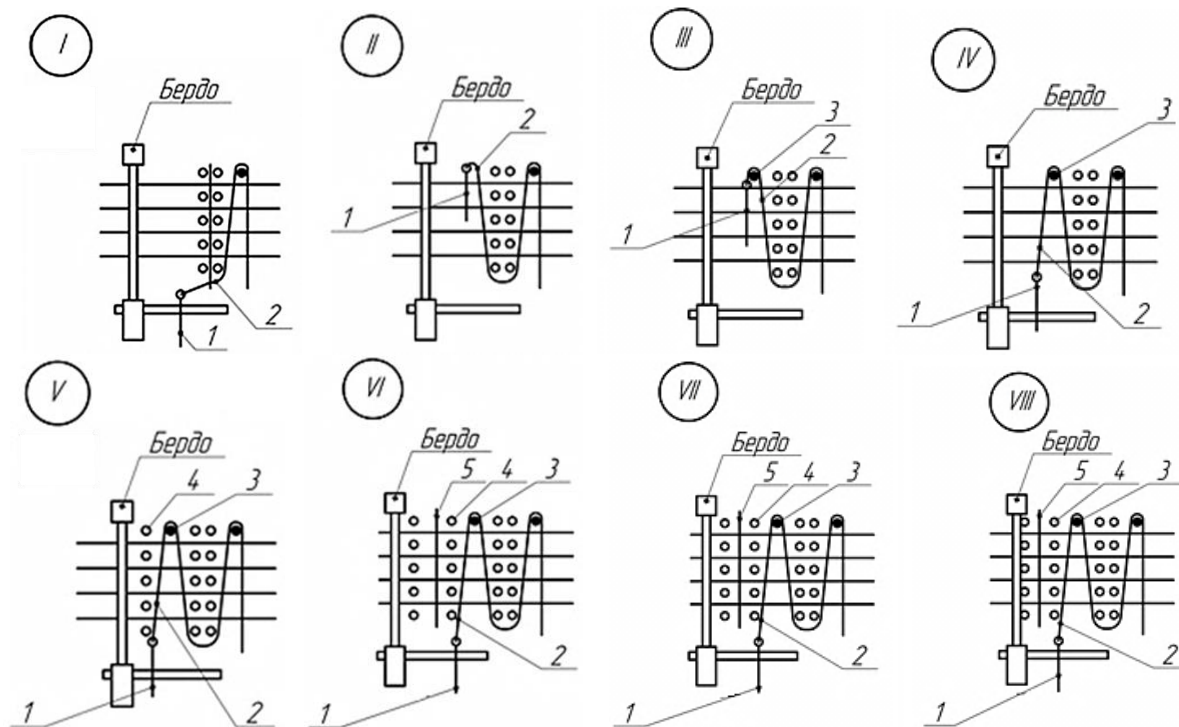


Рис. 1

Рапира 1 перемещает нити вертикальной системы 2 в верхнее положение (положение II). Затем, например, с помощью крючка, прокладывается кромочная нить 3, фиксирующая вертикальную систему нитей (положение III). Далее нити вертикальной системы 2 возвращаются в исходное состояние (положение IV). После этого прокладываются нити утка 4 (положение V). Далее нити утка фиксируются кромочной нитью 5, которая также может быть проложена с помощью крючка (положение VI). Затем нити утка возвращаются в исходное положение (положение VII), и после этого происходит перемещение нитей к опушке ткани (положение VIII).

Перемещение вертикальных нитей 2 и уточных нитей 4 на различное расстояние в сторону основных нитей позволит вырабатывать ортогональные ткани с переменным профилем в направлении нитей основы и нитей утка.

Трехмерная модель ткани, сформированная по предложенному способу, представлена на рис. 2.

Использование системы рапир для вертикальной системы нитей в зоне между бер-

дом и опушкой ткани необходимо для обеспечения равномерного заполнения волокнистым материалом трехмерной ортогональной ткани при формировании ткани с переменным профилем за счет того, что горизонтальная составляющая натяжения вертикальной системы нитей практически отсутствует, что снижает эффект растаскивания ткани. Это дает возможность также создавать более плотные структуры тканей.

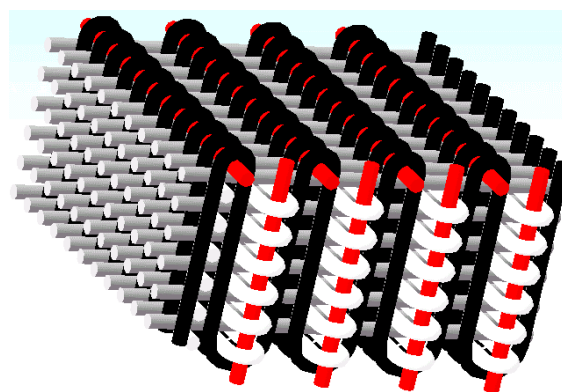


Рис. 2

Переменный ход рапир вертикальной и уточных систем нитей позволяет вырабатывать ткани с заданным переменным профи-

лем, а цикл прибора через две прокидки позволяет повысить производительность оборудования и реализовать выработку переменного профиля ткани. Следует отметить, что в рамках предложенного способа возможно использование только одной системы вертикальных нитей, что приведет к упрощению конструкции оборудования для реализации предложенного способа.

## ВЫВОДЫ

Разработан способ формирования трехмерных ортогональных тканей, позволяющий вырабатывать изделия с переменным профилем в двух направлениях и с возможностью более плотной укладки вертикальных слоев нитей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Селиверстов В.Ю. Перспективные объемные текстильные изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 105...108.
2. Селиверстов В.Ю., Петров И.Н., Черкасов К.С. Механизм прокладывания утка для получения трехмерных текстильных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 66...70.
3. Huang G. and Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D-woven composites by using different fabric structures. *Mater Des.* – 23(7), 2002. P. 671...674.
4. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D-orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // *Journal of Composite Materials.* – 45(9), 2010. P. 965...987. DOI: 10.1177/0021998310381150.
5. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D-orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // *International Journal of Damage Mechanics.* – Vol. 21, March 2012. DOI: 10.1177/1056789510397078.
6. Lihua Lv, And Bohong Gu Transverse Impact Damage and Energy Absorption of Three-Dimensional Orthogonal Hybrid Woven Composite: Experimental and FEM Simulation // *Journal of Composite Materials.* – Vol. 42, №17/2008. DOI: 10.1177/0021998308093718.
7. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Experimental determination of ballistic performance of newly developed multi-axis non-interlaced/non-Z E-glass/polyester and 3D-woven carbon/epoxy composites with soft backing aramid fabric structures // *Textile Research Journal.* – 81(5), 2010. P. 520...537. DOI: 10.1177/0040517510383613.

8. Xin Wang, Lan Yao, Fujun Xu, Dongchun Zhou, Yiping Qiu. Design and Characterization of Conformal Microstrip Antennas Integrated into 3D-orthogonal Woven Fabrics // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics.* – Vol. 7, Issue 2, 2012.

9. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Multi-axis Three-dimensional Flat Woven Preform (Tube Ravier Weaving) and Circular Woven Preform (Radial Crossing Weaving) // *Textile Research Journal.* – Vol. 79(12), 2009. P. 1067...1084. DOI: 10.1177/0040517508099395.

10. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Multi-axis Three-Dimensional Flat Woven Preforms – Tube Carrier Weaving // *Textile Research Journal.* – Vol. 80(8), 2010. P. 696...711. DOI: 10.1177/0040517509340602.

11. US Patent № US3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the production thereof/ Fukuta K; Miyashita R; Sekiguti J; Nagatsuka Y; Tsuburaya S; Aoki E; Sasahara M. – 10.09.1974.

12. US Patent № US4526026. Method and apparatus of producing continuous three-dimensional fabrics / Krauland Jr Konrad – 02.07.1985.

13. US Patent № US5085252. Method of forming variable cross-sectional shaped three-dimensional fabrics / Mohamed Mansour H [US], Zhang Zhong-Huai [CN] – 04.02.1992.

14. Patent WO2013179037. Method And Apparatus For Weaving A Three-Dimensional Fabric / Potluri [Gb]; Prasad [Gb]; Jetavat Dhavalsinh [Gb] Sharma Sandeep. – 2013-12-05.

15. Заявка № 2016133672 от 16.08.2016 на патент на изобретение. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани.

## REFERENCES

1. Seliverstov V.Ju. Perspektivnye ob'emnye tekstil'nye izdelija // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2015, № 5. S. 105...108.
2. Seliverstov V.Ju., Petrov I.N., Cherkasov K.S. Mehanizm prokladyvaniya utka dlja poluchenija trehmernyh tekstil'nyh izdelij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013, № 1. S. 66...70.
3. Huang G. and Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D-woven composites by using different fabric structures. *Mater Des.* – 23(7), 2002. P. 671...674.
4. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D-orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // *Journal of Composite Materials.* – 45(9), 2010. P. 965...987. DOI: 10.1177/0021998310381150.
5. Xiwen Jia, Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D-orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // *International Journal of Damage Mechanics.* – Vol. 21, March 2012. DOI: 10.1177/1056789510397078.

6. Lihua Lv, And Bohong Gu Transverse Impact Damage and Energy Absorption of Three-Dimensional Orthogonal Hybrid Woven Composite: Experimental and FEM Simulation // Journal of Composite Materials. – Vol. 42, №17/2008. DOI: 10.1177/0021998308093718.

7. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Experimental determination of ballistic performance of newly developed multiaxis non-interlaced/non-Z E-glass/polyester and 3D-woven carbon/epoxy composites with soft backing aramid fabric structures // Textile Research Journal. – 81(5), 2010. P. 520...537. DOI: 10.1177/0040517510383613.

8. Xin Wang, Lan Yao, Fujun Xu, Dongchun Zhou, Yiping Qiu. Design and Characterization of Conformal Microstrip Antennas Integrated into 3D-Orthogonal woven Fabrics // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – Vol. 7, Issue 2, 2012.

9. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Multi-axis Three-dimensional Flat Woven Preform (Tube Ravier Weaving) and Circular Woven Preform (Radial Crossing Weaving) // Textile Research Journal. – Vol. 79(12), 2009. P. 1067...1084. DOI: 10.1177/0040517508099395.

10. Kadir Bilisik, Mansour H. Mohamed. Multi-axis Three-Dimensional Flat Woven Preforms – Tube

Carrier Weaving // Textile Research Journal. – Vol. 80(8), 2010. P. 696...711. DOI: 10.1177/0040517509340602.

11. US Patent № US3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the production thereof/ Fukuta K; Miyashita R; Sekiguti J; Nagatsuka Y; Tsuburaya S; Aoki E; Sasahara M. – 10.09.1974.

12. US Patent № US4526026. Method and apparatus of producing continuous three-dimensional fabrics / Krauland Jr Konrad – 02.07.1985.

13. US Patent № US5085252. Method of forming variable cross-sectional shaped three-dimensional fabrics / Mohamed Mansour H [US], Zhang Zhong-Huai [CN] – 04.02.1992.

14. Patent WO2013179037. Method And Apparatus For Weaving A Three-Dimensional Fabric / Potluri [Gb]; Prasad [Gb]; Jetavat Dhavalsinh [Gb] Sharma Sandeep. – 2013-12-05.

15. Заявка № 2016133672 от 16.08.2016 на патент на изобретение. Способ формования трехмерной ортогональной ткани.

Рекомендована кафедрой технологии проектирования ткани и трикотажа. Поступила 02.06.16.

УДК 677.024.1

## **ВАФЕЛЬНЫЕ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ ДИАГОНАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ РЕЛЬЕФНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

### **WAFER INTERLACINGS WITH THE RECTANGULAR DIAGONALLY LOCATED RELIEF ELEMENTS**

*Е.Е. ДЕМИДОВА, Г.И. ТОЛУБЕЕВА*  
*E.E. DEMIDOVA, G.I. TOLUBEYEVA*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: tolubeevi@yandex.ru

*Предложена новая методика, рассмотрены примеры построения вафельных переплетений с прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами на базе саржа главного класса.*

*The new technique is offered, examples of creation of wafer interlacing with the rectangular diagonally located relief elements on the basis of serge of the main class are reviewed.*

**Ключевые слова:** вафельное переплетение, саржа главного класса, основной настил, уточный настил, прямоугольный рельефный элемент.

**Keywords: waffle interlacing, main class twill, warp flooring, weft flooring, rectangular relief element.**

Наряду с классическими вафельными переплетениями с ромбовидными рельефными элементами известны переплетения, рельефные элементы которых образованы параллельными диагоналями из перекрытий полотняного переплетения, между которыми чередуются основные и уточные настилы переменной длины [1, с. 63...64]. Правая и левая диагонали пересекаются, в окна между диагоналями вписаны фигуры, создающие рельеф ткани. Пример такого переплетения представлен на рис.1 [1, с. 64]. Рельефные элементы рассматриваемого переплетения имеют по два настила максимальной длины.

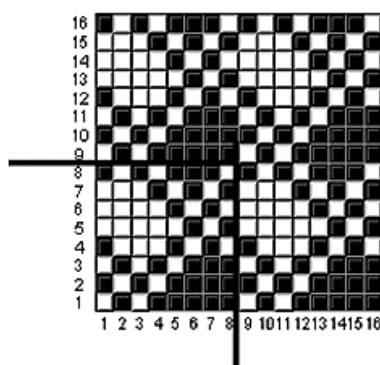


Рис. 1

В статьях [2], [3] авторы предлагают такие рельефные элементы называть параллелограммовидными, что не совсем верно. Анализ переплетения показывает, что рельефные элементы из основных и уточных настилов имеют прямоугольную форму и расположены по диагонали. Более корректно такие рельефные элементы называть прямоугольными диагонально расположенными.

В [2] авторы рассматривают алгоритм автоматизированного построения вафельных переплетений с прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами (в редакции авторов параллелограммовидными). Предлагаемый способ является громоздким, допускает не более трех настилов максимальной длины и позволяет выполнять построения только в пре-

делах раппорта классического ромбовидного вафельного переплетения, что сужает ассортимент рельефных тканей. Вафельные переплетения увеличенных раппортов с рельефными элементами, имеющими несколько настилов максимальной длины, приведены на рис. 23 приложения [4], однако методики расчета раппортов и построения переплетений автором не приводятся.

На кафедре ТПТИ разработаны методики, алгоритмы и программное обеспечение построения вафельных переплетений с увеличенным числом настилов максимальной длины с наклоном рельефных элементов из основных настилов вправо или влево. Принимаем базовую уточную саржу главного класса с раппортом  $R_6$ , не менее пяти нитей, число  $m_0$  основных настилов максимальной длины в раппорте рельефного элемента в пределах  $2 \dots R_6$ , число дополнительных нитей основы  $N_0$  и утка  $N_y$  в раппорте рельефного элемента, при этом  $N_y$  – любое целое число в пределах  $-2 \dots 2$ . При нечетном  $m_0$  число нитей  $N_0$  является обязательным и равным: при  $R_6 = 5$ ,  $N_0 = -1$  или  $1$ , при  $R_6 > 5$ ,  $N_0 = -1, 1$  или  $3$ . При четном  $m_0$  число нитей  $N_0$  принимается равным  $-2, 0$  или  $2$ .

Определяем раппорт вафельного переплетения по основе:

$$R_o = 2(R_6 - 2) + m_0 + N_0. \quad (1)$$

Задаем сдвиг рельефного элемента вдоль утка  $S_y$  как четное или нечетное число в зависимости от четности или нечетности суммы величин  $N_0 + N_y$  в пределах  $-R_o/2 \dots +R_o/2$ . Находим число повторений рельефного элемента в раппорте по утку, раппорт по утку рельефного элемента и раппорт по утку вафельного переплетения по выражениям:

$$n_{\text{повт}} = R_o / |S_y| - \text{целое, иначе } n_{\text{повт}} = R_6, \quad (2)$$

$$R_3 = 2(R_6 - 2) + m_0 + N_y, \quad (3)$$

$$R_y = R_3 n_{\text{повт}}. \quad (4)$$



Рассмотрим случаи, когда рельефные элементы из основных настилов наклонены в правую сторону. Выстраиваем раппорт исходного прямоугольного диагонально расположенного рельефного элемента: помещаем первую вершину элемента на пересечении первой нити утка с нитью основы, равной  $R_6$ ; формируем короткую диагональ рельефного элемента как уточную саржу с отрицательным сдвигом; перпендикулярно короткой располагаем длинные диагонали с числом основных перекрытий, определяемым по формуле:

$$\ell_o = R_6 + m_o - 1. \quad (5)$$

Замыкаем длинные диагонали второй короткой диагональю. Основные перекрытия, выходящие за пределы раппорта по основе, переносим в его начало. Внутри полу-

ченного прямоугольника, отступив от диагоналей одно уточное перекрытие, помещаем основные настилы переменной длины, из которых  $m_o$  имеют максимальную длину, определяемую по формуле:

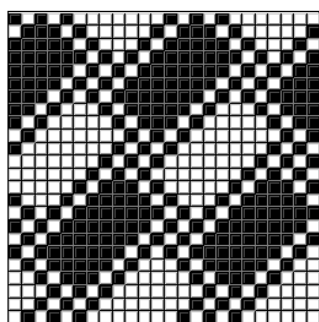
$$\ell_n = 2R_6 - 5. \quad (6)$$

Второй и последующие раппорты рельефного элемента получаем путем копирования предыдущего раппорта, при этом вершину рельефного элемента сдвигаем вверх вдоль основы на  $R_3$  нитей утка, рассчитываемое по формуле (3), и вдоль нитей утка на  $S_y$  нитей основы вправо или влево, в зависимости от знака сдвига.

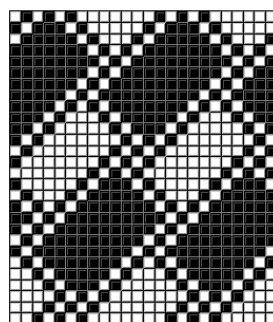
На рис. 2 представлены примеры автоматизированного построения вафельных переплетений с исходными данными и параметрами построения, указанными в табл. 1.

Таблица 1

Параметры построения	Рисунки				
	2-а	2-б	2-в	3-а	3-в
Раппорт базового переплетения $R_6$	6	7	8	5	5
Число основных настилов максимальной длины в раппорте рельефного элемента $m_o$	4	4	4	2	5
Число дополнительных нитей основы $N_o$	0	-2	0	0	1
Число дополнительных нитей утка $N_y$	0	0	-2	2	1
Сдвиг рельефного элемента по утку $S_y$	-6	-6	-8	-2	4
Раппорт по основе $R_o$	12	12	16	8	12
Число повторений рельефного элемента в раппорте по утку $n_{повт}$	2	2	2	4	3
Раппорт элемента по утку $R_3$	12	14	14	10	12
Раппорт по утку $R_y$	24	28	28	40	36
Длина коротких диагоналей рельефного элемента $R_6$	6	7	8	5	5
Длина длинных диагоналей рельефного элемента $\ell_o$	9	10	11	6	9
Максимальная длина настилов $\ell_n$	7	9	11	5	5

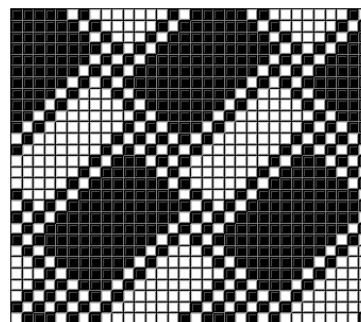


а)



б)

Рис. 2



в)

При появлении в раппорте переплетения незамкнутых элементов из уточных настилов вдоль основы (рис. 3-а) или вдоль

утка (рис. 3-в) необходимо построить дополнительные диагонали из основных настилов между рельефными элементами



(рис. 3-б и г). При ручном построении переплетения место расположения и длина дополнительных диагоналей очевидны, при

автоматизированном построении эти параметры необходимо вычислить.

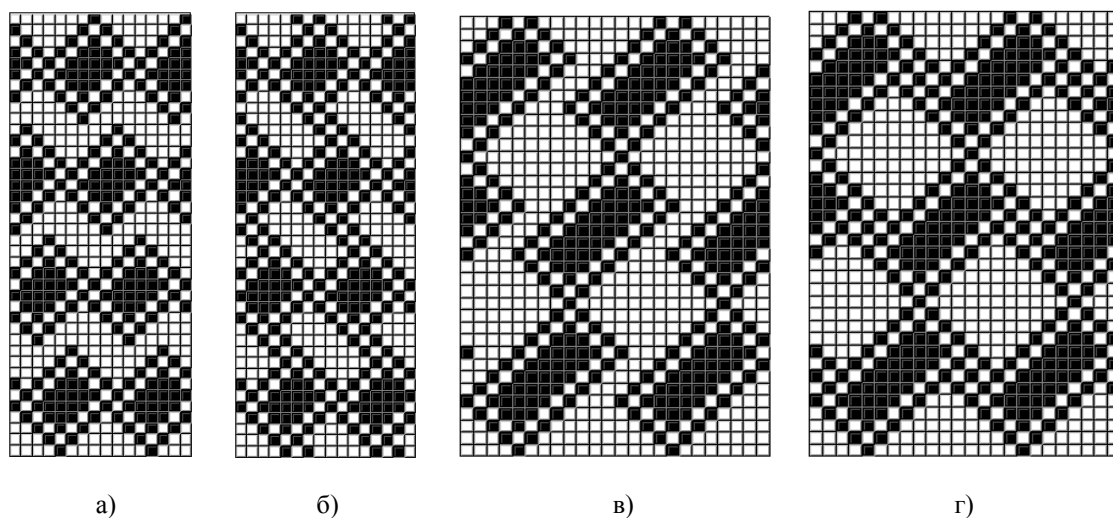


Рис. 3

При построении дополнительных диагоналей вдоль основы (рис. 3-а, б) определяем координаты второй вершины первого рельефного элемента из основных настилов по основе  $x_B$  и по утку  $y_B$ , координаты первой вершины второго рельефного элемента из основных настилов по основе  $x_H$  и по утку  $y_H$  по выражениям:

$$x_B = R_6 + m_0 - 1, \quad (7)$$

$$y_B = 2R_6 + m_0 - 2, \quad (8)$$

$$x_H = R_6 + S_B, \quad (9)$$

если  $x_H < 1$ ,  $x_H = x_H + R_0$ , если  $x_H > R_0$ ,  
 $x_H = x_H - R_0$ ,

$$y_H = R_9 + 1. \quad (10)$$

При выполнении условия  $x_H \leq x_B$  дополнительные диагонали могут располагаться левее или правее первого рельефного элемента, число возможных диагоналей определяется по выражениям и принимается как меньшее из двух расчетных значений:

$$n_{o1} = \frac{(y_H - x_H) - (y_B - x_B)}{2} - 1, \quad (11)$$

$$n_{o2} = \frac{(y_H + x_H + R_6) - (y_B + x_B)}{2} - 1. \quad (12)$$

Если  $n_{o1} \leq n_{o2}$ , дополнительные диагонали находятся левее первого рельефного элемента, число диагоналей принимаем  $n_o = n_{o1}$ ; если  $n_{o1} > n_{o2}$ , дополнительные диагонали расположены правее первого рельефного элемента, принимаем  $n_o = n_{o2}$ . При таком подходе площадь рельефных элементов из уточных настилов получается наибольшей.

При выполнении условия  $x_H < x_B$  дополнительные диагонали вдоль основы находятся правее первого рельефного элемента, их число и длину определяем по формулам:

$$n_o = \frac{(y_H + x_H) - (y_B + x_B)}{2} - 1, \quad (13)$$

$$l_{од} = y_B - y_H + n_o + 2. \quad (14)$$

Исходные данные для построения переплетений, представленных на рис. 3, приведены в табл. 1, расчетные параметры – в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в примере, показанном на рис. 3-а и б, появляется одна дополнительная диагональ, она находится левее рельефного элемента ( $n_{o1} < n_{o2}$ ), ее длина составила два перекрытия.

Параметры построения	Рисунки	
	3-а	3-в
Координаты второй вершины первого рельефного элемента из основных настилов: по основе $x_B$ по утку $y_B$	6 10	9 13
Координата первой вершины второго рельефного элемента: по основе $x_H$ по утку $y_H$	3 11	9 12
Число возможных дополнительных диагоналей вдоль основы: $n_{o1}$ $n_{o2}$	1 2	- -
Принимаем число дополнительных диагоналей вдоль основы $n_o$	1	-
Длина дополнительных диагоналей вдоль основы $l_{од}$	2	-
Число дополнительных диагоналей вдоль утка $n_y$	-	1
Длина дополнительных диагоналей вдоль утка $l_{уд}$	-	3

Дополнительные диагонали вдоль основы, лежащие левее первого рельефного элемента, выстраиваем, начиная с перекрытия, расположенного на пересечении  $x_B - 1$  нити основы с  $y_B + 1$  нитью утка, а лежащие правее – начиная с перекрытия, расположенного на пересечении  $x_B + 1$  нити основы с  $y_B + 1$  нитью утка.

При появлении незамкнутых элементов из уточных настилов вдоль утка число и длину дополнительных диагоналей определяем по выражениям:

$$n_y = \frac{m_o + n_y - 2}{2} - 1, \quad (15)$$

$$l_{уд} = m_o - n_y - 1. \quad (16)$$

Дополнительные диагонали вдоль утка выстраиваем, начиная с перекрытия, расположенного на пересечении  $2R_6 + m_o - 1$  (в примере, представленном на рис. 3-г, четырнадцатой) нити основы с  $R_6 + m_o - 2$  (восьмой) нитью утка. Длина диагонали составила три перекрытия.

Дополнительные диагонали в последующих раппортах рельефных элементов получаем путем их копирования, каждый раз сдвигая начало дополнительной диагонали вдоль основы на  $R_3$  нитей утка и вдоль нитей утка на  $\pm s_y$  нитей основы.

Для получения вафельных переплетений с прямоугольными рельефными элементами с наклоном влево, раппорт переплетения зеркально отражаем по утку.

Разработано программное обеспечение для автоматизированного построения предлагаемых и других вафельных переплетений [5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин М.Н. Художественное оформление тканей. – М.: Легкая индустрия, 1971.
2. Малецкая С.В., Женгурова Е.А. Алгоритм автоматизированного построения рисунка вафельного переплетения ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1. С. 59...63.
3. Демидова Е.Е., Толубеева Г.И. Систематизация способов построения вафельных переплетений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 112...116.
4. Потягалов А.Ф. Техника построения тканей. – Ярославль: Верхне-Волжск. кн. изд-во, 1969.
5. Демидова Е.Е., Толубеева Г.И. Алгоритм автоматизированного построения вафельного переплетения с дополнительными элементами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 72...75.

## REFERENCES

1. Nikitin M.N. Hudozhestvennoe oformlenie tkanej. – M.: Legkaja industrija, 1971.
2. Maleckaja S.V., Zhengurova E.A. Algoritm avtomatizirovannogo postroenija risunka vafel'nogo perepletjenija tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 1. S. 59...63.
3. Demidova E.E., Tolubeeva G.I. Sistemativacija sposobov postroenija vafel'nyh perepletjenij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 112...116.
4. Potjagalov A.F. Tehnika postroenija tkanej. – Jaroslavl': Verhne-Volzhsksk. kn. izd-vo, 1969.
5. Demidova E.E., Tolubeeva G.I. Algoritm avtomatizirovannogo postroenija vafel'nogo perepletjenija s dopolnitel'nymi jelementami // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 72...75.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий. Поступила 21.12.16.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УТОЧНОЙ ПРЯЖИ НА БЕСЧЕЛНОЧНОМ ТКАЦКОМ СТАНКЕ

### DETERMINATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE FILLING YARN ON THE SHUTTLELESS LOOM

*М.С. БОГАТЫРЕВА, И.В. СТАРИНЕЦ, Л.В. ЧЕРНЫШЕВА*  
*M.S. BOGATYRYOVA, I.V. STARINETS, L.V. CHERNYSHEVA*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)

E-mail: marin-bogatyrev@yandex.ru

*В статье представлен метод определения механических характеристик уточной пряжи на основе проведения статического деформирования утка на ткацком станке СТБ-175.*

*In article the method of determination of mechanical characteristics of a filling yarn on the basis of carrying out of static straining of a weft on loom СТБ-175 is presented.*

**Ключевые слова:** бесчелночный ткацкий станок, уток, деформация, релаксация.

**Keywords:** a shuttle less loom, a fill, deformation, a relaxation.

В настоящее время в нашей стране и в странах ближнего зарубежья станки СТБ и СТБУ являются наиболее востребованными по сравнению с машинами, использующими другие способы прокладывания утка. Кроме того, отечественное машиностроение выпускает станки только СТБУ всех заправочных ширин. Опыт эксплуатации ткацких станков СТБ показывает, что наибольшее количество отказов (до 80%) и затрат времени на их восстановление (до 88%) приходится на механизмы, связанные с прокладыванием уточной нити [1], [2].

Причинами обрывности нитей являются не только качество перерабатываемого сырья, но и сложные и напряженные условия сматывания и прокладывания уточных нитей на бесчелночных ткацких станках. Такие нежелательные явления, как повышенная частота колебаний натяжения, образование скрученной петли, чаще возникают при переработке пряжи высоких линейных плотностей, например, льняной пряжи. При прогнозировании обрывности утка на ткац-

ком станке и при расчете параметров структуры суровой ткани, а также некоторых технологических параметров, необходимо знать физико-механические характеристики уточной пряжи, например, модуль упругости [3], [4]. Как правило, физико-механические характеристики пряжи определяются при помощи специальных приборов, при этом параметры пряжи могут существенно отличаться от тех, которые ей присущи непосредственно на ткацком станке. Сейчас появляются новые виды пряжи, для которых физико-механические характеристики не стандартизированы [5]. Кроме того, современные ткацкие станки оснащаются датчиками натяжения основы и утка, а программы настройки оборудования предполагают получение информации в режиме реального времени прямо с ткацкого станка для адаптации настроек станка под выработку конкретной ткани [6], [7].

В настоящей работе предлагается метод проведения статического деформирования уточной пряжи непосредственно на ткац-

ком станке. Режим постоянной деформации осуществляется с помощью механизмов прокладывания утка, расположенных на станке со стороны питающей паковки. Технологическая схема заправки уточной нити при проведении эксперимента представлена на рис. 1, где 1 – паковка; 2 – нить; 3 – направляющий глазок; 4, 6, 8 – нитепроводник; 5 – уточный тормоз; 7 – глазок компенсатора; 9 – губки возвратчика.

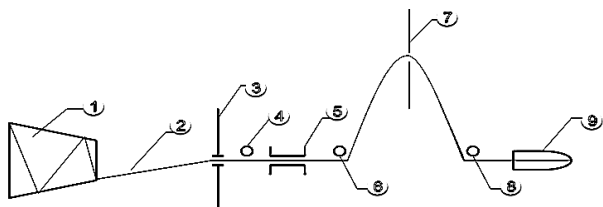


Рис. 1

На основе анализа цикловых диаграмм компенсатора, тормоза, возвратчика уточной нити и зажимов возвратчика, представленных на рис. 2, для проведения эксперимента выбран интервал от 25 до 75 градусов оборота главного вала ткацкого станка, когда уточная нить взаимодействует только с механизмами, представленными на рис. 1.

Для деформирования уточной нити используется компенсатор. При этом с 25 до 75° компенсатор поднимается вверх, сообщая уточной нити дополнительную деформацию в том случае, если сматывания с

уточной паковки не происходит, за счет обратного хода возвратчика утка часть деформации компенсируется. Эксперимент проводится следующим образом. Станок выставляется на 25°, уточная нить со стороны питающей паковки фиксируется, чтобы не было самопроизвольного сматывания, затем главный вал станка проворачивается до 75° оборота главного вала. Измерение натяжения уточной нити осуществляли с помощью измерительного комплекса ПАК [8].

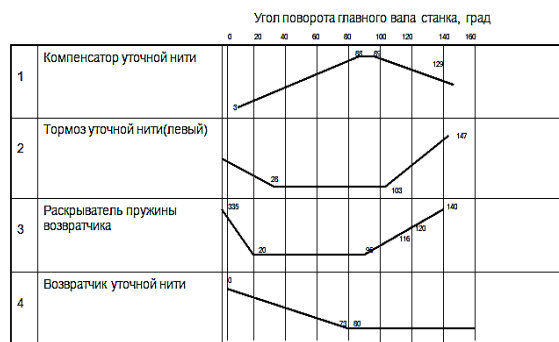


Рис. 2

В качестве утка применяли одиночную и крученую хлопчатобумажную пряжу линейной плотностью 29 и 25×2 текс, а также льняную пряжу линейной плотностью 46 текс. Примеры экспериментальных тензограмм представлены на рис. 3, где а) – хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 25×2 текс; б) – хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 29 текс; в) – льняная пряжа линейной плотностью 46 текс.

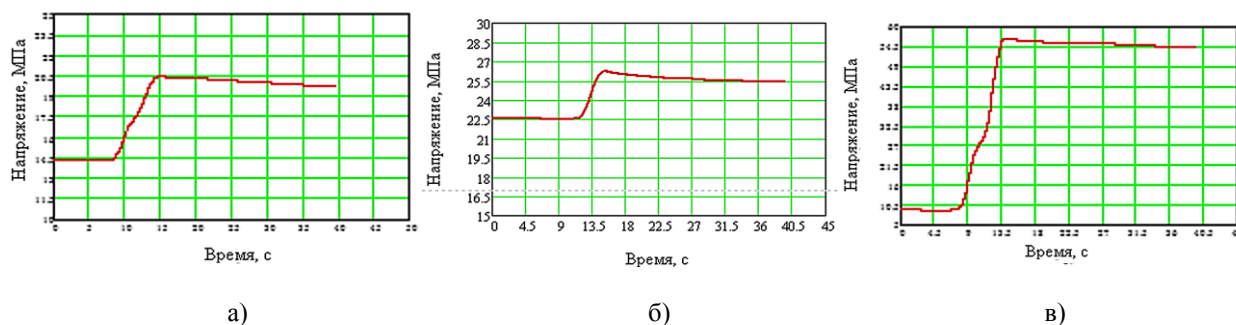


Рис. 3

Деформация уточной пряжи рассчитывается как разница длины заправки уточной нити в начале и в конце эксперимента, что составляет 0,7%. По приращению натяже-

ния можно определить жесткость и модуль упругости уточной пряжи. Анализ тензограмм показывает, что при предлагаемой схеме проведения испытаний на ткацком

станке в утке происходит явление уменьшения натяжения при постоянной деформации – релаксация [9]. Расчет релаксационных параметров проводили согласно уравнению [10]:

$$\sigma(t) = \varepsilon_0 E - \varepsilon_0 E(1 - \alpha) \left( 1 - e^{-\left[\frac{t}{B}\right]^\alpha} \right),$$

где  $\sigma(t)$  – текущее напряжение пряжи, МПа;  $\varepsilon$  – величина относительной деформации пряжи;  $E$  – мгновенный модуль упругости, МПа;  $\alpha$  – параметр уравнения, характеризующий спектр релаксации;  $B$  – параметр уравнения, характеризующий время релаксации, с.

Результаты расчета параметров представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вид пряжи	Модуль упругости E, МПа	$\alpha$	B, с
Хлопчатобумажная 25×2 текс	1,041·10 <sup>3</sup>	0,3	4932
Хлопчатобумажная 29 текс	1,55·10 <sup>3</sup>	0,3	2845
БКМ 46 ОЛ	8,67·10 <sup>3</sup>	0,2	5543

Анализируя полученные параметры, видим, что самой жесткой пряжей является льняная, так как у нее самый большой модуль упругости. Параметр B, характеризующий скорость релаксационного процесса, имеет наибольшую величину также у льняной пряжи, у крученой хлопчатобумажной пряжи этот параметр намного выше, чем у одиночной.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен метод проведения статического деформирования утка на ткацком станке СТБ-175.

2. Определены модуль упругости и вязкоупругие параметры уточной пряжи непосредственно на ткацком станке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Плагина И.В., Николаева Н.А., Емельянова Ю.В., Боровков В.В. Исследование натяжения уточных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 4. С.102...106.

2. Назарова М.В. Исследование натяжения нитей утка на бесчелночных ткацких станках СТБ2-220 и АТПР-100 при использовании в качестве уточных нитей бобин сомкнутой и крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 2. С.37...39.

3. Королева М.К., Смирнова Н.А., Рудовский П.Н., Мининкова И.В. Влияние эластичных комбинированных самокруточных (КСК-структуры) нитей на анизотропию усадки льносодержащих тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 1. С. 18...20.

4. Сафонов П.Е., Фетисова О.Н., Юхин С.С. Расчет повреждаемости арамидных нитей на ткацких станках различной конструкции // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С.46...48.

5. Рудовский П.Н., Королева М.Л., Мининкова И.В. Исследование изменения ширины тканей с трехкомпонентными СК-структуры нитями в утке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4С. С. 72...74.

6. Рудовский П.Н., Королева М.Л., Мининкова И.В., Лапшин В.В. Влияние регулируемых параметров на натяжения утка при выработке высокоэластичных тканей // Вестник Костромского гос. технол. ун-та. – 2009, № 21. С. 41...44.

7. Королева М.Л., Рудовский П.Н., Мининкова И.В., Лапшин В.В. Определение оптимальных параметров наладки основных и уточных механизмов при формировании растяжимых льносодержащих тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С.56...58.

8. Лапшин В.В. Оценка погрешности устройства для изменения натяжения нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.17...19.

9. Богатырева М.С., Старинец И.В. Исследование релаксации утка на рапирном ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С.51...54.

10. Богатырева М.С. Определение релаксационных параметров основы на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 5. С.65...67.

## REFERENCES

1. Nikolaev S.D., Plagina I.V., Nikolaeva N.A., Emel'janova Ju.V., Borovkov V.V. Issledovanie natjazhenija utocnyh nitej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 4. S.102...106.

2. Nazarova M.V. Issledovanie natjazhenija nitej utka na beschelnochnyh tkackih stankah STB2-220 i ATPR-100 pri ispol'zovanii v kachestve utocnyh nitej

bobin somknutoj i krestovoj namotki // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2004, № 2. S.37..39.

3. Koroleva M.K., Smirnova N.A., Rudovskij P.N., Mininkova I.V. Vlijanie jelasticnyh kombinirovannyh samokrutochnykh (KSK-struktury) nitej na anizotropiju usadki l'nosoderzhashhih tkanej // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009, № 1. S.18...20.

4. Safonov P.E., Fetisova O.N., Juhin S.S. Raschet povrezhdaemosti aramidnyh nitej na tkackih stankah razlichnoj konstrukcii // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2012, № 3. S.46...48.

5. Rudovskij P.N., Koroleva M.L., Mininkova I.V. Issledovanie izmenenija shiriny tkanej s trehkomponentnymi SK-struktury nitjami v utke // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009, № 4C. S. 72...74.

6. Rudovskij P.N., Koroleva M.L., Mininkova I.V., Lapshin V.V. Vlijanie reguliruemym parametrov na natjazhenija utka pri vyrabotke vysokojelastichnyh tkanej // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – 2009, № 21. S. 41...44.

7. Koroleva M.L., Rudovskij P.N., Mininkova I.V., Lapshin V.V. Opredelenie optimal'nyh parametrov naladki osnovnyh i utochnykh mehanizmov pri formirovanii rastjazhimykh l'nosoderzhashhih tkanej // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2010, № 5. S.56...58.

8. Lapshin V.V. Ocenka pogreshnosti ustrojstva dlja izmenenija natjazhenija niti // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №3. S.17...19.

9. Bogatyreva M.S., Starinec I.V. Issledovanie relaksacii utka na rapirnom tkackom stanke // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2014, № 5. S.51...54.

10. Bogatyreva M.S. Opredelenie relaksacionnyh parametrov osnovy na tkackom stanke // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, № 5. S.65...67.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования тканей и трикотажа. Поступила 02.06.16.

УДК 677.016.1

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРОЦЕССА МЕТАЛЛИЗАЦИИ  
НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ  
С ТКАНОЙ ОСНОВОЙ**

**THE INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS  
OF THE PLATING PROCESS THE STRENGTH  
OF ADHESION OF THE METAL PARTICLES WITH WOVEN BASIS**

*Т.А. ЧЕБУНЬКИНА, В.А. ГУСЕВ*  
*T. A. CHEBUNKINA, V.A. GUSEV*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: mdepart@kstu.edu.ru

*В статье приведены результаты исследования зависимости массы напыленного металла и прочности сцепления металлического слоя и основы от различных режимов напыления при получении металлизированных тканей методом электродуговой металлизации.*

*The article presents the results of a study of the dependence of the mass evaporated on metal and the adhesion metal layers and basics from the different resputtering presses upon receipt of metallized fabrics by electric arc metallization.*

**Ключевые слова:** методы напыления, металлизированные ткани, композиционные материалы, оценка качества.

**Keywords:** methods of evaporation, metallic fabric compositional materials, quality assessment.

Композиционные текстильные материалы благодаря своим уникальным свойствам приобрели в последние годы большую популярность. Они не только завоевали свою нишу на текстильном рынке, но и привлекли к себе внимание ученых, занимающихся подобными разработками в текстильной отрасли. К таким материалам относятся ткани, полученные в результате процесса металлизации.

В двадцатом столетии для получения металлизированных тканей широко использовались методы напыления [1], [2]. Сегодня внедряются новые методы металлизации: ионно-плазменное напыление, разработанное в ИГХТУ (лаборатория ионно-плазменных процессов, зав. лабораторией канд. техн. наук Б. Л. Горберг) [3], беспалладиевый метод [4] и др.

В процессе металлизации изменяются свойства тканей, и в связи с этим важную роль играет оценка качества получаемого продукта. При оценке качества текстильных материалов рассматривается множество показателей. Большую роль играет ткань-основа, предназначенная для напыления, которая выбирается в зависимости от назначения готового продукта. С помощью экспертных методов оценки установлено, что из перечня показателей свойств основ композиционных материалов наиболее значимыми являются прочностные характеристики [5].

Для получения металлизированной ткани на кафедре технологии художественной обработки материалов, художест-

венного проектирования, искусств и технического сервиса КГУ создана экспериментальная установка по нанесению металлических покрытий методом электродуговой металлизации на текстильные полотна [6].

Схема установки приведена на рис. 1, где 1 – редуктор; 2 – муфта; 3 – подшипниковая опора; 4 – трехкулачковый патрон; 5 – барабан; 6 – задняя бабка; 7 – сварная рама; 8 – пульт управления; 9, 16 – электродвигатель; 10 – механизм поперечной подачи металлизатора; 11 – винт продольной подачи; 12 – ременные передачи; 13 – электрическая часть; 14, 15 – датчик; 17 – тележка; 18 – катушки для проволоки; 19 – металлизатор, сварная рама.

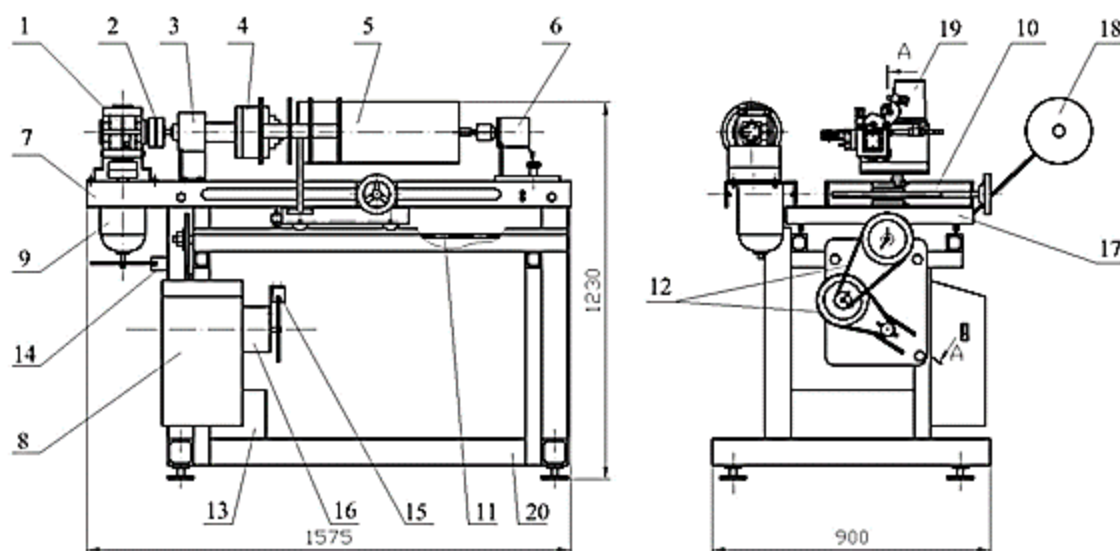


Рис. 1

В состав установки входят:

- стенд для механизации процессов напыления,
- металлизационный аппарат промышленного образца ЭМ-6,
- комплект для электродуговой металлизации КДМ-2 на базе источника постоянного тока ТИМЕЗ-500,
- дополнительное оборудование.

Конструкция стенда позволяет наносить металлические покрытия на поверхности текстильных полотен.

Процесс получения металлизированных текстильных материалов можно разбить на

следующие этапы: выбор метода нанесения покрытий; выбор основы и напыляемого металла; технология напыления; оценка прочности сцепления металлических частиц с основой.

Нами изучено влияние параметров процесса напыления на адгезионные свойства покрытия, которое оценивалось по увеличению массы изделия и ее сохранения при внешнем воздействии. Проведена оценка прочности сцепления металлического покрытия с тканью-основой.

Известные методы восстановления узлов трения машин в общем машиностро-



ении не могут быть использованы для определения прочности сцепления ткани и металлического покрытия в силу особой специфики основания, на которое напыляют покрытие, и его малой толщины [7].

Обычно прочность сцепления металлического слоя и ткани устанавливают органолептическим способом путем перегиба ткани и заглаживания сгиба. Достаточно высокой считается такая прочность сцепления, когда металл по сгибу не выкрашивается. Разумеется, этот метод является несовершенным, так как не дает количественной оценки прочности сцепления слоя металла и основания. Выкрашивание металла из сгиба зависит не только от величины прочности сцепления, но и от толщины слоя, плотности ткани, свойств напыленного металла.

Одним из косвенных методов определения прочности сцепления покрытия с основой является изменение массы напыленного слоя после различных воздействий. Из наиболее известных и дающих количественную оценку является метод, который заключается в стирке металлизированной ткани в течение некоторого времени. В этом случае сравнивают массу образцов металлизированных тканей до и после обработки.

В качестве изменяемых параметров технологического процесса, определяющих дисперсность напыляемого металла и качество получаемого композиционного материала, исследовались:

- напряжение на дуге  $U$ , В;
- расстояние от дуги до образца ткани  $L$ , мм;
- скорость подачи электродной проволоки  $V_{п}$ , м/мин;

– величина продольной подачи каретки металлатора  $V$ , м/мин.

При этом необходимо было получить покрытие минимальной толщины, с максимальным проникновением частиц металла в структуру ткани и прочном их удерживании основными и уточными нитями.

Нами была проведена серия однофакторных экспериментов, в которых исследовали четыре основных фактора:

- напряжение  $U = 30$  В,
- скорость подачи проволоки  $V_{п} = 1,3$  м/мин,
- продольную подачу каретки  $V = 120$  мм/мин,
- расстояние до напыляемой поверхности  $L = 300$  мм.

Каждый опыт сопровождался неизменностью трех вышеуказанных технологических параметров и изменением одного из них.

В качестве ткани-основы использовали смесовую ткань (50% шерсть, 50% лен) плотняного переплетения, напыляемый материал – алюминиевая проволока диаметром 1,8 мм (ГОСТ 7871–75). В эксперименте использовали образцы размером 200×300 мм. Средняя начальная масса образцов без покрытия  $m_0$  составляла 23,5 г. Массу образцов после напыления обозначим  $m_1$ . Зависимость массы напыленного металла находили по формуле:

$$\Delta m = m_1 - m_0. \quad (1)$$

На рис. 2 представлена зависимость массы напыленного металла от изменения технологических режимов напыления.

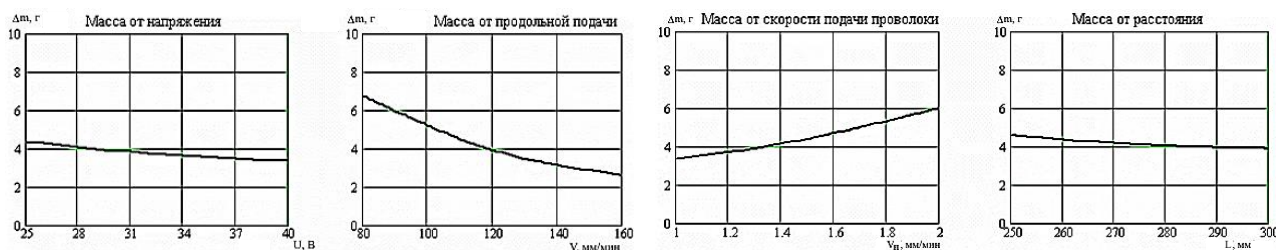


Рис. 2

Установлено существенное влияние скорости подачи проволоки, продольной подачи каретки металлизатора и расстояния от дуги до напыляемой поверхности образца ткани на массу наносимого покрытия. Напряжение можно рассматривать как косвенный технологический параметр, влияющий на дисперсность распыляемых частиц.

Напыленные образцы подверглись стирке в течение 30 минут в малогабаритной стиральной машине, после чего высушивались и взвешивались. Вес образцов после стирки  $m_2$ , вес металла, остав-

шегося после стирки ( $m_2 - m_0$ ). Тогда прочность сцепления  $\varepsilon$  определялась как отношение массы металла, оставшегося на ткани после стирки, к массе напыленного металла:

$$\varepsilon = \frac{m_2 - m_0}{\Delta m} \cdot 100. \quad (2)$$

На рис. 3 представлены зависимости прочности сцепления (%) от изменения технологических режимов напыления.

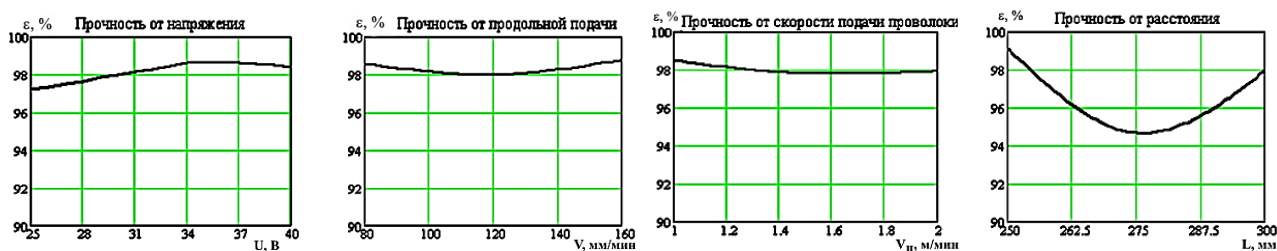


Рис. 3

Из полученных графиков видно, что выбранная совокупность параметров не дает полного представления о прочности сцепления металлизированного слоя с поверхностью ткани, так как во всех случаях величина прочности больше 94%. Однако можно заметить, что на прочность сцепления мало влияют скорость подачи проволоки и величина продольной подачи каретки. Незначительное влияние оказывает также напряжение на дуге, а расстояние – наибольшее влияние. Из графиков, представленных на рис. 3, наибольший интерес представляет зависимость прочности сцепления металлического покрытия от расстояния до дуги – наличие экстремума, что может являться предметом дальнейших исследований.

## ВЫВОДЫ

1. Обоснована необходимость разработки специальной методики определения прочности сцепления металлических частиц с тканой основой в процессе электродуговой металлизации.

2. На основании проведенных экспериментов установлена степень влияния технологических параметров на прочность сцепления металлического слоя с тканью – основой.

3. При оценке свойств металлизированной ткани необходимо учитывать влияние прочности сцепления, как одного из основных критериев оценки качества.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чебунькина Т.А., Землякова И.В., Смирнов А.Б. Математическое описание распределения толщины металлизированного покрытия, полученного методом электродуговой металлизации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С. 13...15.
2. Чебунькина Т.А., Землякова И.В. Математическое описание расположения металлических частиц на поверхности тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №6. С. 13...15.
3. Королев П.В., Веселов В.В., Королева С.В., Стрелкова С.Е. Исследование теплозащитных свойств инновационных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 32...36.
4. Сатаев М.С., Кошкарбаева Ш.Т., Тасболтаева А.Б. Металлизация изделий текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С.102...104.

5. Васильева В.Д., Дербишер Е.В., Дербишер В.Е. Совершенствование метода ранжирования показателей качества текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С. 15...17.

6. Чебунькина Т.А. Математическая модель распределения металлических частиц внутри металловоздушного факела // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №21. С.58...59.

7. Катц Н.В. Металлизация тканей – М.: Легкая индустрия, 1972.

#### REFERENCES

1. Chebun'kina T.A., Zemljakova I.V., Smirnov A.B. Matematicheskoe opisanie raspredelenija tolshhiny metallizirovannogo pokrytija, poluchennogo metodom jelektrodugovoj metallizacii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №4S. S. 13...15.

2. Chebun'kina T.A., Zemljakova I.V. Matematicheskoe opisanie raspolzhenija metallicheskih chastic na poverhnosti tkanej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №6. S. 13...15.

3. Korolev P.V., Veselov V.V., Koroleva S.V., Strelkova S.E. Issledovanie teplozashhitnyh svojstv innovacionnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S. 32...36.

4. Sataev M.S., Koshkarbaeva Sh.T., Tasboltaeva A.B. Metallizacija izdelij tekstil'noj promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S.102...104.

5. Vasil'eva V.D., Derbisher E.V., Derbisher V.E. Sovershenstvovanie metoda ranzhirovanija pokazatelej kachestva tekstil'nyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2008, №3. S.15...17.

6. Chebun'kina T.A. Matematicheskaja model' raspredelenija metallicheskih chastic vnutri metallovozdušnogo fakela // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №21. S.58...59.

7. Katc N.V. Metallizacija tkanej – М.: Legkaja industrija, 1972.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 14.06.16.

УДК 677.014-615.468

**РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССА СТОЛКНОВЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО КОМПЛЕКСА  
С КОЛКОМ РАЗРЫХЛИТЕЛЯ-ОЧИСТИТЕЛЯ**

**THE RESULTS OF MATHEMATICAL MODELING  
OF THE COLLISION PROCESS FIBROUS COMPLEX  
WITH ROD BAKING POWDER CLEANER**

*И.Г. ХОСРОВЯН, М.А. ТУВИН, Г.А. ХОСРОВЯН, А.А. ТУВИН, В.И. РОНЬЖИН*  
*I.G. HOSROVYAN, M.A. TUVIN, G.A. HOSROVYAN, A.A. TUVIN, V.I. RONZHIN*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: tuvin@ivgpu.com

*В работе проведено математическое моделирование процесса ударного воздействия колка на волокнистый комплекс при разрыхлении в ходе подготовки волокнистой смеси для получения нетканого композиционного материала. Получена аналитическая зависимость для расчета силы удара колка о волокнистый комплекс. В результате расчетов показано, что сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана.*

*In the work the mathematical modeling of the process of impact rod fibrous complex at the loosening in the preparation of the fibrous mixture to obtain a non-woven composite material. Analytical dependence for calculation of force of blow a splitting about a fibrous complex is received. The result of the calculation shows that the force of impact of peg on the fiber complex is almost proportional to the square of the radius of the drum.*

**Ключевые слова:** математическая модель, волокно, колкок, комплекс, сила удара.

**Keywords:** mathematical model, fiber, rod, complex, the force of the blow.

В процессе обработки волокнистого материала в очистителях-разрыхлителях происходит воздействие колков и колосников

на волокнистые комплексы. Это воздействие носит многообразный стохастический характер, и моделирование этого явле-

ния в общем случае является сложной и трудоемкой задачей. В связи с этим для расширения понимания процесса очистки и разрыхления важная роль принадлежит разработке и анализу упрощенных моделей, основанных на законах механики и аэродинамики, на следующих последовательных этапах обработки волокнистых комплексов: при воздействии на них колков, при перемещении в камере очистителя-разрыхлителя, при контакте с колосниковой решеткой.

При сравнительно большой скорости рабочих барабанов элементы его гарнитуры, кроме захвата волокнистого материала и расщипывания его, производят на него ударное воздействие, что увеличивает эффект разрыхления и выделения сорных примесей.

Ранее в работах [1...3] были представлены результаты математического моделирования механики волокнистого комплекса после его захвата колком разрыхлителя-очистителя. С целью повышения эффективности процесса разрыхления ниже, в продолжение работ [2], [3], рассматривается математическая модель для расчета силы удара колка о волокнистый комплекс в разрыхлителе-очистителе CL-P мфирмы Truetzschler и разрыхлителях-очистителях В31, В39 фирмы Marzoli.

За короткое время удара волокнистый комплекс под действием сил инерции и аэродинамических сил приобретает скорость, равную скорости той точки колка, где произошел удар. При этом происходит резкое сжатие волокнистого комплекса. Центр масс волокнистого комплекса за время удара смещается к поверхности колка на расстояние  $\Delta s_{уд}$ . Моделируем волокнистый комплекс сжимаемым воздухопроницаемым шаром с диаметром  $2R_{ком}$ . Обозначим время удара через  $\Delta t$ . Полагаем, что удар происходит в точке, удаленной от поверхности барабана на расстояние  $h_{ком}$ .

Обозначим угловую скорость вращения барабана через  $\omega$ . Волокнистый комплекс массы  $m$  в начальный момент времени имеет скорость  $V_1$ , равную нулю. В момент окончания удара волокнистый комплекс имеет скорость  $V_2 = \omega (R_B + h_{ком})$ , которая

равна окружной скорости точки, расположенной на расстоянии  $R_B + h_{ком}$  от оси барабана. За время  $\Delta t$  приращение скорости волокнистого комплекса составит:

$$\Delta V_{ком} = V_2 - V_1 = \omega(R_B + h_{ком}). \quad (1)$$

Угол поворота колка за время  $\Delta t$ :

$$\Delta \varphi \approx \Delta s_{уд} / (R_B + h_{ком}). \quad (2)$$

Очевидно, что

$$\Delta t = \Delta \varphi / \omega. \quad (3)$$

Величину модуля вектора силы удара  $\vec{F}_{уд}$ , с которой колос воздействует на волокнистый комплекс, найдем в соответствии с законами механики:

$$F_{уд} = m \frac{\Delta V_{ком}}{\Delta t} = m \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{\Delta s_{уд}}. \quad (4)$$

Как следует из (4), сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса барабана. Следовательно, увеличение радиуса барабана интенсифицирует процесс обработки волокнистого комплекса в узле разрыхления оборудования для получения нетканого композиционного материала.

Удельная величина силы удара колка о волокнистый комплекс  $\bar{F}_{уд}$  равна:

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{g \Delta s_{уд}}, \quad (5)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Расстояние  $\Delta s_{уд}$  может быть выражено в долях  $R_{ком}$ :

$$\Delta s_{уд} = k_{уд} R_{ком}, \quad (6)$$

где  $k_{уд} < 1$  – коэффициент, учитывающий эффект сжатия волокнистого комплекса при ударе.

Следовательно,

$$F_{уд} = m \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{k_{уд} R_{ком}}, \quad (7)$$

а

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_B + h_{ком})]^2}{k_{уд}gR_{ком}}. \quad (8)$$

Отметим, что величина  $k_{уд}$ , входящая в формулу (6), зависит, в частности, от размеров, массы и степени сжимаемости волокнистого комплекса, а также от частоты вращения барабана. Считая волокнистый комплекс достаточно сжимаемым и ориентируясь на частоты вращения барабанов современных разрыхлителей, положим, что при движении на колке центр масс волокнистого комплекса смещается на четверть его радиуса. График зависимости величины  $\bar{F}_{уд}$  от  $R_B, R_{ком}$  при  $h_{ком} = 0,1$  м,  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>,  $k_{уд} = 0,25$  представлен на рис. 1.

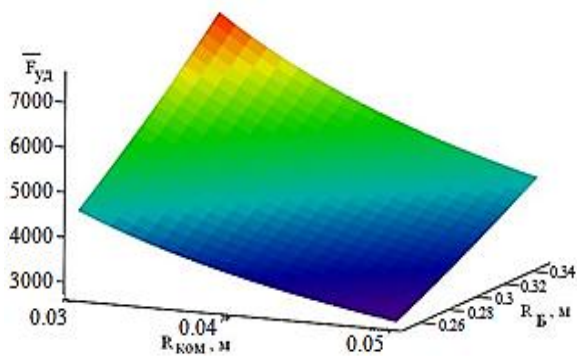


Рис. 1

Как следует из графика на рис. 1, величина  $\bar{F}_{уд}$  может достигать значения 7000. Например, для волокнистого комплекса массой 8 мг при  $\bar{F}_{уд} = 7000$  сила удара достигает значения:

$$7000 \cdot (8 \cdot 10^{-6}) \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} = 0,55 \text{ Н}.$$

Рассмотрим характер изменения силы удара при возрастании радиуса барабана от значения  $R_{Б0}$  до значения  $R_B$ . При значении радиуса барабана  $R_{Б0}$  сила удара  $F_{уд0}$  равна:

$$F_{уд0} = m \frac{[\omega(R_{Б0} + h_{ком})]^2}{k_{уд} R_{ком}}. \quad (9)$$

Отношение

$$\frac{F_{уд}}{F_{уд0}} = \left( \frac{R_B + h_{ком}}{R_{Б0} + h_{ком}} \right)^2. \quad (10)$$

График отношения  $\frac{F_{уд}}{F_{уд0}}$  представлен на рис. 2.

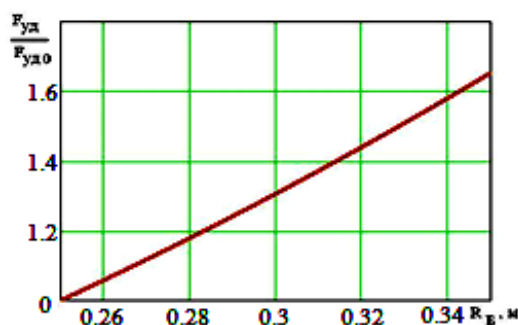


Рис. 2

При изменении радиуса от значения 25 см до значения 35 см сила удара возрастает на 65%.

## ВЫВОДЫ

1. Проведено математическое моделирование процесса ударного воздействия колка на волокнистый комплекс при разрыхлении в ходе подготовки волокнистой смеси для получения нетканого композиционного материала.

2. Получена аналитическая зависимость для расчета силы удара колка о волокнистый комплекс.

3. Показано, что сила удара колка о волокнистый комплекс практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хосровян И.Г. Разработка способа и математическое моделирование процесса получения текстильных армированных материалов // Сб. мат. XVIII Междунар. научн.-практ. форума: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015). – Иваново, 2015. С. 146...148.

2. 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.

3. 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.

#### REFERENCES

1. Hosrovjan I.G. Razrabotka sposoba i matematicheskoe modelirovanie processa poluchenija tekstil'nyh armirovannyh materialov // Sb. mat. XVIII Mezhdunar. nauchn.-prakt. foruma: Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX-2015). – Ivanovo, 2015. S.146...148.

2. Hosrovjan I.G., Krasik T.Ja., Hosrovjan G.A. Obshhaja teorija dinamiki voloknistyh kompleksov v pro-

cesse ih vzaimodejstvija s rabochimi organami razryhlitelja // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 6. S. 194...197.

3. 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.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 11.11.16.

---

УДК 677.11.519.3

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ,  
АРМИРОВАННЫХ ОСНОВОВЯЗАНЫМ ТРИКОТАЖЕМ**

**PREDICTION OF MECHANICAL PROPERTIES  
OF COMPOSITE MATERIALS  
REINFORCED WITH WARP KNITTED FABRIC**

*А.П. БАШКОВ, Г.В. БАШКОВА, М.А. МОЛОДКИНА*  
*A.P. BASHKOV, G.V. BASHKOVA, M.A. MOLODKINA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: apb303@yandex.ru, milena55@yandex.ru

*В статье рассматривается поведение композитного материала под действием внешней нагрузки. Предложена стержневая модель структурного элемента полимерного композита, армированного основовязанным трикотажным полотном. На базе этой модели разработана методика прогнозирования деформаций композита при воздействии внешних растягивающих нагрузок.*

*The behavior of the composite material under the influence of an external load is discussed in the article. The structural element rod model of the polymer composites reinforced warp knitted fabrics is proposed. Method of predicting the composite deformation at influence of external tensile loads developed based on of this model.*

**Ключевые слова:** композитный материал, льносодержащий основовязанный трикотаж, кривая растяжения, деформационные свойства, полимолочная кислота, стержневая модель, структурный элемент.

**Keywords:** composite material, warp knitted fabric on the flax base, stress-strain curve, deformation properties, polylactic acid, rod model, structural element.

При пропитке полимерной композицией трикотажной армирующей структуры после отверждения образуется материал, механические свойства которого не могут определяться простым сложением прочности матрицы и наполнителя, поскольку меха-

низм деформации каждого компонента при нагружении будет различным.

На рис. 1 представлен структурный элемент основовязанного трикотажа, помещенный в полимерную матрицу, в виде элемента со сторонами  $d_x$ ,  $d_y$ ,  $d_z$ .



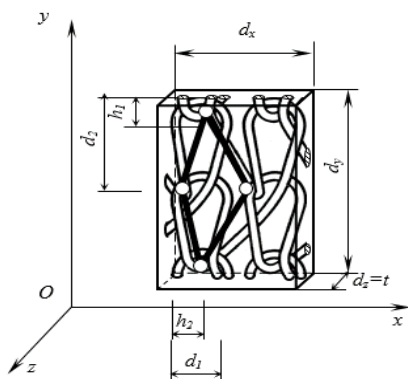


Рис. 1

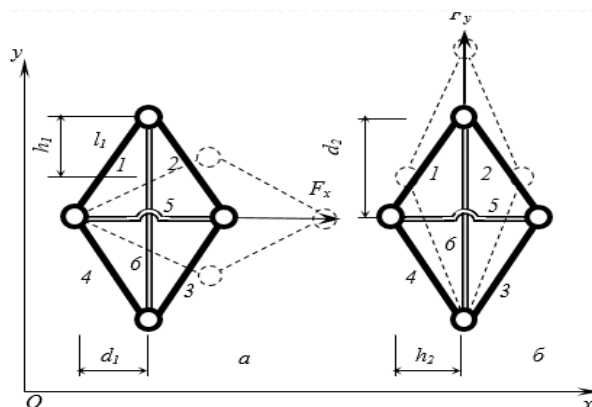


Рис. 2

На рис. 2 показана шарнирно-стержневая модель структурного элемента трикотажа. При приложении растягивающей нагрузки в любом направлении в координатной плоскости  $xOy$  растягивающие усилия пытаются не только растянуть нить, но и выдернуть ее из тела полимерной матрицы. Вместе с тем структурный элемент трикотажа начинает деформироваться, и нити (стержни на модели) сжимают заключенный между ними элемент полимерной матрицы. За счет сжатия элемента матрицы происходит упрочнение самого элемента, увеличение сил сцепления между полимером и нитью в дополнении к естественной адгезии и упрочнение самой нити за счет лучшего сцепления между волокнами как за счет адгезии, так и за счет увеличения сил трения в результате сжатия. Такой сложный механизм совместной деформации матрицы и текстильной структуры, особенно характерный для трикотажной армирующей основы, создает нелинейность и трудную предсказуемость внутренних напряжений элемента композита  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ .

При нагрузках, меньше разрушающих, можно пренебречь сдвиговыми деформациями, то есть исключить послойный отрыв полимера от армирующих нитей. Тогда средние деформации элемента композита  $\epsilon_x$  и  $\epsilon_y$  в общем виде можно получить, используя первую теорему Кастильяно [1]:

$$F_{xi} = \frac{2\partial U}{\partial b_i}, \quad F_{yi} = \frac{2\partial U}{\partial b_i}, \quad F_{zi} = \frac{2\partial U}{\partial b_i}, \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N k_i b_i^2, \quad (2)$$

где  $U$  – энергия деформирования системы;  $b_i$  и  $k_i$  – соответственно осевая деформация и осевая жесткость  $i$ -го стержня (рис. 2);  $F_{xi}$ ,  $F_{yi}$ ,  $F_{zi}$  – проекции на координатные оси силы  $F_i$ , которая является результирующей сил трения (вязкости) в узлах и упругих сил в стержнях, возникших в результате деформаций от внешней силы  $P_i$ .

Совместный упрочняющий эффект от взаимодействия матрицы и наполнителя можно имитировать в модели (рис. 2) дополнительными стержнями с деформацией  $b_5$  и  $b_6$ , создающими треугольники жесткости внутри структурного элемента. Кроме этого, за счет упрочняющего эффекта прочность стержней, имитирующих нити трикотажа, также необходимо принимать с большим значением модуля упругости, чем в нити.

При рассмотрении плоской задачи в осях  $xOy$  можно записать, что

$$F_x = d_x t \sum_{i=1}^8 \sigma_{xi}; \quad F_y = d_y t \sum_{i=1}^8 \sigma_{yi}, \quad (3)$$

где  $t = d_z$  – толщина полимерной матрицы;  $\sigma_{xi}$  и  $\sigma_{yi}$  – внутренние напряжения.

Применяя уравнения совместности деформации для стержневой системы (рис. 2), можно выразить осевые деформации стержней при нагрузке вдоль оси  $Ox$  и  $Oy$  соответственно:

$$b_1 = b_2 = \frac{2}{l_1 + l_2} \left[ \frac{d_1^2}{4} \left( \frac{2b_5}{d_1} + \frac{b_5^2}{d_1^2} \right) + (b_6^2 - 2h_1 b_6) \right], \quad (4)$$

$$b_3 = b_4 = \frac{1}{l_1 + l_4} \left[ \frac{d_2^2}{4} \left( \frac{2b_6}{d_2} + \frac{b_6^2}{d_2^2} \right) + (b_5^2 - 2h_2 b_5) \right], \quad (5)$$

где  $d_1, d_2$  и  $h_1, h_2$  – геометрические параметры трикотажной структуры, характеризующие размер петли и изгиб нити;  $\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_6$  – длины стержней.

Учитывая связь внутренних напряжений с узловыми нагрузками (3) и принимая во внимание условия, связывающие деформации  $e_x$  и  $e_y$  с удлинениями композитного материала  $d_x, d_y$ :

$$\sigma_x = \left[ 2k_x \left( \frac{2d_x}{\ell_1 + \ell_2} \right)^2 \left( \frac{1+e_x}{d_x d_y t} \right) \right] \left[ \left( \frac{d_x}{2} \right)^2 (2e_x + e_x^2) + (b_6^2 - h_2 b_6) \right] + \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t}, \quad (7)$$

$$\sigma_y = \left[ 2k_x \left( \frac{d_y}{\ell_1 + \ell_4} \right)^2 \left( \frac{1+e_y}{d_x d_y t} \right) \right] \left[ \left( \frac{d_y}{2} \right)^2 (2e_y + e_y^2) + (b_5^2 - h_1 b_5) \right] + \frac{k_6 d_y^2 e_y}{d_x d_y t}, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \left( \frac{k_x}{(\ell_1 + \ell_2)^2} \right) (2b_5 - h_2) \left[ \left( \frac{d_x}{2} \right)^2 (2e_x + e_x^2) - (b_5^2 + h_2 b_5) \right] + \\ & + \left( \frac{2k_y}{(\ell_1 + \ell_4)^2} \right) (2b_6 - h_1) \left[ \left( \frac{d_y}{2} \right)^2 (2e_y + e_y^2) + (b_6^2 + h_1 b_6) \right] = 0, \quad (9) \end{aligned}$$

где  $d_x d_y t = V$  – объем элементарной ячейки композита;  $k_5$  и  $k_6$  – жесткость стержней, имитирующих полимерную матрицу.

Можно принять их  $k_5 = \frac{ES}{\ell_5}$ ,  $k_6 = \frac{ES}{\ell_6}$ ;  $E$  –

модуль Юнга (упругости) для выбранного полимера.  $S$  – эквивалентная площадь сечения стержня, определяется по геометрическим характеристикам пространства внутри структурного элемента; для стержней, имитирующих нить, берется реальная площадь сечения нити и ее модуль Юнга. Следует учесть, что стержни 1 и 4 имитируют сразу две нити в петле.

При нагружении композита возникают две области деформаций: упругих – в начале цикла и пластических – в поздней фазе. Пластичность материала определяется: неупругим поведением полимера матрицы, пластичностью текстильного каркаса (проскальзывание нитей в точках контакта в петлях, проскальзывание волокон внутри нити), проскальзывание и даже отслоение по границе контакта матрицы и нити. Зона упругих деформаций вполне может быть описана уравнениями (7) и (8).

$$e_x = \frac{b_5}{d_1} = \frac{b_x}{d_x}; e_y = \frac{b_6}{d_2} = \frac{b_y}{d_y}, \quad (6)$$

а также на основе трех уравнений равновесия для дискретной системы (1), (2), запишем эквивалентную систему уравнений композита как сплошной среды, связывающих эффективные нормальные деформации с напряжениями в материале:

Пластичность композита можно моделировать, задаваясь соответствующими свойствами материала стержней 1...6 (рис. 2).

С целью упрощения рассуждений можно не учитывать нелинейное поведение нитей. Тогда композитный материал характеризуется начальной жесткостью  $k_a$ , жесткостью за пределами текучести  $k_b$  и деформацией текучести  $\ell_p$ , которая служит показателем, характеризующим неупругое поведение. Если обозначить деформации текучести стержней 5 и 6, как  $e_{px}$  и  $e_{py}$ , и учесть, что  $e_x \geq e_{px}$ , а  $k_5 = k_{px}$ , а  $e_y \geq e_{py}$ , а  $k_6 = k_{py}$ , то уравнения (7) и (8) можно модифицировать в следующем виде:

$$\sigma_x = \sigma_{fx} + \sigma_{cx}, \quad \sigma_y = \sigma_{fy} + \sigma_{cy}. \quad (10)$$

Здесь индексы  $f$  и  $c$  обозначают вклад в напряженное состояние соответственно текстильного каркаса и полимерной матрицы [2]. Если силы, действующие на каркас и матрицу, сосредоточены в пределах структурного элемента (при небольших размерах элемента это так и будет), то из

уравнения (7) напряжение в матрице определяется как:

$$\sigma_{cx} = \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t}. \quad (11)$$

Если напряжение в матрице превышает начальный предел текучести, то

$$\sigma_x = \left[ 2k_x \left( \frac{2d_x}{l_1 + l_2} \right)^2 \left( \frac{1+e_x}{d_x d_y t} \right) \right] \left[ \left( \frac{d_x}{2} \right)^2 (2e_x + e_x^2) + (b_6^2 - h_2 b_6) \right] + \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t} + \frac{k_{p5} d_x^2 (e_x - e_{px})}{d_x d_y t}, \quad (13)$$

$$\sigma_x = \left[ 2k_x \left( \frac{2d_y}{l_1 + l_4} \right)^2 \left( \frac{1+e_y}{d_x d_y t} \right) \right] \left[ \left( \frac{d_y}{2} \right)^2 (2e_y + e_y^2) + (b_5^2 - h_1 b_5) \right] + \frac{k_6 d_y^2 e_y}{d_x d_y t} + \frac{k_{p6} d_y^2 (e_y - e_{py})}{d_x d_y t}. \quad (14)$$

Поскольку механические свойства полимерной матрицы изотропны, а также одинаковы при сжатии и растяжении, то можно считать относительные деформации вдоль координатных осей равными, то есть при малых размерах можно допустить, что  $b_5 = b_6 = b_c$ . Тогда этот показатель, являющийся функцией от  $e_x$  и  $e_y$ , определяется как корень уравнения (9) и находится в пределах

$$-\frac{h_1}{2} \leq b_c \leq \frac{h_2}{2}. \quad (15)$$

Для расчетов по данной модели необходимо задаться геометрическими параметрами  $d_1, d_2, d_x, d_y, t, h_1, h_2, l_1, l_2, \dots, l_6, S_i$ , которые определяются обычным замером по сканированному изображению образца материала. Значения модуля упругости  $E$  и удлинений как в упругой, так и в пластической зоне становятся известны после испытаний образцов трикотажа на растяжение [3], модуль упругости и удлинения полимерного материала также определяются по справочной литературе [4]. Для полимолочной кислоты  $E = 3,5$  ГПа, предел текучести 53 МПа, разрушающая нагрузка 60 МПа при относительном удлинении 6,0%. После подстановки этих значений в уравнения (13) и (14) с помощью программы Origin 6.1 были получены прогнозируемые кривые

$$\sigma_{cx} = \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t} + \frac{k_{p5} d_x^2 (e_x - e_{px})}{d_x d_y t}. \quad (12)$$

Тогда неупругие уравнения вдоль оси  $Ox$  и  $Oy$  будут выглядеть следующим образом:

удлинения композитного материала на основе льносодержащего трикотажного полотна и полимолочной кислоты.

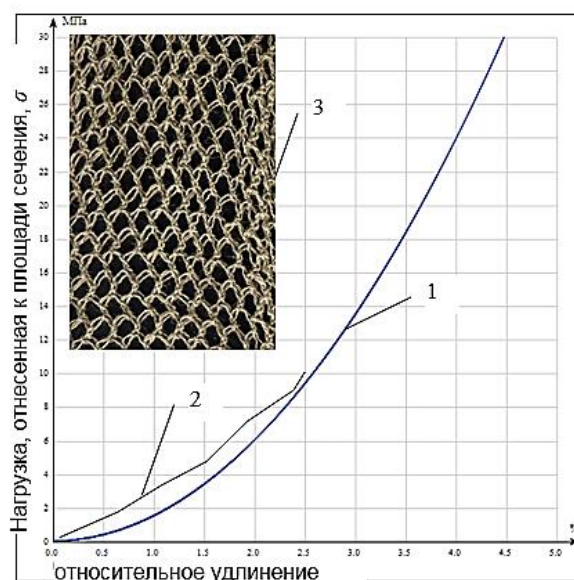


Рис. 3

На рис. 3 представлена кривая 1 удлинения композитного материала вдоль оси  $Ox$ , полученная расчетным путем. Можно отметить, что в упругой зоне она соответствует экспериментальной кривой 2, полученной в работе [5] для композита на основе кулирного трикотажа из хлопковой пряжи; 3 – структура трикотажа, используемая для расчета.

## ВЫВОДЫ

Разработанная с использованием стержневой модели композитного материала, армированного основовязаным трикотажем, методика прогнозирования механических свойств позволяет достаточно объективно определять деформации материала в зависимости от приложенных нагрузок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986.
2. Трещалин Ю.М. Анализ внутренних напряжений в волокнах, возникающих в процессе полимеризации связующего при изготовлении композиционных материалов на основе нетканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С. 37...40.
3. Башкова Г.В., Чистобородов Г.И., Башков А.П., Алешина Д.А., Натертышев И.Ю. Анизотропия структуры и свойств ниточных наполнителей композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 7. С. 80...84.
4. Энциклопедия полимеров / Под общ. ред. В.А. Кабанова. – Т. 3. – М.: Советская Энциклопедия, 1977.
5. Kononova O., Krasnikovs A., Dzelzitis K., Kharkova G., Vagel A., Eiduks M. Mechanical properties of composites reinforced by cotton knitted fabric //

7<sup>th</sup> International DAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING". – 22-24 April 2010, Tallinn, Estonia. P. 47...53.

## REFERENCES

1. Birger I.A., Mavljutov R.R. Soprotivlenie materialov. – M.: Nauka, 1986.
2. Treshhalin Ju.M. Analiz vnutrennih naprjazhenij v voloknah, vznikajushhih v processe polimerizacii svjazujushhego pri izgotovlenii kompozicionnyh materialov na osnove netkanyh poloten // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 4. S.37...40.
3. Bashkova G.V., Chistoborodov G.I., Bashkov A.P., Aleshina D.A., Natertyshev I.Ju. Anizotropija struktury i svojstv nitochnyh napolnitelej kompozitov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 7. S. 80...84.
4. Jenciklopedija polimerov / Pod obshh. red. V. A. Kabanova. – Т. 3. – М.: Sovetskaja Jenciklopedija, 1977.
5. Kononova O., Krasnikovs A., Dzelzitis K., Kharkova G., Vagel A., Eiduks M. Mechanical properties of composites reinforced by cotton knitted fabric // 7th International DAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING". – 22-24 April 2010, Tallinn, Estonia. P.47...53.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий. Поступила 06.04.16.

УДК 677.025

## ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ПРОЦЕССА ВЯЗАНИЯ НА ОСНОВОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЕ COMEZ 609/B8

## EVALUATION OF TENSION KNITTING PROCESS ON WARP KNITTING MACHINE COMEZ 609 / B8

*Н.В. БАНАКОВА, В.Р. КРУТИКОВА, Т.В. ПЛАУТИНА, А.Г. БЕЗДЕНЕЖНЫХ*  
*N.V. BANAKOVA, V.R. KRUTIKOVA, T.V. PLAUTINA, A.G. BEZDENEZHNYKH*

(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В работе проведен спектральный анализ экспериментальных тензограмм нитей на основовязальной машине COMEZ 609/B8. При переработке основы (полиамидные нити), поперечного утка (полипропиленовые нити) и*

*продольного утка (латексные нити) показатель напряженности процесса вязания увеличивается по мере движения нитей от шпулярика к зоне петлеобразования. Наибольшие значения показателя напряженности соответствуют процессу переработки основы (полиамидных нитей). Высокие значения показателя напряженности приводят к обрывности и возникновению брака на полотне.*

*The work carried out spectral analysis of experimental tenzogramm warp threads per machine COMEZ 609 / B8. When processing bases (polyamide threads), cross-weft (polypropylene yarn) and longitudinal weft (latex thread) measure tension knitting process increases as one moves from the creel to the yarn looping zone. The highest values of the indicator of tension correspond to the process of processing bases (polyamide yarns). High values of the index of tension leads to breakage and the emergence of marriage on the canvas.*

**Ключевые слова:** спектральный анализ, показатель напряженности процесса, тензограмма нити.

**Keywords:** spectral analysis, the rate of the process of tension, tenzogramma thread.

Основным технологическим параметром, определяющим качество трикотажного полотна, является натяжение нити, поступающей в зону вязания. Стабильность натяжения нити по зонам его формирования зависит от физико-механических характеристик перерабатываемого сырья и заправочных параметров процесса вязания [1...6]. Впервые методика спектрального анализа тензограмм нити и комплексный показатель напряженности были предложены в работе [1] только для процесса вязания. Однако, поскольку любой технологический процесс текстильного производства сопровождается изменением натяжения перерабатываемого текстильного материала, предлагаемая методика была успешно апробирована на следующих текстильных процессах: перематывание, снование, эмульсирование, шлихтование и ткачество [7...9]. Большой объем экспериментальных исследований натяжения нити позволил сформировать шкалу показателя напряженности [9], которую целесообразно использовать для выбора оптимальных технологических режимов. Кроме того, доказана возможность использования методики спектрального анализа тензограмм нити для

оценки нарушений технологических процессов, связанных как с неровнотой материала, так и нерациональными заправочными параметрами [10]. Проведена оценка напряженности процесса вязания для современного кругловязального оборудования фирмы SANTONI и доказана эффективность использования показателя напряженности в качестве оперативного метода выявления нарушений процесса вязания [11].

Данная работа посвящена оценке напряженности процесса вязания на современных основовязальных машинах фирмы COMEZ, которая на рынке основовязального оборудования является ведущим лидером по производству машин для изготовления широкого спектра эластичных лент. Основовязальная машина COMEZ 609/B8 оснащена тремя различными линиями заправки нити, и для получения качественного трикотажного полотна (рис. 1 – структурная схема основовязаного уточного одинарного трикотажа с продольно-поперечным утком: 1 – основа; 2 – поперечный уток; 3 – продольный уток) необходимо обеспечение заданного натяжения для нитей основы, поперечного и продольного утка.

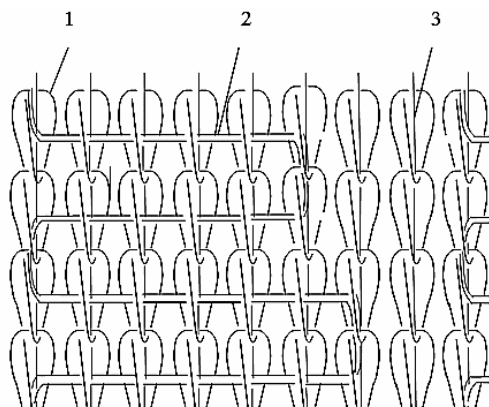


Рис. 1

Проведены экспериментальные исследования натяжения нитей основы, продольного и поперечного утка на основовязальной машине COMEZ 609/B8 в производственных условиях ООО "Предприятие "ФЭСТ" (ПУ №5) (г. Кострома). Натяжение нитей регистрировали с помощью системы ПАК-3 [12] в разных зонах рассматриваемых линий заправки вязальной машины COMEZ 609/B8. Схемы заправки нитей на основовязальной машине COMEZ 609/B8 представлены на рис. 2.

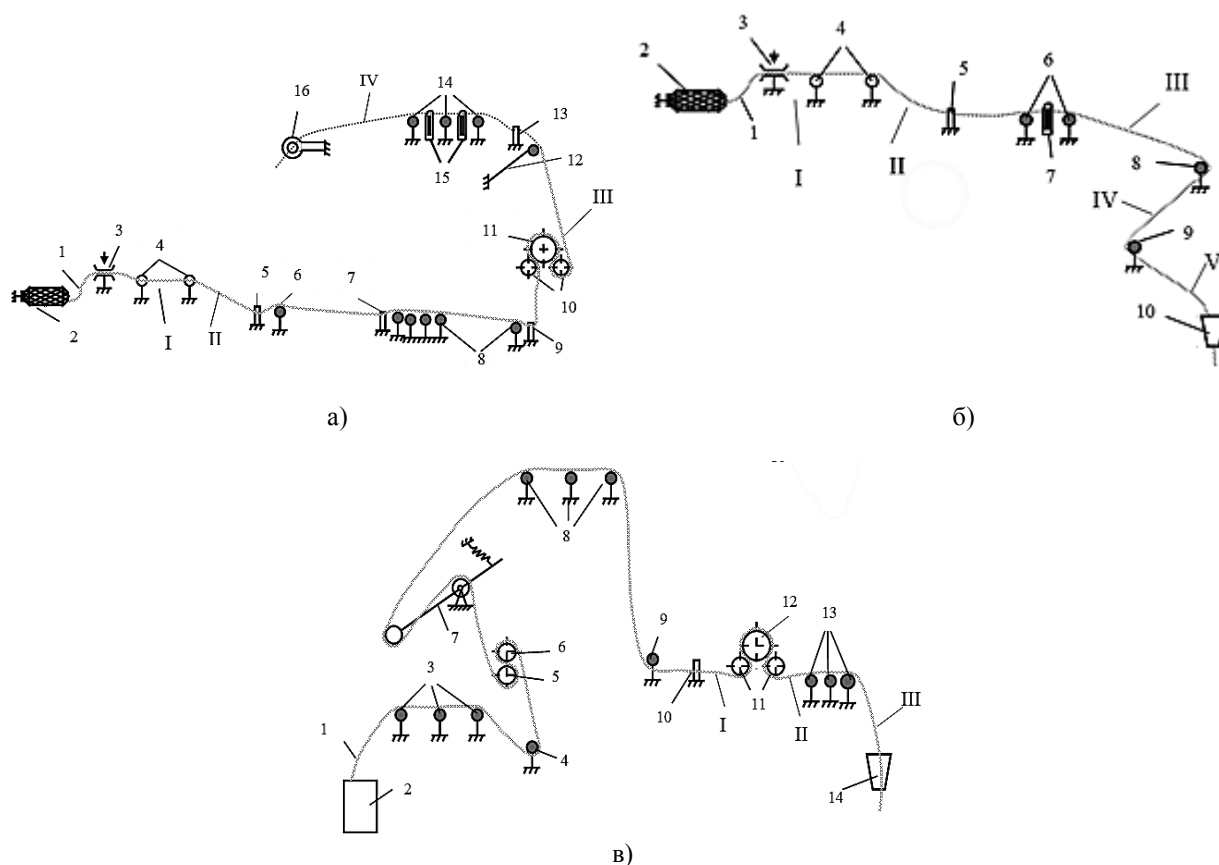


Рис. 2

В качестве основы используется полиамидная нить линейной плотности  $7,8 \times 2$  текс, для нитей поперечного утка – полипропиленовая нить  $16,7 \times 2$  текс и для продольного утка – латексная нить  $d=0,901$  мм.

По полученным тензограммам основных нитей проведен [13] спектральный анализ, который показал увеличение показателя напряженности процесса вязания по мере движения основы от шпулярника к зоне петлеобразования. Основные (полиамидные) нити 1 (рис. 2-а) сматываются с

цилиндрических бобин 2. Сматываемая нить проходит через натяжное устройство тарельчатого типа 3. Затем каждая нить заправляется в направляющие глазки 4, разделяющую гребенку 5 (бердо), огибает направляющий пруток 6 и попадает в следующее бердо 7. Далее нить огибает направляющие прутки 8, продевается через бердо 5, заправляется в натяжные валы 10 и 11, огибает компенсатор (скало) 12, продевается в бердо 13 и проходит через устройство самоостанова машины, состоящее из

направляющих прутков 14 и ламелей 15. Затем нить поступает в ушковину гребенки 16, которая взаимодействует с крючковой иглой.

Нити поперечного утка (полипропиленовые) 1 (рис. 2-б) сматываются с цилиндрической бобины 2, проходят натяжное устройство 3, направляющие глазки 4 и заправляются в разделительную гребенку 5 (бердо). Затем каждая нить огибает направляющие прутки 6, заправляется в ламели 7, проходит через направляющие прутки 8 и 9, а затем поступает в нитеводитель 8.

Нити продольного утка (латексные) (рис. 2-в), соединенные между собой в виде ленты 1, поступают в зону шпулярика машины из коробки 2, огибают направляющие прутки 3 и 4, проходят через направляющий вал 5 и прижимной вал 6, скало 7, направляющие прутки 8 и 9. Проходя через гребенку 10, лента с латексными нитями разделяется на отдельные нити. После разделяющей гребенки нити заправляются в направляющие валы 11 и 12, выполненные в виде вращающихся цилиндров. Далее

нити огибают направляющие прутки 13 и заправляются в ушковую гребенку 14.

Записи тензограмм нитей проводились по всей длине заправки нити в различных зонах (табл. 1): для основной нити – I...IV зоны; для поперечного утка – I...V зоны; для продольного утка – I...III зоны.

Для оценки показателя напряженности [1] процесса вязания использовались параметры разложения в ряд Фурье при проведении частотного анализа. Значения натяжения нити и частотные характеристики процесса вязания представлены в табл.1, где  $F_{cp}$  – среднее значение натяжения нити в цикле;  $\sigma_F^2$  – дисперсия натяжения нити;  $F_{max}$  – максимальный уровень натяжения;  $F_{min}$  – минимальный уровень натяжения нити;  $C$  – квадратическая неровнота;  $k$  – число частотных составляющих после отсеивания шума;  $k_{max}$  – максимальный номер гармоники спектра разложения в ряд Фурье после отсеивания шума;  $Z_{max}$  – максимальная относительная амплитуда спектра;  $N$  – показатель напряженности процесса.

Таблица 1

Вид нити	Зона замера	$F_{cp}$ , сН	$\sigma_F^2$ , сН <sup>2</sup>	$F_{max}$ , сН	$F_{min}$ , сН	C	Частотные характеристики			
							k	$k_{max}$	$Z_{max}$ , сН	N, сН/с
Основная (полиамидная нить)	I	2,6	0,2	4,7	0,59	17	5	52	0,08	6,7
	II	6,7	0,4	4,7	0,58	24	9	61	0,17	9,8
	III	17,5	10,5	28,8	10,5	18	6	7	1,66	16,4
	IV	14,2	33,4	40,1	2,5	40	4	5	3,92	41,6
Поперечный уток (полипропиленовая нить)	I	2,4	0,2	3,5	0,58	17	3	8	0,09	2,2
	II	6,2	0,2	8,3	5,2	17	3	14	0,09	3,9
	III	5,9	0,4	8,2	3,2	15	4	14	0,53	4,5
	IV	7,1	0,8	9,4	4,7	9	4	4	0,33	10,0
	V	13,6	3,4	18,8	8,8	14	4	4	1,2	10,6
Продольный уток (латексная нить)	I	9,8	0,3	12,9	4,1	5	8	59	0,1	6,5
	II	123,6	20,1	139,4	111,2	4	3	3	1,2	10,3
	III	126,4	53,3	139,4	100,0	6	3	3	3,28	27,9

Графики спектральной плотности и тензограммы нитей основы, поперечного и продольного утка представлены на рис. 3. Все тензограммы нитей (рис. 3) приведены для натяжения в зоне, близкой к петлеобразованию. Для спектров натяжения, как нитей основы, так и нитей поперечного и продольного утка, характерно наличие группы низких частот, определяющих периодиче-

ский характер натяжения (рис. 2-а, б, в). Величина амплитуды гармоник низкочастотных составляющих спектра зависит от периодичности и уровня натяжения перерабатываемых нитей.

На графиках спектральной плотности натяжения основной нити (рис. 2-а) низкочастотные составляющие имеют достаточно высокую амплитуду [6], что связано



с ярко выраженной периодичностью натяжения вследствие цикличности движения ушковой гребенки, установленной на машине. Периодичность натяжения нити пе-

ред зоной петлеобразования характерна и для нитей поперечного и продольного утка (рис. 2-б, в).

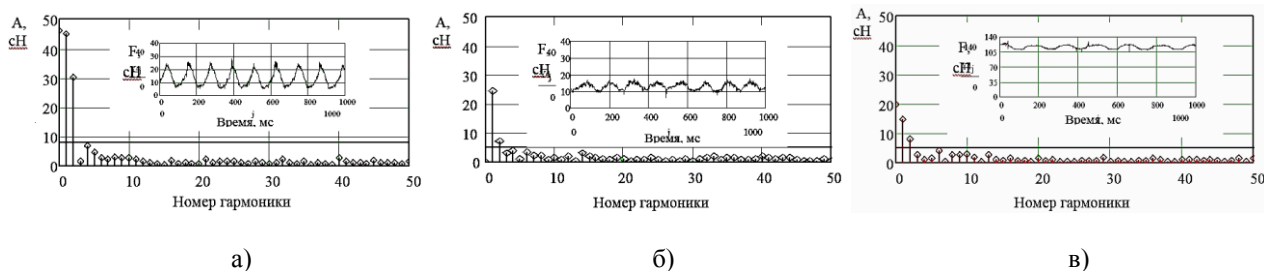


Рис. 3

Нити продольного утка (латексные нити) отличаются высоким уровнем натяжения нити, поступающей в зону вязания (рис. 2-в). Вследствие высокой растяжимости латексной нити такой уровень натяжения является необходимым для соблюдения условий прокладывания нити в качестве продольного утка (рис. 1).

Средний уровень натяжения основной нити (полиамидная нить) перед зоной петлеобразования снижается, но увеличивается дисперсия и квадратическая неровнота (табл. 1). При этом происходит увеличение амплитуды частотных составляющих, которое приводит к существенному росту показателя напряженности  $N$  процесса вязания. Нити поперечного утка (полипропиленовая нить) транспортируются с меньшей напряженностью за счет снижения характеристик  $k$  и  $k_{max}$ . Для продольного утка (латексная нить) увеличение показателя напряженности происходит вследствие высокого уровня натяжения нити (табл. 1).

Наибольший показатель напряженности соответствует процессу переработки основных нитей, что приводит к обрывности нитей основы и появлению брака на полотне. В данном случае для снижения показателя напряженности рекомендуется снижение уровня натяжения нитей основы. Согласно шкале показателя напряженности [9] процесс вязания на данной машине по всем линиям заправки нитей соответствует диапозону от 10 до 40 сН/с, то есть входит в группу вместе с плосковязальными машинами.

## ВЫВОДЫ

1. При переработке основы (полиамидные нити), поперечного утка (полипропиленовые нити) и продольного утка (латексные нити) показатель напряженности процесса вязания увеличивается по мере движения нитей от шпулярика к зоне петлеобразования.

2. Наибольшие значения показателя напряженности соответствуют процессу переработки основы (полиамидных нитей). Высокие значения показателя напряженности приводят к обрывности и возникновению брака на полотне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крутикова В.Р., Банакова Н.В. Оценка показателя напряженности процесса вязания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №6.
2. Банакова Н.В., Безденежных А.Г., Крутикова В.Р. Анализ показателя напряженности процесса вязания при переработке льняной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С.
3. Крутикова В.Р., Банакова Н.В. Анализ тензограмм нити при выработке поперечновязаного трикотажа // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2009, №1.
4. Банакова Н.В., Безденежных А.Г., Крутикова В.Р. Оценка частотных характеристик процесса вязания методом вейвлет-анализа. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №4С.
5. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Анализ влияния параметров заправки плосковязальных машин



на изменение натяжения нити на входе в зону вязания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4.

6. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Анализ влияния параметров заправки плосковязальных машин на структуру трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014, №5.

7. Банакова Н.В., Крутикова В.Р., Старинец И.В., Тягунов В.А. Оценка показателя напряженности процесса ткачества // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4С.

8. Банакова Н.В., Ерохова М.Н., Крутикова В.Р. Оценка показателя напряженности процесса снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5.

9. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Анализ параметров технологических процессов приготовительного, ткацкого и трикотажного производств по тензограммам нити. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5.

10. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Оценка нарушений процесса вязания на основе спектрального анализа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5.

11. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Безденежных А.Г. Оценка нарушений процесса вязания на кругловязальной машине SANTONI SM8-TOP2 // Сб. мат. XIX Междунар. научн.-практ. форума: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX 2016). – Иваново, 2016.

12. Банакова Н.В., Крутикова В.Р. Спектральный анализ тензограмм полиамидных нитей на основовязальной машине Comez 609/B8 // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, №21.

13. Крутикова В.Р., Банакова Н.В., Сусоева И.В., Лапшин В.В., Куликов А.В. Измерение и анализ физико-механических характеристик нитей. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та, 2010.

## REFERENCES

1. Krutikova V.R., Banakova N.V. Ocenka pokazatelja naprjazhennosti processa vjazanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2003, №6.

2. Banakova N.V., Bezdenezhnyh A.G., Krutikova V.R. Analiz pokazatelja naprjazhennosti processa vjazanija pri pererabotke l'njanaj prjazhi // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №4S.

3. Krutikova V.R., Banakova N.V. Analiz tenzogramm niti pri vyrabotke poperechnovjazanogo

trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2009, №1.

4. Banakova N.V., Bezdenezhnyh A.G., Krutikova V.R. Ocenka chastotnyh harakteristik processa vjazanija metodom vejrlet-analiza. // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №4S.

5. Banakova N.V., Krutikova V.R. Analiz vlijanija parametrov zapravki ploskovjazal'nyh mashin na izmenenie natjazhenija niti na vhode v zonu vjazanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №4.

6. Banakova N.V., Krutikova V.R. Analiz vlijanija parametrov zapravki ploskovjazal'nyh mashin na strukturu trikotazha // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. 2014, №5.

7. Banakova N.V., Krutikova V.R., Starinec I.V., Tjagunov V.A. Ocenka pokazatelja naprjazhennosti processa tkachestva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №4S.

8. Banakova N.V., Erohova M.N., Krutikova V.R. Ocenka pokazatelja naprjazhennosti processa snovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5.

9. Banakova N.V., Krutikova V.R. Analiz parametrov tehnologicheskikh processov prigotovitel'nogo, tkackogo i trikotazhnogo proizvodstv po tenzogrammam niti. // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5.

10. Banakova N.V., Krutikova V.R. Ocenka narushenij processa vjazanija na osnove spektral'nogo analiza // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №5.

11. Banakova N.V., Krutikova V.R. Bezdenezhnyh A.G. Ocenka narushenij processa vjazanija na kruglovjazal'noj mashine SANTONI SM8-TOP2 // Sb. mat. HIIH Mezhdunar. nauchn.-prakt. foruma: Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX 2016). – Ivanovo, 2016.

12. Banakova N.V., Krutikova V.R. Spektral'nyj analiz tenzogramm poliamidnyh nitej na osnovovjazal'noj mashine Comez 609/B8 // Vestnik Kostromskogo gos. technolog. un-ta. – 2014, №21.

13. Krutikova V.R., Banakova N.V., Susoeva I.V., Lapshin V.V., Kulikov A.V. Izmerenie i analiz fiziko-mehaničeskikh harakteristik nitej. – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. technolog. un-ta, 2010.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования тканей и трикотажа. Поступила 02.06.16.

УДК 687.016

**КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМЫ РУКАВОВ ПОКРОЯ РЕГЛАН**

**CLASSIFICATION OF OUTLINE SHAPES OF RAGLAN SLEEVES**

*V.E. КУЗЬМИЧЕВ, М.С. СТРЕЛЬЦОВА, ЦАН НИ*  
*V.E. KUZMICHEV, M.S. STRELTSOVA, ZHANG NI*

(Ивановский государственный политехнический университет,  
Уханьский текстильный университет, Народная Республика Китай)  
(Ivanovo State Polytechnic University,  
Wuhan Textile University, People's Republic of China)  
E-mail: kshi@ivgpu.com

*Проанализированы 222 модели женских платьев покроя реглан, отобранные из 92 коллекций сезона "Весна - Лето 2015". Разработана классификация рукавов женских платьев, основанная на их объеме и конфигурации бокового контура. Выделена новая модная серповидная форма рукавов.*

*222 women dresses in raglan style were chosen from 92 collections ss 2015 for analyzing. New classification of sleeves based on their volume and side silhouette has created. New fashionable sleeve in crescent silhouette was described.*

**Ключевые слова:** реглан, рукав, классификация, сезон "Весна - Лето 2015", серповидный силуэт.

**Keywords:** raglan, sleeve, classification, ss 2015, crescent silhouette.

Известная классификация покроя реглана основана исключительно на конфигурации линии проймы [1], которая отличает его от альтернативного втачного ру-

кава. Выделяют пять вариантов реглана, в зависимости от положения начала линий проймы и ее конфигурации, представленных на рис. 1.

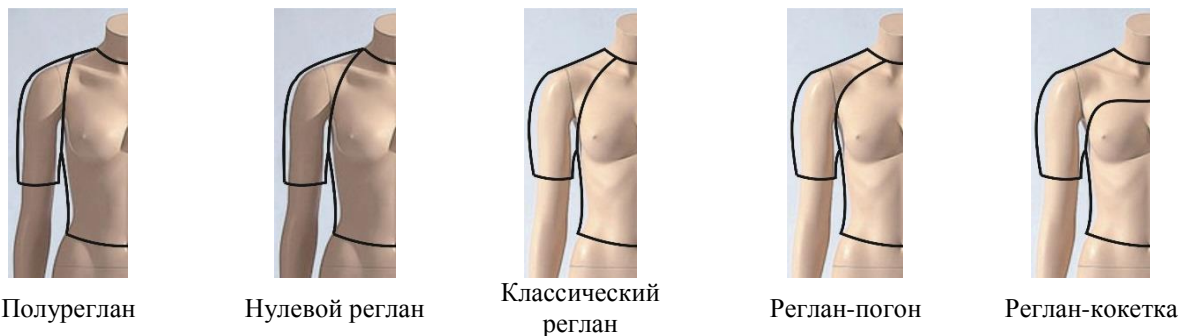


Рис. 1

Очевидно, что такая классификация формально не связана с силуэтом и отражает только особенности одной внутренней линии. Вместе с тем, одним из основных элементов формообразования является форма рукава. На рис. 2 показаны модные силуэты женских платьев и боковые контуры рукавов покроя реглан для второй по-

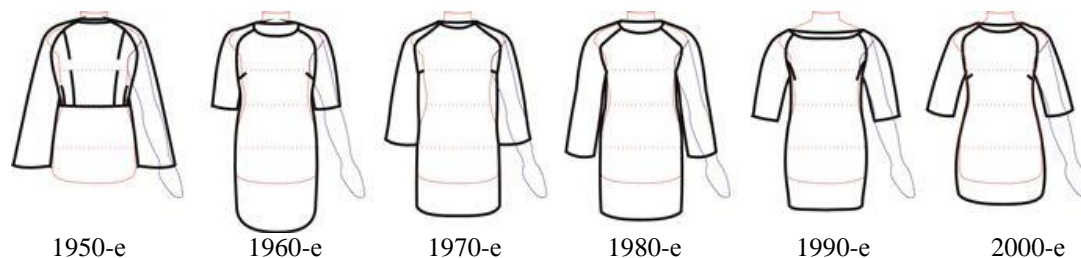


Рис. 2

Целью настоящей работы явилась разработка классификации рукавов женских платьев покроя реглан для сезона "Весна - Лето 2015" и последующих.

Были проанализированы 433 коллекции с 14922 моделями, из которых были отобраны 92 коллекции, где присутствовали 222 модели покроя реглан, что составило 21% всех коллекций и 1,5% всех моделей. Для анализа были отобраны модели женской одежды из коллекций ведущих дизайнеров (A F Vandevorst, Ace Jig, Anna Sui, Anthony Vaccarello, Alexander Lewis, Alice Olivia, Antonio Berardi, Antonio Marras, Alexis Mabille, Barbara Bui, Bibhu Mohapatra, Christopher Raeburn, Carven, Christian Siriano, Christopher Raeburn, Custo Barcelona, Chanel, Christian Siriano, Delozo, Dion Lee, Emanuel Ungaro, Giorgio Armani, Gareth Pugh, Giulietta, Iris Van Herpen, Jc de Castelbajac, Juan Carlos Obando, John Galiano, KTZ, Luisa Beccaria, Lanvin, Martin Grant, Monique Lhuillier, Milly, Mulberry, Nina Ricci, Pamela Roland, Pringle of Scotland, Rodebjer, Roberto Cavalli, Salvatore Ferragamo, Suno, Talbot Runhof, Timo Weiland, Tibi, Temperley London, Vivienne Tam, Yigal Azrouel и др.).

В отобранных моделях боковые контуры рукавов были подвергнуты двухэтапному графоаналитическому анализу, а его

ловины XX - начала XXI вв. Очевидно, что при восприятии силуэта положение внутренней линии проймы уже не является определяющим фактором, а форма рукава, хотя и была подчинена объемно-пространственной форме платья, но в последние годы приобрела самостоятельное значение.

результатом стали вербальная классификация и показатели количественной оценки.

*Вербальный анализ.* При визуальном анализе боковых контуров рукавов использовали регистрационный метод, основанный на регистрации наличия или отсутствия выбранного признака, с помощью которого выделили следующие признаки:

1) рукава по степени соответствия форме руки были разделены на виды:

- 1 вид – антропометричный рукав, с максимальной точностью повторяющий формы опорной поверхности плечевого пояса и руки по всей ее длине и имеющий минимально возможные воздушные зазоры между материалом и фигурой;

- 2 вид – полуантропометричный рукав, повторяющий форму опорной поверхности плечевого пояса и имеющий незначительно увеличенный объем по линиям обхватов плеча и локтя;

- 3 вид – неантропометричный рукав, не повторяющий форму опорной поверхности плечевого пояса, форму руки по ее длине и имеющий значительно больший объем по линиям обхватов плеча и локтя, который более чем на 50% отличается от антропометричного вида;

2) рукава по конфигурации бокового контура разделены на подвиды:

- 1 подвид – прямолинейный контур, рукав имеет равномерную ширину по всей длине (трубообразная);

- 2 подвид – серповидный криволинейный контур, рукав имеет значительную выпуклость по линии локтя;

- 3 подвид – конический контур, рукав значительно расширен книзу.

Классификация описывает рукава с разной степенью прилегания к руке (вид), конкретизирует конфигурацию бокового контура (подвид) и представляет собой код из двух цифр YZ, в котором первая цифра Y обозначает вид, а вторая Z – подвид.

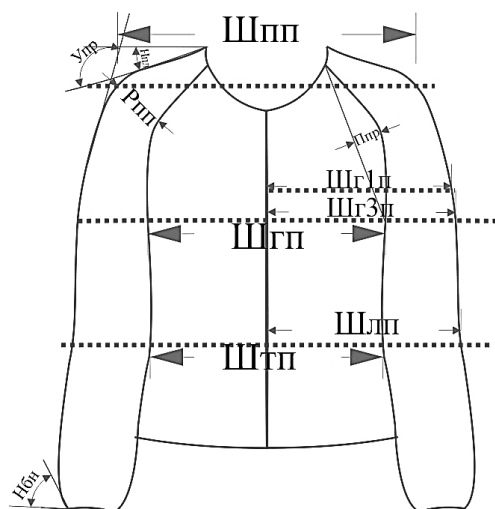


Рис. 3

*Количественный анализ.* Для количественного описания выделенных видов и подвидов был использован измерительный метод в программе Corel Draw. Схема измерения линейных и угловых параметров фотоизображений показана на рис. 3 (схема параметризации фотоизображений (показана верхняя часть платья)).

По данным [2] были определены средние размерные признаки манекенщиц мирового уровня, участвовавших в показах перечисленных дизайнеров, см: рост 178,8, обхват груди 84, обхват талии 60, длина руки 57, высота бедер 88 см, плечевой диаметр 37,4. С помощью программы Marvelous Designer был построен аватар типичной манекенщицы (рис. 4-в).

Натуральные значения параметров вычисляли по формуле:

$$M = (178,8)/a, \quad (1)$$

где  $a$  – результат измерения высоты фигуры манекенщицы на фотографии; 178,8 – средний рост манекенщицы, см.

В табл. 1 приведены наименования параметров женских платьев покроя реглан и результаты их измерений по схемам, принятым в швейной промышленности. Для всех измеренных величин были вычислены размах  $R = X_{\max} - X_{\min}$  и коэффициент вариации  $C$  [3].

Т а б л и ц а 1

Наименование параметра	Условное обозначение (рис.3)	R	C, %
Линейные проекционные параметры, см			
Расстояние между конечными точками плечевых швов	Ш <sub>пп</sub>	33,6...43,2	
Ширина стана по линии груди	Ш <sub>гп</sub>	25,5...33,4	
Ширина стана на уровне обхвата груди первого	Ш <sub>г1п</sub>	19,7...29,1	
Ширина стана на уровне обхвата груди третьего	Ш <sub>г3п</sub>	20,1...30,7	
Ширина стана на уровне локтя	Ш <sub>лп</sub>	19,2...30,3	
Ширина стана по линии талии	Ш <sub>тп</sub>	23,4...38,2	
Расстояние от условного конца плечевого шва до линии проймы	Р <sub>пп</sub>	3,1...16,5	
Величина прогиба линии проймы	П <sub>пр</sub>	1,2...7,2	
Угловые параметры, град			
Наклон плечевого ската	Н <sub>пп</sub>	7...25,5	
Угол между плечевым скатом и боковым контуром рукава	У <sub>пл</sub>	101,4...139,9	
Наклон бокового контура рукава внизу	Н <sub>рп</sub>	41,4...96,9	

Усреднение фронтальных силуэтов выполняли после их совмещения графоаналитическим способом (для совмещения использовали подбородочную точку лица) с параллельным вычислением средних значений параметров, перечисленных в табл. 2. Последовательность формирования технического рисунка "аватар - платье", включающая совмещение фронтальных силуэтов, выделение среднего силуэта и совмещение

среднего силуэта с абрисом фигуры манекенщицы, показана на примере платья с рукавом антропометричной формы (рис. 4 – алгоритм получения типичного технического рисунка: а – совмещение абрисов платьев, б – выделение среднего силуэта, в – аватар типовой фигуры манекенщицы, г – технический рисунок "аватар - платье среднего силуэта").

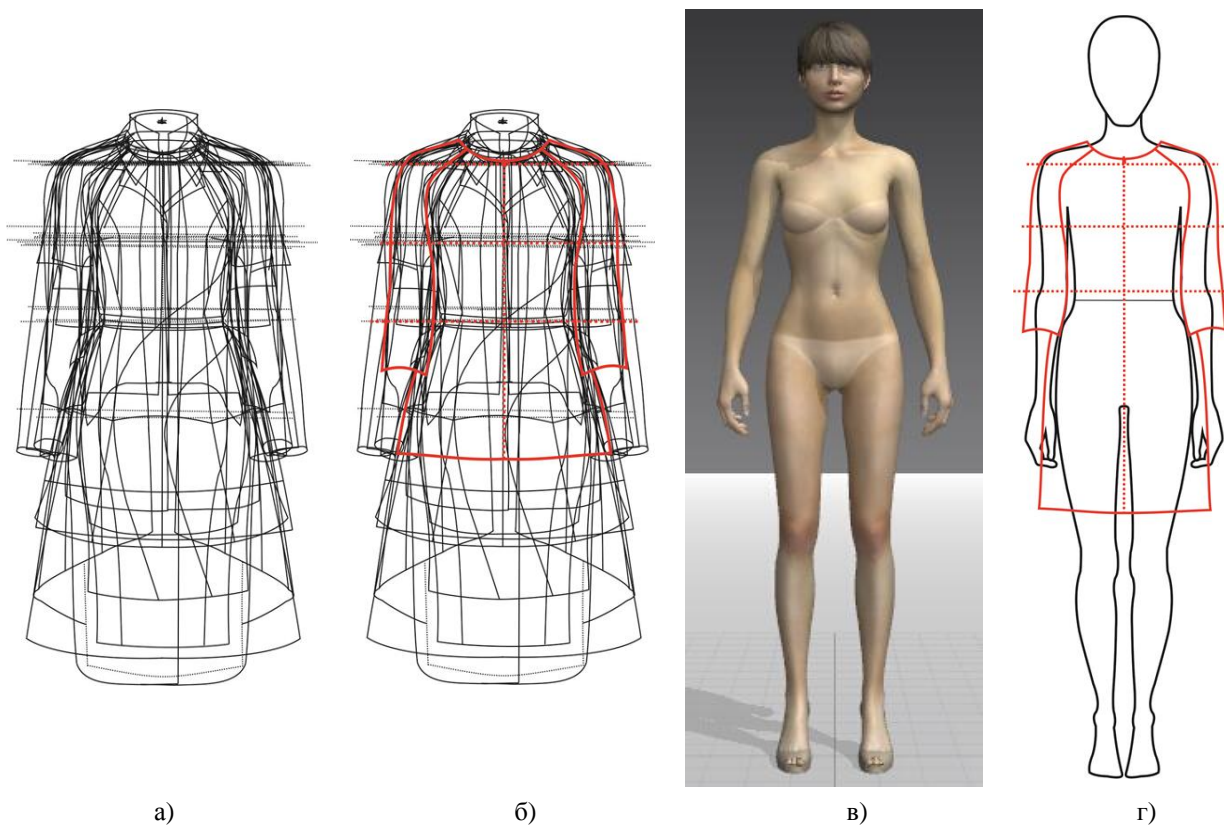


Рис. 4

Результаты параметризации рукавов для сезона "Весна-Лето 2015" приведены в табл.

2 (количественные параметры рукавов покроя реглан разных форм).

Т а б л и ц а 2

Подвид	Проекционные параметры, см								Угловые параметры, град		
	Ш <sub>пп</sub>	Ш <sub>гп</sub>	Ш <sub>г1п</sub>	Ш <sub>г3п</sub>	Ш <sub>лп</sub>	Ш <sub>тп</sub>	Р <sub>пп</sub>	П <sub>пр</sub>	Н <sub>лп</sub>	У <sub>пл</sub>	Н <sub>рн</sub>
Антропометричный вид											
Серповидная	36	28,3	21,8	22,7	23,1	28,3	6,5	2,9	19,6	121,3	56,5
Трубообразная	39,5	29,6	22,9	23,1	23,1	27,8	6,6	3,9	17,1	111,1	-
Полуантропометричный вид											
Коническая	39,8	30	24,7	26	29,4	30,4	9,1	3,1	18,8	127	92,2
Серповидная	40,6	31,9	24,6	25,3	27,8	30	7,6	3,6	20,2	122	78,4
Неантропометричный вид											
Коническая	40,4	32	27,3	28,8	31,7	33,4	7,2	4,1	18,2	131,9	93,2
Серповидная	40,3	30,1	28	30	30,6	27,2	9,5	3,6	20,6	127,1	69,2



Визуализация результатов из табл. 2 представлена на рис. 5 (модные формы ру-

кавов реглан для сезона "Весна-Лето 2015": а – 11, б – 12, в – 22, г – 23, д – 32, е – 33).

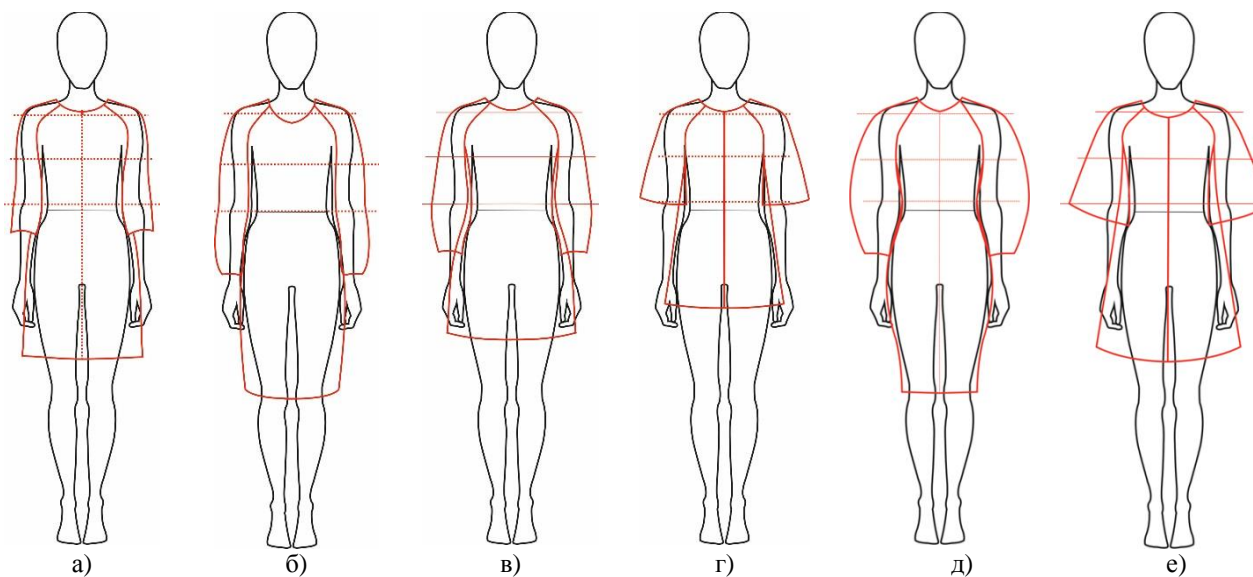


Рис. 5

Самыми популярными в сезоне "Весна - Лето 2015" были рукава с серповидным боковым контуром полуантропометричного (22), неантропометричного (32) видов. Рис. 6 (совмещенные абрисы платьев покроя реглан с рукавами разной формы: а – антропометричная трубообразная (код 11), б – код 11 и полуантропометричная серповидная (код 22), в – 11 и неантропометрич-

ная серповидная (код 32)) поясняет различия между этими модными формами. На рис. 6-б, в указаны линии обхватов плеча и локтя, объемы на которых являются индикаторами при отнесении рукава к определенному виду и подвиду. Антропометричная форма является самой малообъемной, поэтому наиболее популярные формы сравнимы именно с ней.

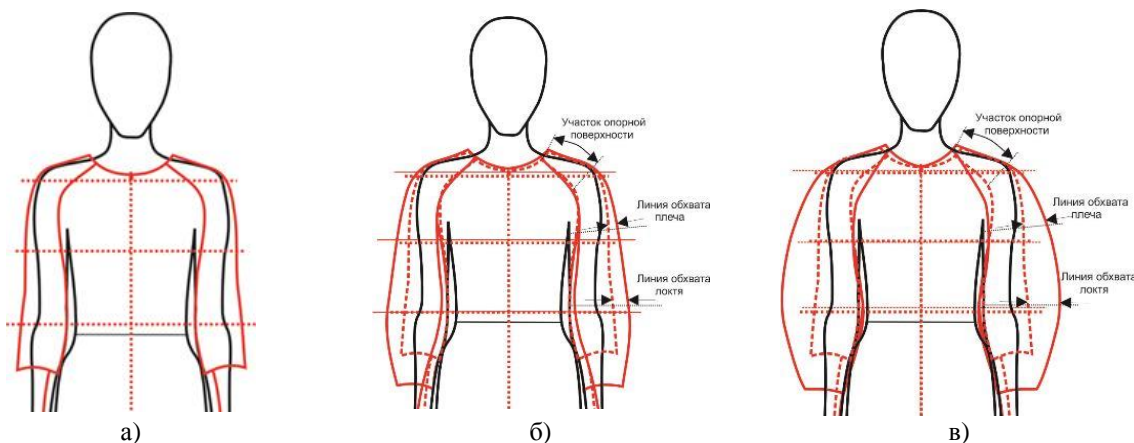


Рис. 6

Видно, что форма женских платьев покроя реглан получила новое развитие именно в области бокового контура рукавов. По сравнению с прошлыми десятилетиями XX-XXI вв. объем рукава практически не связан с объемом стана, а имеет го-

раздо больше общих признаков с формами XVIII-XIX вв., для которых был характерен малообъемный стан, формировавшийся с помощью корсета, и объемные рукава ("окорок", "епископ" и др.). Особенностью середины 2010-х гг. стала объемная серпо-

видная форма рукава, контрастирующая на уровне талии с малообъемным станом. Увеличение объема рукава не сопровождается изменением формы плечевого ската фигуры и не требует, как раньше, введения плечевой накладки: форма плечевого ската осталась естественной за счет максимально возможного угла наклона плечевой линии в чертеже конструкции. Такая форма повлекла за собой значительное расширение горловины и использование классического реглана с формированием из спинки и задней части рукава одинакового по ширине переката.

Таким образом, предложенная классификация форм рукавов позволяет составлять более детальную характеристику женских платьев покроя реглан, а ее количественное наполнение позволяет устанавливать различия с формами прошлых десятилетий и использовать результаты в компьютерном проектировании технических рисунков.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана классификация рукавов женских платьев покроя реглан, основанная на их объеме и конфигурации бокового контура.

2. Выделена новая модная серповидная форма рукавов для сезона "Весна-Лето 2015" в полуантропометричном и неантропометричном вариантах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова А.И., Андреева Е.Г. Конструктивное моделирование одежды. – М.: МГАЛП, 1999.
2. www.models.com
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983.

## REFERENCES

1. Martynova A.I., Andreeva E.G. Konstruktivnoe modelirovanie odezhdy. – M.: MGALP, 1999.
2. www.models.com
3. Bol'shev L.N., Smirnov N.V. Tablicy matematicheskoy statistiki. – M.: Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1983.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 05.12.15.

УДК 687.016.5:687.14

## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОСТЮМОВ ДЛЯ ПАРАШЮТНЫХ ВИДОВ СПОРТА

### DEVELOPMENT OF THE DESIGN PRINCIPLES OF PARACHUTE-SPORTS COSTUMES

*А.В. КОРНИЛОВИЧ, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ*  
A.V. KORNILOVICH, V.E. KUZMICHEV

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Politechnical University)  
E-mail: kshi@ivgpu.com

*В статье предложен новый подход к проектированию костюмов для парашютных видов спорта (КПВС), основанный на согласовании антропометрической базы данных и алгоритме выбора материалов. Полученное информационное обеспечение использовано для получения требуемых контуров системы "спортсмен – КПВС".*

*New approach of wing suits design which are using in parachute sport includes the new anthropometrical database obtained after measuring of sportsmen in dynamic postures and the algorithm of textile materials confection in according with its deformed condition under flying. The couture of ready wing suit that shaped by air flow and legs and arms of sportsmen was taken as final result of wing suit construction.*

**Ключевые слова:** вингсют, парашютный спорт, антропометрия, ткани, конструкция, контур.

**Keywords:** wingsuit, parachuting, anthropometry, fabrics, design, contour.

Костюм wingsuit [от *англ.* wing – крыло, suit - костюм] – сложно структурированный вид специальной одежды для парашютных видов спорта, включающий защитную оболочку в виде куртки и брюк, объединенных с помощью крыльев, или комбинезона с крыльями, и обеспечивающий спортсмену возможность длительного парения. Конструктивной особенностью костюма является наличие трех крыльев, расположенных между рукавами и станом и между левой и правой половинами брюк [1]. Конструкция костюма wingsuit должна гарантировать выполнение нескольких функций:

- эргономической для обеспечения свободы движений во всех фазах полета [2];
- защитной, обеспечиваемой минимальной воздухопроницаемостью;
- специальной или полетной для парения спортсмена;
- эстетической, поскольку парашютные виды спорта являются зрелищными.

В работе Е.Я.Сурженко [3] рассмотрена кинематика движений верхних и нижних конечностей человека при выполнении различных операций, предложены угловые биомеханические параметры, характеризующие взаимное расположение сегментов тела человека, и установлена их взаимосвязь с параметрами чертежей конструкций спецодежды, эксплуатируемой исключительно на земле. Однако проектирование костюмов для парашютных видов спорта (КПВС) неприемлемо на основе существующих знаний [3], [4], поскольку выполнение всех перечисленных функциональных требований невозможно без следующих исходных данных:

- динамических изменений размеров фигуры в основных спортивных позах;

- поведения тканой оболочки в условиях действия аэродинамических и эргономических нагрузок;

- моделирования контуров костюма в условиях функционирования системы "спортсмен – костюм" в воздушной среде.

Поэтому разработка принципов проектирования КПВС является актуальной проблемой, требующей научного обоснования. Результатом проектирования является костюм с определенным контуром, обеспечивающим требуемый уровень его полетных характеристик. Нами впервые предложен такой подход к конечной цели проектирования. Принципы проектирования включают правила выполнения двух этапов: первого – отбора антропометрической и материаловедческой информации, второго – использования этой информации для получения требуемых контуров КПВС.

Объектами исследования служили движения спортсмена во время полета, контуры костюма, фигуры спортсменов, поведение текстильных материалов в условиях их деформирования воздушным потоком и конечностями фигуры человека.

На первом этапе проведены антропометрические исследования мужских фигур с применением контактных и бесконтактных методов [5], [6]. Исследования тканей при малых нагрузках выполнены на приборе KES-F1 автоматического комплекса Kawabata (Япония) [7].

Новое информационное обеспечение включает:

- 1) антропометрическую базу данных (АБД) в виде набора величин динамических приращений к выбранным размерным признакам мужских фигур в основной статико-



динамической позы спортсмена, включенных в кинематическую антропометрическую схему (КАС) для проверки и построения чертежей конструкций стана куртки и брюк с крыльями;

2) правила графоаналитического выбора материалов в виде схемы согласования удлинения тканей под действием растягивающих нагрузок и величин динамических приращений к размерным признакам.

Для формирования АБД проведены измерения 65 спортсменов в возрасте 18...27

лет, с весом 70...100 кг, ростом 176...188 см, обхватом груди третьим 96...104 см. На поверхности фигур были отмечены 11 основных и 22 дополнительные антропометрические точки (АТ), между которыми измеряли расстояния при подъеме руки в плечевом суставе и отведении ноги в тазобедренном суставе с шагом 15 градусов. Схема расположения точек показана на рис. 1 (общий вид КАС для верхней части туловища (а) и ее фрагменты: б – для  $Ш_n$ ; в – для  $B_{зук}$ ; г – для  $B_{пвк}$ ).

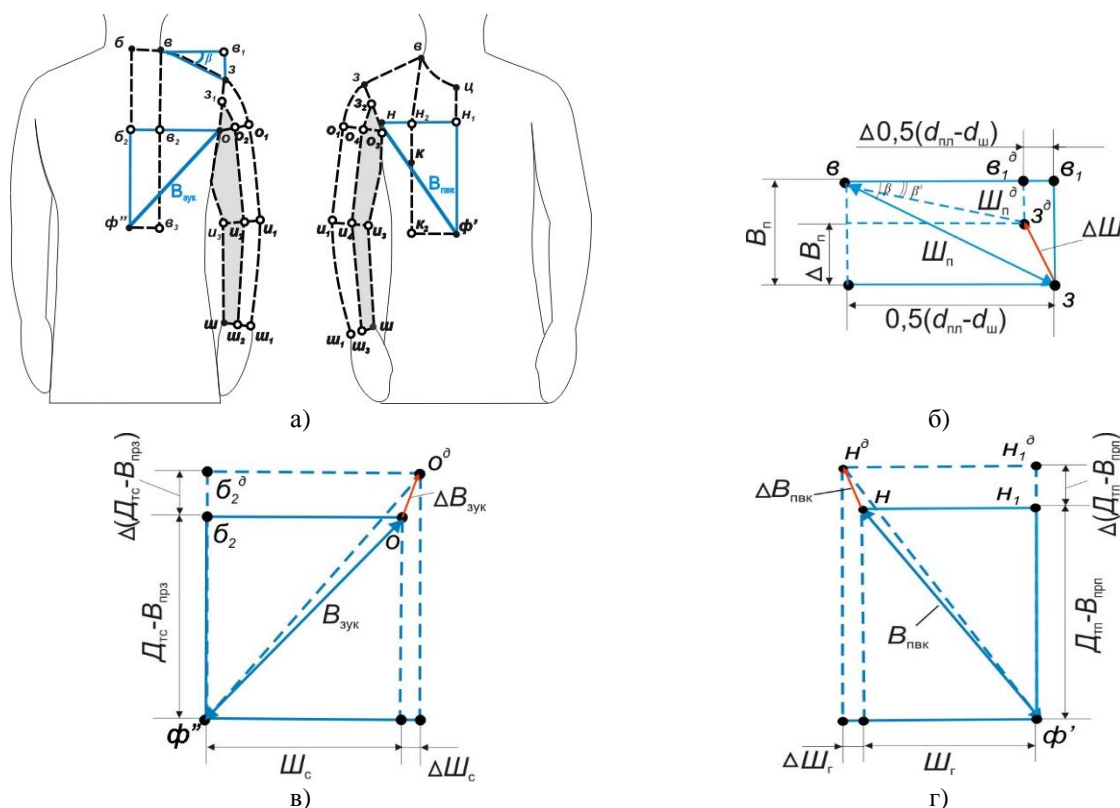


Рис. 1

После анализа основных эргономических поз были выбраны те АТ, которые имеют максимальную амплитуду перемещения: о – задний угол подмышечной впадины (до 5,4 см), н – передний угол подмышечной впадины (до 4,5 см) и з – плечевая точка (до минус 4,8 см). Эти точки были использованы для измерения размерных признаков в новой комбинации (рис. 1-а):

1. Высота заднего угла подмышечной впадины косая  $B_{зук}$ . Этот признак измеряли между точкой о и задней точкой на талии  $ф''$ .

2. Высота переднего угла подмышечной впадины косая  $B_{пвк}$ . Этот признак измеряли между точкой н и передней точкой на талии  $ф'$ .

3. Угол наклона плечевого ската  $\beta$  между контуром плечевого ската в-з и горизонталью из точки основания шеи сбоку в.

Десять традиционных (ширина плеча  $Ш_n$ , расстояние от точки основания шеи сбоку до лучевой точки  $D_{луч}$ , расстояние от точки основания шеи сбоку до линии обхвата запястья  $D_{зап}$ , расстояние от точки основания шеи сбоку до линии талии спереди  $D_{тп}$ , расстояние от точки основания шеи сзади до линии обхватов груди первого и второго с учетом выступа лопаток  $B_{прз}$ , длина спины до талии с учетом выступа лопаток  $D_{тс}$ , расстояние от линии талии сзади до точки основания шеи сбоку  $D_{тс1}$ , ширина

груди Ш<sub>г</sub>, ширина спины Ш<sub>с</sub>, диаметр руки вертикальный d<sub>рв</sub>) и три новых РП (V<sub>зук</sub>, V<sub>пвк</sub>, угол β) были объединены в кинематическую антропометрическую схему (КАС) (рис. 1-а).

Значения динамических приращений ΔV<sub>зук</sub>, ΔV<sub>пвк</sub>, ΔШ<sub>п</sub> были разложены на горизонтальные и вертикальные составляющие,

названные нами динамическими прибавками к размерным признакам Ш<sub>с</sub>, Ш<sub>п</sub> и V<sub>прз</sub>. На рис. 1-б, в, г показаны схемы определения этих прибавок в горизонтальном и вертикальном направлениях по КАС.

Формулы для вычисления и интервалы динамических прибавок представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Условные обозначения		Величина динамического эффекта, Δ	
приращения к РП и его составляющим (рис. 1- б,в,г)	участка измерения (рис. 1-а)	абсолютная, см	относительная, %
ΔV <sub>зук</sub>	Δ (φ'' - о)	4,5	14,8
ΔV <sub>зук</sub> <sup>г</sup> = ΔШ <sub>с</sub>	Δ (б <sub>2</sub> - о)	1,1	6
ΔV <sub>зук</sub> <sup>в</sup> = Δ(Д <sub>гс</sub> - V <sub>прз</sub> )	Δ (б <sub>2</sub> - φ'')	4,4	18,7
ΔV <sub>пвк</sub>	Δ (φ' - н)	5,4	16,1
ΔV <sub>пвк</sub> <sup>г</sup> = ΔШ <sub>г</sub>	Δ (н <sub>1</sub> - н)	2,0	10,6
ΔV <sub>пвк</sub> <sup>в</sup> = Δ(Д <sub>гп</sub> - V <sub>прп</sub> )	Δ (н <sub>1</sub> - φ')	5,3	18,7
ΔШ <sub>п</sub>	Δ (в - з)	- 4,8	29,6
ΔШ <sub>п</sub> <sup>г</sup> = Δ0,5(d <sub>пл</sub> - d <sub>ш</sub> )	Δ (в - в <sub>1</sub> )	- 3,7	24,5
ΔШ <sub>п</sub> <sup>в</sup> = ΔV <sub>п</sub>	Δ (з - в <sub>1</sub> )	- 5,4	75

Для confeкционирования тканей была экспериментально проверена методика на пяти видах тканей с воздухопроницаемо-

стью менее 5 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с, из которых изготавливают КПВС (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Наименование ткани, страна-производитель	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Переплетение, вид покрытия	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с
T1 – ткань парашютная (ЮАР)	47	Полотняное, воскообразное	0
T2 – ткань курточная (Корея)	53	Полотняное, полимерное	менее 5
T3 – ткань специального назначения (Корея)	59	Полотняное, полимерное	менее 5
T4 – саржа гладкокрашенная (Россия)	65	Саржевое, без покрытия	менее 10
T5 – ткань специального назначения (Корея)	74	Полотняное, полимерное	менее 5

Предварительно, путем теоретического моделирования, нами было установлено, что максимальной нагрузкой, которая будет действовать на ткань костюма во время свободного полета, является значение P<sub>пред</sub> = 105 сН/см. Исходя из максимальной нагрузки, которая действует на тканую оболочку костюма, были определены допустимые относительные удлинения тканых оболочек (рис. 2 – схема выбора тканей для КПВС).

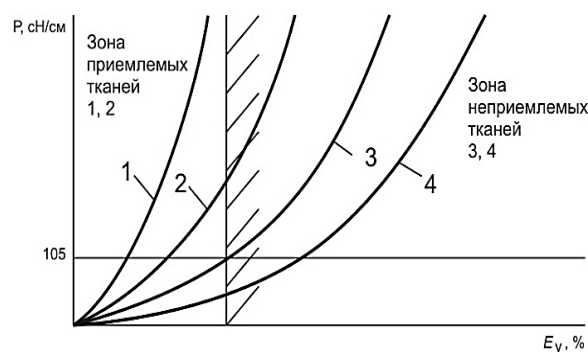


Рис. 2

Условие выбора ткани включает проверку следующего соотношения:

$$\varepsilon_y \leq \Pi_{\text{отн}} - \Delta, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_y$  – относительное удлинение ткани по утку под действием нагрузки 105 сН/см, %;  $\Delta$  – минимальная величина динамического

приращения к продольному РП фигуры, %;  $\Pi_{\text{отн}}$  – относительная КП к продольному РП, %. Она рассчитывается по формуле  $\Pi_{\text{отн}} = 100\Pi/\text{РП}$ , где  $\Pi$  – абсолютная конструктивная прибавка, см; РП – значение размерного признака, см.

Алгоритм выбора тканей, согласованный с АБД, представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

№	Содержание этапа	Объекты контроля	Приборное обеспечение	Методическое обеспечение
1	Измерение базовых показателей - воздухопроницаемость $V_p$ ; - поверхностная плотность $M_s$	Т	Прибор ВПТМ.2[8] весы [9]	ГОСТ 12088–77 [8] ГОСТ 29104.1–91 [9]
2	Измерение удлинения $\varepsilon_y$ под действием нагрузки 105 сН/см	Т	Прибор KES FB1	Метод Kawabata [7]
3	Измерение динамических приращений к РП	Ф		Контактные и бесконтактные методы измерений, АБД
4	Выбор значений динамических приращений, $\Delta$ и построение КАС	Ф		АБД КАС
5	Анализ чертежей конструкции стана и расчет относительных КП	ЧК		Методика проверки ЧК стана с помощью КАС
6	Проверка соотношений $\varepsilon_y \leq \Pi_{\text{отн}} - \Delta$	Т, Ф, ЧК		Новая методика выбора материалов
7	Выбор ткани			

П р и м е ч а н и е. Т – ткань, Ф – фигура, ЧК – чертеж конструкции.

По сравнению с методиками [4], [10] предложенный нами подход к конфекционированию учитывает антроподинамические особенности фигуры, конструкцию костюма, условия его аэродинамической эксплуатации.

На втором этапе проведены исследования по разработке новых принципов проектирования КПВС, исходя из требований к геометрии контуров системы "спортсмен – костюм" в воздушной среде. Требования к контуру, как основному исходному данному, были сформулированы для фронтальной проекции в статике и динамике.

Для фронтальной проекции в статике были определены контуры внешних границ нижних и верхних крыльев с учетом сформированной АБД, основные геометрические параметры крыла: размах верхнего крыла  $L_{\text{кв}}^B$ , размах нижнего крыла  $L_{\text{кв}}^H$  (рис. 3-а).

Для определения геометрических параметров крыла во фронтальной проекции в динамике выделен его базовый элемент – сегмент, контур которого в динамическом состоянии формируется набегающим потоком воздуха и приобретает особую, необходимую для увеличения подъемной силы, аэродинамическую форму. Управляемыми геометрическими параметрами, задающими форму контура сегмента крыла, выбраны:  $h_m$  – высота сегмента, см;  $\tau$  – длина основания сегмента, см;  $L$  – длина линии контура сегмента, см (рис. 3-б). Этапы математического моделирования геометрии контуров системы "спортсмен – костюм" представлены в работах [1], [11].

На рис. 3 представлены контуры КПВС во фронтальных проекциях в статике (а) и динамике (б) и параметры, используемые для их проектирования.

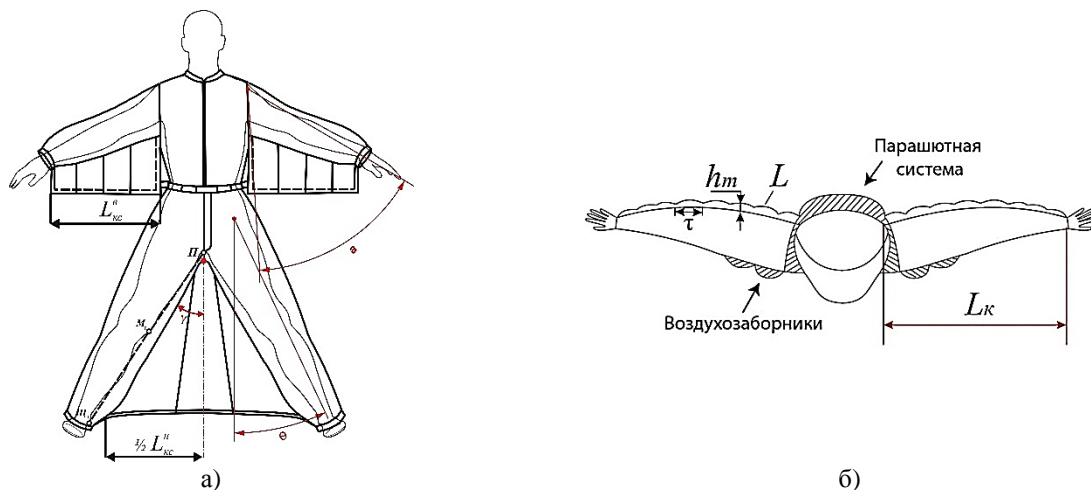


Рис. 3

Таким образом, новые принципы проектирования КПВС основаны на согласовании между собой данных информационного обеспечения, относящихся к антропометрическим особенностям мужских фигур и условиям деформирования текстильной оболочки, для формирования контуров системы "спортсмен – КПВС".

## ВЫВОДЫ

1. Разработано информационное обеспечение, состоящее из антропометрической базы данных и алгоритма выбора тканей, достаточных для проектирования новых узлов куртки "стан – верхнее крыло – рукав" и брюк "правая половина – нижнее крыло – левая половина" КПВС и адаптации чертежей конструкций узлов костюма к особенностям его будущей эксплуатации на земле и в воздухе.

2. Сформированы и экспериментально обоснованы принципы проектирования КПВС, исходя из требуемой геометрии контура системы "спортсмен – КПВС" в основной статико-динамической позе во время полета.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилович А.В., Кузьмичев В.Е. Оптимизация аэродинамических характеристик крыльев костюма wing-suit // Современные проблемы науки и образования. – 2013, №1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8215> (дата обращения: 28.01.2013).
2. Авдеева Е.В. Подготовка спортсменов-парашютистов к полетам в вингсьюте (упражнения № 51 СПП-

2010). – Москва-Пушино. 2014. (ver.7.2/02.082014). [http://skycenter.aero/images/wingsuit/sc\\_wss-7-2.pdf](http://skycenter.aero/images/wingsuit/sc_wss-7-2.pdf).

3. Сурженко Е.Я. Теоретические основы и методическое обеспечение эргономического проектирования специальной одежды: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2001.

4. Куликов Б.П., Сахарова Н.А., Костин Ю.А. Гигиена, комфортность и безопасность одежды. – Иваново: ИГТА, 2006.

5. ГОСТ Р 52774–2007. Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды. – М.: Стандартинформ, 2008. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (<http://vsegest.com/Catalog/57/5714.shtml>).

6. ОСТ 17-325–86. Изделия швейные, трикотажные, меховые. Фигуры мужчин типовые. Размерные признаки для проектирования одежды. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1986.

7. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://english.keskato.co.jp/products>

8. ГОСТ 12088–77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. – М.: Изд-во стандартов, 1977.

9. ГОСТ 29104.1–91. Ткани технические. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (<http://docs.cntd.ru/document/1200018821>).

10. Сухарев М.И., Бойцова А.М. Принципы инженерного проектирования одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

11. Корнилович А.В., Кузьмичев В.Е., Шунци Мэй. Моделирование формы сегмента контура крыла костюма для парашютных видов спорта // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 2. С. 143...147.

## REFERENCES

1. Kornilovich A.V., Kuz'michev V.E. Optimizacija ajerodinamicheskikh harakteristik kryl'ev kostjuma wing-suit // Sovremennye problemy nauki i

obrazovanija. – 2013, №1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8215> (data obrashhenija: 28.01.2013).

2. Avdeeva E.V. Podgotovka sportsmenov-parashjutistov k poletam v vings'jute (uprazhnenija № 51 SPP-2010). – Moskva-Pushhino. 2014. (ver.7.2/02.082014). [http://skycenter.aero/images/wingsuit/sc\\_wss-7-2.pdf](http://skycenter.aero/images/wingsuit/sc_wss-7-2.pdf).

3. Surzhenko E.Ja. Teoreticheskie osnovy i metodicheskoe obespechenie jergonomicheskogo proektirovanija special'noj odezhdy: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – M., 2001.

4. Kulikov B.P., Saharova N.A., Kostin Ju.A. Gigiena, komfortnost' i bezopasnost' odezhdy. – Ivanovo: IGTA, 2006.

5. GOST R 52774–2007. Klassifikacija tipovyh figur muzhchin po rostam, razmeram i polnotnym gruppam dlja proektirovanija odezhdy. – M.: Standartinform, 2008. – [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: (<http://vsegost.com/Catalog/57/5714.shtml>).

6. OST 17-325–86. Izdelija shvejnye, trikotazhnye, mehovyje. Figury muzhchin tipovyje. Razmernye priznaki dlja proektirovanija odezhdy. – M.: CNITJeI-legprom, 1986.

7. Jelektronnyj resurs. – Rezhim dostupa: <http://english.keskato.co.jp/products>

8. GOST 12088–77. Materialy tekstil'nye i izdelija iz nih. Metod opredelenija vozduhopronicaemosti. – M.: Izd-vo standartov, 1977.

9. GOST 29104.1–91. Tkani tehnicheckie. Metody opredelenija linejnyh razmerov, linejnoj i poverhnostnoj plotnostej. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2004.– [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: (<http://docs.cntd.ru/document/1200018821>).

10. Suharev M.I., Bojcov A.M. Principy inzhernogo proektirovanija odezhdy. – M.: Legkaja i pishevaja promyshlennost', 1981.

11. Kornilovich A.V., Kuz'michev V.E., Shunci Mjej. Modelirovanie formy segmenta kontura kryla kostjuma dlja parashjutnyh vidov sporta // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2. S.143...147.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 14.11.16.

УДК 746

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИТИКИ, ТЕХНОЛОГИИ И МОДЫ НА ИЗМЕНЕНИЯ СТИЛИСТИКИ ОФОРМЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЯ НА ПРИМЕРЕ ПЕЧАТНОГО РИСУНКА

## INFLUENCE OF POLITICS, TECHNOLOGY AND FASHION ON VARIATION OF TEXTILE DECORATION ON THE EXAMPLE OF PRINTED MOTIFS

М.И.КРЫЛОВ, Н.Г. МИЗОНОВА  
M.I. KRYLOV, N.G. MIZONOVA

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: mizonov46@mail.ru

*На изменения стиля дизайна тканей влияют политические, технологические факторы и мода. Кардинальные политические изменения вызывают появление новых сюжетов, инновации в технологии и химической промышленности способствуют появлению новых трактовок. Мода является производной функцией этих факторов и редко выступает в качестве самостоятельной причины изменений стиля. Эти три фактора с переменным лидерством диктуют специалистам текстиля новые художественные решения, изменяющие стилистику рисунков. Примеры прямой зависимости изменений рисунков от перемен в политике, технологии или моде постоянно присутствуют в зарубежных и отечественных тканях в различные исторические периоды.*

*Political and technological factors and fashion influence on changes in fabrics design. Cardinal political changes lead to appearance of new subjects, innovations*



*in technology and chemical industry promote appearance of new interpretations. The fashion is a derivative function of these factors and seldom works as an independent reason of the style changes. These three reasons with variable leadership dictate to textile experts new artistic solutions changing the drawing stylistics. Examples of direct dependence of drawing changes on the changes in politics, technology or fashion are permanently present in foreign and domestic fabrics in different historical periods.*

**Ключевые слова:** ткань, политика, технология, мода, текстильный дизайн, текстильный рисунок, сюжет, трактовка, стиль.

**Keywords:** fabric, politics, technology, fashion, textile design, textile drawing, subject, interpretation, style.

Среди многих причин, влияющих на стилистику и сюжеты рисунков для тканей, можно выделить три главных фактора. Это политика и отражающие ее социально - экономические изменения, инновации в технологии и химической промышленности и мода. Эти причины с переменным лидерством диктуют специалистам текстиля, в том числе дизайнерам, новые трактовки, композиционные решения и сюжеты, изменяющие стилистику рисунков.

Общеизвестно, как важны для взаимопроникновения и взаимовлияния культур отношения между странами. В истории развития текстильного рисунка существует множество примеров подтверждения этого тезиса. Один из самых хрестоматийных из них – глобальные изменения сюжетов в рисунках тканей после широкого знакомства европейцев с китайскими и индийскими тканями. До начала активной морской торговли европейских государств с этими странами ткани Китая и Индии были абсолютно элитарным товаром, и широкая публика их практически не знала. С открытием морских путей и торговли европейцы, в том числе владельцы текстильных мануфактур,

увидели на рисунках тканей китайских драконов, розы и индийские огурцы, и бути и начали повторять именно их, поскольку общество требовало этих, ставших модными, сюжетов. В декоративном искусстве возникло понятие "шинуазри". На смену жесткой стилизации растительных мотивов, бытовавших на тканях европейского производства, появились почти реалистические изображения цветов из Китая и Индии [1]. Произошла буквально революция в области текстильного рисунка. В данном случае мы имеем дело не просто с появлением новых сюжетов, но с кардинальным изменением стиля изображения. С этого времени реалистическая трактовка цветов использовалась практически постоянно, и цветочный орнамент стал одним из самых популярных в европейском текстиле. Существует и обратный пример, подтверждающий ту же самую мысль. Это адаптация рисунков Европы и Азии японскими текстильными художниками, как только Япония позволила европейскому и ближневосточному искусству проникать в Японию [2], [3] (рис. 1 – японские ткани, созданные под влиянием стилистики персидских и европейских тканей).



Рис. 1

Мода – феномен, связывающий многие аспекты общественной жизни и промышленного производства. Она по-своему реагирует на социально-политические изменения и приоритеты. Актуальные для общества темы приоритетно отражаются в моде. Их проявления могут находить различные формы выражения. В первую очередь – это сюжеты текстильных рисунков. Хрестоматийный пример тому – широкое использование военной атрибутики в тканях для интерьера периода Амбир в первых десятилетиях XIX века. В целом тема войны исполь-

зуется в качестве сюжета в тканях всех времен и народов. В зависимости от размаха и интенсивности военных действий эти рисунки или выходят в лидеры, или почти исчезают. На сегодняшний день в моде сложился и постоянно присутствует стиль милитари. Некоторые военные рисунки, например, "камуфляж", постоянно повторяются в современном текстильном дизайне [4] (рис. 2 – ткани Великобритании и Франции с военной атрибутикой XIX-XX вв.). Российская уличная одежда убедительное тому свидетельство.



Рис. 2

Всякая политическая новость фиксируется модой. Иногда это происходит очень активно. Так, мода на "японизм" в мотивах текстиля в 70-80-е годы XIX века появилась после открытия Японии, то есть возмож-

ности посещения иностранцами этой страны, в 1853 году и выставок японских предметов в Лондоне и Париже в 1864 и 1867 годах [4] (рис. 3 – Франция, конец XIX века. Мода на "японизм").



Рис. 3

Характерны изображения мирной послевоенной жизни маленьких городков США в 40-50-е годы XX века, изображающие фермерские хозяйства и прочие "пасторальные" мотивы Америки середины прошлого века. Российский текстиль также имеет в своей истории множество приме-

ров, когда политика и важнейшие события внутри страны пользовались повышенным вниманием художников-текстильщиков. Например, агитационный текстиль СССР 20-30-х годов, ткани с изображениями олимпийской символики в 70-е – 80-е годы XX века [5]. В середине и второй половине



XX века в рисунках тканей всех стран используется тема покорения космоса, и появились принципиально новые изображения ранее не существовавших мотивов: ракеты, спутники, изображения далеких галактик и звездных скоплений [4] (рис. 4 – ткань с космической тематикой, Великобритания, 1969 год).

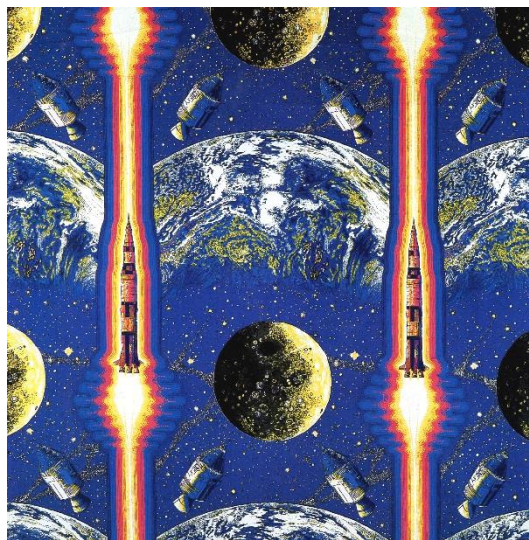


Рис. 4

Третьим фактором, оказывающим значительное влияние на текстильный орнамент, является развитие машиностроения и химической промышленности. Если политика через моду влияет на сюжеты, то химия и технологии, в конечном счете, больше влияют на возможности реализации тех или иных идей, технику трактовки мотивов. Несколько десятилетий назад дизайнеры и не могли подумать, что раппорт рисунка может быть каким угодно бесконечным, а количество цветов будет ограничено только фантазией.

Во второй половине XX века на ивановских фабриках в качестве бельевого рисунка преобладал мелкий цветочный рисунок. Экономика страны требовала выпускать как можно больше тканей, в том числе за счет упрощенных технологий. Этим объясняется преобладание белоземельных вариантов для платочных и бельевых тканей и постоянное уменьшение их плотности. В то же время планы вхождения в международный рынок требовали налаживания про-

изводства широкоформатных тканей с более высоким качеством красителей. В результате в начале XXI века началась смена ассортимента в виде перехода от плательных тканей к бельевым крупнораппортным тканям. Практически произошла ассортиментная революция в одном из крупнейших секторов российского текстиля [5]. Изменился не только размер раппорта. Изменилось качество и манера выполнения рисунка на ткани. Парадоксально, но новое, прогрессивное оборудование не позволяло печатать рисунки высокого качества художественного исполнения. Главной причиной этого явления стали изменения в технологии печати. Медные печатные валы благодаря своей прочности позволяли печатать на тканях тонкие элементы (лепестки, веточки и пр.), которые на современном оборудовании, использующем печать сетчатыми шаблонами, воспроизводятся с трудом, имея высокий потенциал выпуска брака. Сетчатый шаблон по своей структуре имеет подвижную форму, которая подвержена деформации при высоких скоростях печати. Как следствие, любая деформация может привести к растрасу и браку, то есть к экономическим потерям. Медные печатные валы при своем достоинстве печати мелких элементов на более высоких скоростях имели существенные недостатки, которые привели в конечном итоге к отказу от работы с ними. Главным недостатком медных валов стала их ограниченность по ширине. Есть некоторые экспериментальные образцы, печатающие по ширине ткани 150 см, но это исключение. В общей массе медные валы позволяли печатать по ширине 80, 95 см, что со сменой общего ассортимента и переходом к выпуску тканей шириной 220 см перестало быть востребовано.

Вторым важным недостатком медных печатных валов стала их неспособность печати рисунков с открытыми цветовыми площадями. Например, рисунок с "горошинами" на цветном фоне, между которыми было расстояние около 10 см цветного гладкого фона, часто имел брак в виде непрокрашенных участков, белых отпечатков



"пушины". Отсутствие технической возможности выпуска рисунков с открытыми цветными пространствами наложило свой отпечаток на стилистику рисунков в целом. Художники под влиянием технологов выполняли рисунки с мелкими элементами, равномерно распределенными по всему полотну, которые этот брак маскировали и предотвращали. Помимо этого медные валы имели и прочие недостатки: мягкость и тяжесть меди способствовали деформации вала, прогибу, вынужденному ремонту.

Сегодня, используя в печати технологию сетчатых шаблонов, воспроизвести мелкие детали возможно, но это создает дополнительные проблемы: растраф, низкая скорость печати, которые делают нерентабельным производство подобных изделий.

Политика, возникшая на рынке легкой промышленности России после распада СССР, вызвала смену ассортимента выпускаемой продукции текстильных производств. Переход к выпуску тканей широкого ассортимента, новые технические возможности сказались на стилистике текстильного дизайна. Таким образом, политические изменения, казалось бы, далекие от проблем стиля в текстильном рисунке, вызвали к использованию новые технологии, что оказало прямое влияние на стилистику производимых рисунков. Региональные традиции подчинились международной моде.

## ВЫВОДЫ

1. На изменения стилистики рисунков влияют 3 главных фактора: политика, развитие текстильных технологий и мода.

2. Революционные изменения в стилистике текстильного дизайна связаны с глобальными изменениями в социально-экономическом развитии общества.

3. Политика и мода в большей степени влияют на сюжеты тканей, технология – на

специфику и возможности трактовки художественных решений рисунков.

4. Инновации в машиностроении и технологии всегда способствуют увеличению производительности производства, но не всегда позволяют сохранять художественные традиции и культуру текстильного рисунка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Соболев Н.Н.* Очерки по истории украшения тканей. – М-Л., 1934.
2. *Yoshimoto K.* Textile Design in Japan: Traditional Arabesque. Graphic-sha Publishing Co., Ltd. – Tokyo, Japan.
3. *Yoshimoto K.* Textile Design in Japan: Stripes & Lattices. Graphic-sha Publishing Co., Ltd. – Tokyo, Japan.
4. *Meller S.* Textile design: 200 years of European and American patterns for printed fabrics. – Library of Congress Cataloging, 1991.
5. *Мизонова Н.Г., Крылов М.И.* Эволюция дизайна и ассортимента российских хлопчатобумажных тканей (на примере ассортимента ХБК "Шуйские ситцы") // Вестник МГХПА "Декоративное искусство и предметно-пространственная среда". – 2016, №3. С.401...410.

## REFERENCES

1. Sobolev N.N. Ocherki po istorii ukrashenija tkanej. – M-L., 1934.
2. Yoshimoto K. Textile Design in Japan: Traditional Arabesque. Graphic-sha Publishing Co., Ltd. – Tokyo, Japan.
3. Yoshimoto K. Textile Design in Japan: Stripes & Lattices. Graphic-sha Publishing Co., Ltd. – Tokyo, Japan.
4. Meller S. Textile design: 200 years of European and American patterns for printed fabrics. – Library of Congress Cataloging, 1991.
5. Mizonova N.G., Krylov M.I. Jevoljucija dizajna i assortimenta rossijskih hlopchatobumazhnyh tkanej (na primere assortimenta HBK "Shujskie sitcy") // Vestnik MGHPA "Dekora-tivnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaja sreda". – 2016, №3. S.401...410.

Рекомендована кафедрой искусства костюма и текстиля. Поступила 30.11. 16.

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ  
ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ САМОСПАСАТЕЛЯ\***

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS  
ON MATERIALS APPLICATION  
IN THE SELF-RESCUER MANUFACTURE**

*О.В. МЕТЕЛЕВА, М.В. СУРИКОВА, С.В. ЛЕППЯКОВСКАЯ*  
*O.V. METELYOVA, M.V. SURIKOVA, S.V. LEPPYAKOVSKAYA*

**(Ивановский государственный политехнический университет)**  
**(Ivanovo State Polytechnical University)**  
E-mail: kaf.tshi@yandex.ru

*При изготовлении средств индивидуальной защиты применяют материалы с разнородными свойствами. Представлены результаты экспериментальной оценки физико-механических свойств клеевых соединений этих материалов. Даны рекомендации по использованию материалов.*

*Materials with the heterogeneous properties are used at the manufacturing of individual protection means. Results of the physicomechanical properties experimental estimation of glutinous connections are presented. Recommendations about materials are made for using.*

**Ключевые слова:** средства индивидуальной защиты лица и головы, самоспасатель, клеевое соединение, материалы с разнородными свойствами.

**Keywords:** individual protection means of the person and a head, the self-rescuer, glutinous connections, materials with the heterogeneous properties.

Одним из главных требований, предъявляемых нормативно-технической документацией при проектировании и изготовлении самоспасателей, является обеспечение необходимого уровня защиты жизни и здоровья человека от вредных и опасных факторов. Материалы самоспасателя должны исключать вдыхание зараженного воздуха, быть стойкими для огня. В настоящее время могут быть применены различные огнестойкие материалы, одновременно имеющие низкую воздухопроницаемость: арамидные ткани, являющиеся полностью огнезащитными и не поддерживающими горение, материалы с пленочным огнезащитным покрытием, пленочные материалы неэластичные

(например, полиимидная пленка) и эластичные (например, безосновный самоклеющийся пленочный материал). Такое разнообразие материалов обусловлено необходимостью применения их на различных участках самоспасателя: иллюминатора, капюшона, фильтрующей части, обтюлятора – и выполнения требуемых функций [1], [2].

Целью настоящего исследования являлась разработка рекомендаций по конфекционированию различных материалов при изготовлении самоспасателя на основе изучения их эксплуатационных характеристик.

Поскольку самоспасатель должен быть простым в использовании и компактным

\* Статья подготовлена в рамках выполнения проектной части госзадания № 11.1898.2014/К Минобрнауки России.

при сохранении его функциональности, логично предположить, что и швы должны быть технологичными по конструкции, учитывающими разнообразные свойства и разное поведение материалов при соединении и эксплуатации, а также

герметичными [3], [4]. Учитывая анизотропию свойств текстильных материалов и назначение в изделии, их можно разделить на две группы – для продольного и поперечного соединения.

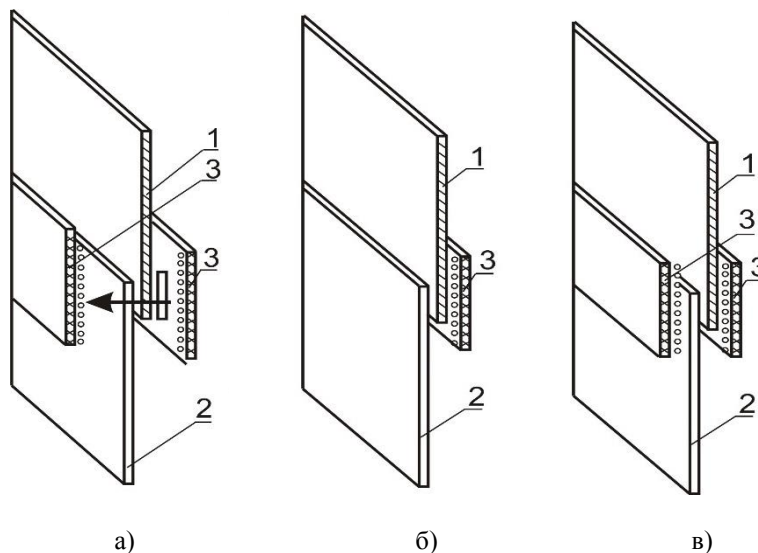


Рис. 1

Объектами исследования являлись:

- ниточно-клеевой шов (рис. 1-а: 1, 2 – соединяемые материалы; 3 – БСПМ), используемый для усиления прочности соединения разнородных материалов (соответственно: М1 – ткань с пленочным покрытием; М2 – искусственная кожа (материал облегченный с пониженной горючестью); М3 – объемный нетканый фильтрующий материал; М4 – нетканый материал спандбонд; М6 – эластичный пленочный материал; М7 – полиимидная пленка);
- накладной клеевой шов с одно- и двусторонней фиксацией безосновным самоклеющимся пленочным материалом (БСПМ) (рис. 1-б, в), выбранный в качестве наиболее конструктивно и технологически рационального.

Методы исследования: несминаемость определяли методом ориентированного смятия по ГОСТу 19204–73 [5], швы различных комбинаций подвергали смятию вдоль пробы; изменение адгезии ( $C_p$ ) во времени – методом определения сопротивления расслаиванию на приборе РТ-250М ("Ивмашприбор", г. Иваново); осевое растягивающее усилие – методом

измерения разрывной нагрузки швов в продольном и поперечном направлениях [6] на приборе РТ-250М ("Ивмашприбор", г. Иваново); компактность изделия – предложенным методом. Для этого образцы разработанного изделия и контрольные образцы исследуемых материалов стандартного формата А4, наиболее приближенного к размерам самоспасателя, складывали: в первом варианте – многократным поочередным складыванием его пополам в поперечном и продольном направлении до состояния невозможности дальнейшего продолжения, во втором – складыванием продольно в 3 слоя, затем скручиванием в поперечном направлении. Измеряли размеры полученных пакетов и рассчитывали занимаемый объем.

На первом этапе проведены эксперименты по оценке несминаемости швов. Угол восстановления швов рассматривается как косвенный показатель скорости восстановления формы самоспасателя при приведении его в рабочее состояние после хранения. Предварительный эксперимент показал, что при хранении самоспасателя в сложенном виде минимальный угол

сгиба составляет  $10^\circ$ . Поэтому для имитации хранения образцы со швами были закреплены под углом  $170^\circ$  (рис. 2) (в стандартной методике  $180^\circ$ ) на специальном

приспособлении в течение 30 суток (ориентировочное минимальное время от момента изготовления до приведения в рабочее состояние самоспасателя).



Рис. 2

По истечении 30 суток значения угла восстановления швов находились в интервале  $90\dots115^\circ$ , что соотносится со значе-

ниями группы малосминаемых и несминаемых тканей (рис. 3).

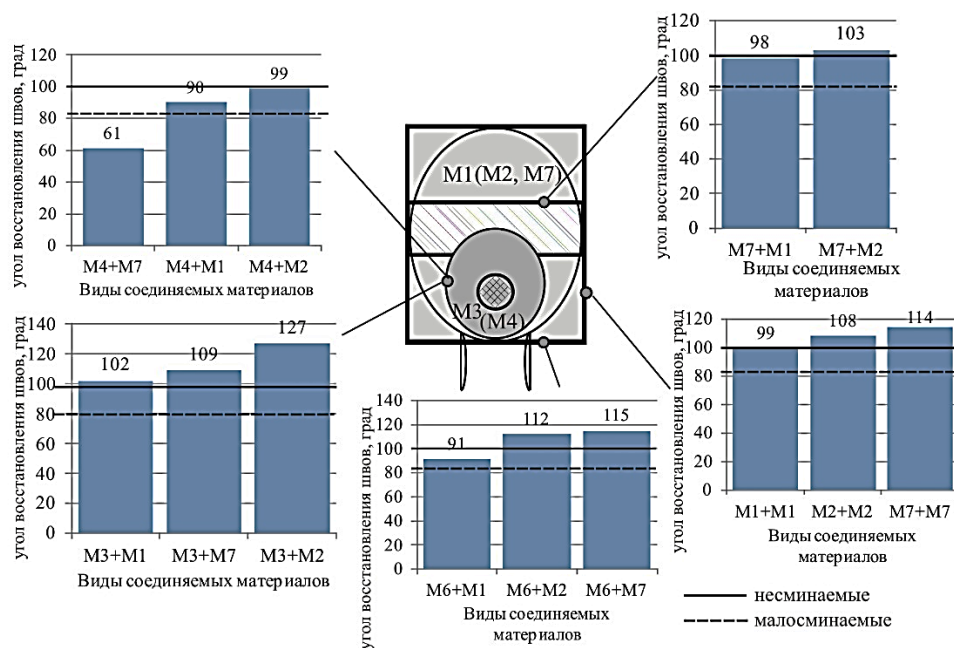


Рис. 3

Наименьший угол восстановления ( $61^\circ$ ) у шва соединения нетканого материала спандбонд М4 и полиимидной пленки М7. Наличие объемного нетканого материала М3 в фильтрующем устройстве создает предпосылки для большей упругости шва и лучшего восстановления формы после хранения ( $102\dots127^\circ$ ). Для хранения самоспасателя в сложенном виде наиболее важны углы восстановления боковых швов, швов

соединения иллюминатора с капюшоном, с обтюратором. Для этих узлов лучшие показатели для полиимидной пленки М7 и материала облегченного с пониженной горючесть М2 ( $103\dots115^\circ$  – несминаемые). Соответственно они могут быть рекомендованы к применению.

Поскольку при надевании самоспасателя испытывает растягивающие нагрузки в продольном и поперечном направлениях,

на следующем этапе выполнена оценка разрывной прочности швов. В соответствии с требованиями [7] соединение в самоспасателе между корпусом капюшона (лицевой части) и ФСЭ (фильтрующе-сорбирующим элементом) должно выдерживать осевое растягивающее усилие ( $50 \pm 5$ ) Н.

Разрывная нагрузка в продольном направлении на всех участках соединения разнородных материалов зависит от прочности материала капюшона (М1, М2, М7) (рис. 4).

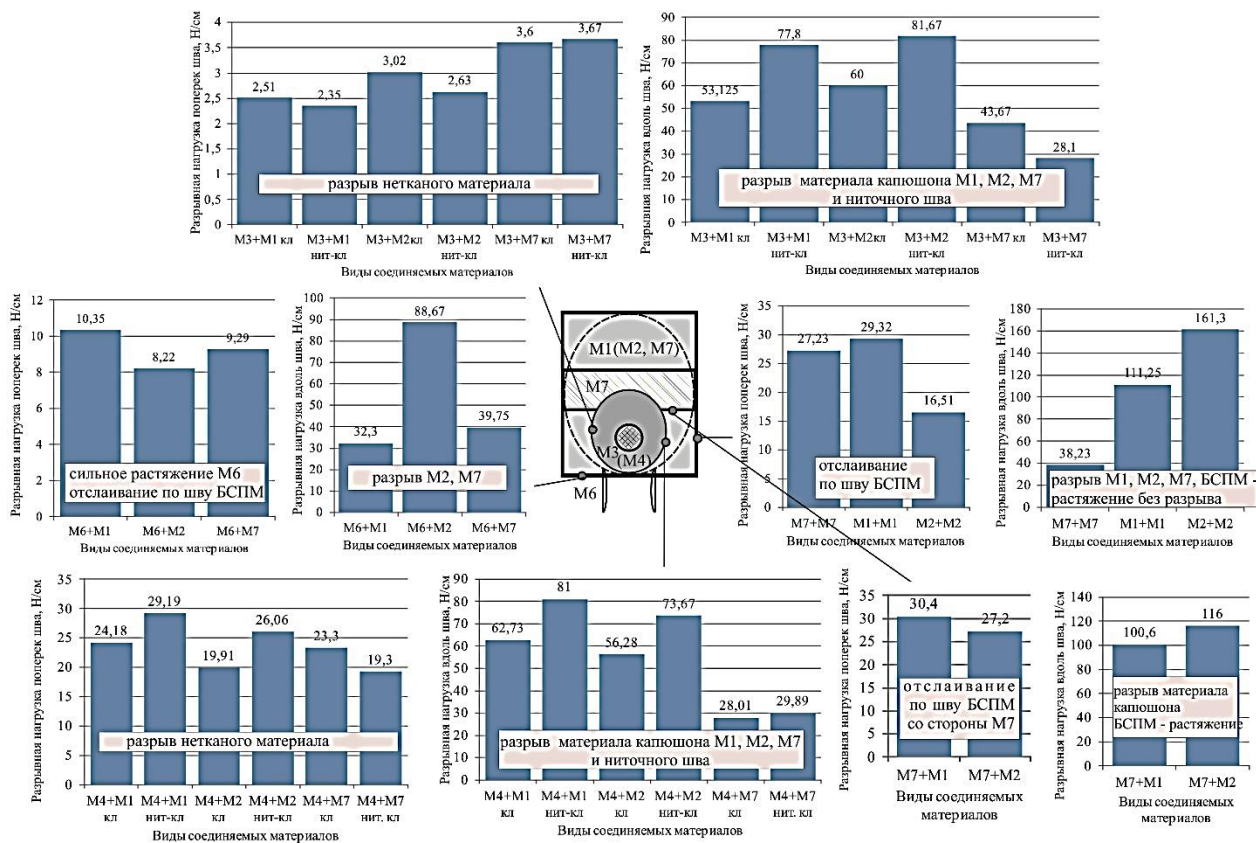


Рис. 4

Во всех случаях происходит его разрыв. Соответственно шов соединения прочнее самого материала. При этом материалы с пленочным покрытием, имеющие тканую основу, более прочные по сравнению с пленочными. Ниточно-клеевой шов для соединения фильтра с капюшоном имеет прочность несколько выше клеевого (на 23%), поэтому наличие ниточной строчки не является необходимым с точки зрения требуемой прочности. Если капюшон выполнен из полиимидной пленки, предпочтение следует отдать клеевому шву: перфорация иглой материала существенно снижает его прочность, а соответственно и прочность шва. Наименьшее значение разрывной нагрузки в продольном направлении имеет

полиимидная пленка, и оно соответствует требованиям НТД [7].

На участке соединения фильтра с капюшоном в поперечном направлении происходит разрыв материала фильтра (М3, М4). Этим обусловлены невысокие значения разрывной нагрузки (для М3 – 2,67...3,67 Н/см, М4 – 19...29,19 Н/см). И в этом случае также шов прочнее материала. Поэтому целесообразно в фильтрующем пакете снаружи и внутри располагать нетканый материал типа спандбонд с антипиреновой пропиткой (М4), который обеспечит повышение прочности этого участка изделия (см. рис. 4 – в 6,5 раз) и одновременно дополнительную фильтрацию вдыхаемого воздуха. Пакет из материалов М3 и М4 рекоменду-

ется предварительно соединить между собой ниточной строчкой, а затем с материалом капюшона при помощи БСПМ. Поскольку величина разрывной нагрузки рассчитана на 1 см, требование НТД [7] также выполнено с учетом длины этого шва (порядка 35 см).

При исследовании разрывной нагрузки в поперечном направлении на участке бокового шва происходит расслаивание и последующий разрыв шва. Наименьшее значение разрывной нагрузки в поперечном направлении имеет облегченный материал с пониженной горючестью М2. Вероятно, это обусловлено особым механизмом склеивания данного материала с БСПМ [1]. Повысить надежность соединения можно за счет использования достаточных по величине прибавок на свободное облегание к обхвату головы, а также варьированием ширины нахлеста соединяемых материалов и шириной БСПМ.

На участке соединения капюшона с обтюратором в поперечном направлении прибор фиксирует усилие, направленное на растяжение эластичного материала, но шов

(М6+М1) при этом не разрушается. За счет расшатывания структуры происходит либо отслаивание БСПМ с одной стороны и разрушение полиимидной пленки в соединении (М6+М7), либо после длительного растяжения происходит поочередное отслаивание БСПМ (М6+М2). Надежность шва можно повысить за счет варьирования ширины клеевой пленки.

Таким образом, для изготовления капюшона самоспасателя рекомендуются ткани с пленочным покрытием – прочность швов с их применением и самоспасателя в целом выше. Этот фактор может быть учтен при определении ценовой категории изделия. При использовании полиимидной пленки показатели несколько ниже, но в пределах требований нормативной документации.

На третьем этапе проведен эксперимент по определению наиболее компактного варианта при складывании самоспасателя и выбору материала, обеспечивающего минимальные размеры изделия в сложенном виде. Результаты измерения исследуемых пакетов представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Параметры объектов после складывания					
формат А4 – 29,7·42,0=1247,48 см <sup>2</sup>				размеры капюшона – 38·36=1368 см <sup>2</sup>	
условное обозначение образца материала	толщина материала, мм	объем при многократном складывании пополам, см <sup>3</sup>	объем при скручивании, см <sup>3</sup>	объем при многократном складывании пополам, см <sup>3</sup>	объем при скручивании, см <sup>3</sup>
М1	0,02	9,91	10,08	10,87	11,6
М2	0,5	25,12	24,58	27,54	26,98
М3	1,4	164,95	107,85	180,89	118,27
М4	0,45	25,74	23,58	28,23	25,86
М7 30мкм	0,03	2,89	3,19	3,17	3,5
М7 40мкм	0,04	5,13	7,41	5,63	8,12

Экспериментально установлено, что для более тонких материалов (толщиной до 0,45 мм) компактный объем может быть достигнут при первом способе складывания, для остальных – при втором. Таким образом, в зависимости от выбора материала капюшона самоспасателя рекомендуется выбирать соответствующий способ складывания.

## В Ы В О Д Ы

1. В результате оценки физико-механических свойств материалов доказано, что для выполнения деталей основы капюшона наилучшие показатели прочности имеют клеевые швы материалов с пленочным покрытием и пленочные материалы, обеспечивая соответствие нормативным требованиям к соединениям самоспасателей.



2. Установлено, что для хранения самоспасателя следует отдать предпочтение полиимидной пленке, быстро восстанавливающей форму изделия после длительного хранения, обеспечивающей ему компактные размеры в сложенном виде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сурикова М.В., Метелева О.В., Коваленко Е.И. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 101...104.

2. Метелева О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 4. С. 109...113.

3. Белова И.Ю., Веселов В.В. Разработка технологии дифференцированного по свойствам ниточного соединения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1. С. 96...100.

4. Белова И.Ю., Бабашова Е.Е., Веселов В.В. Технологические аспекты обработки изделий из композиционных материалов, содержащих специализированные нанослои металлов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 90...97.

5. ГОСТ 19204–73. Полотна текстильные. Метод определения несминаемости / Ограничение срока действия снято: протокол № 4-93 МГС от 21.10.93 (ИУС № 4-94). – М.: Изд-во стандартов, 1985.

6. ГОСТ 28073–89. Изделия швейные. Методы определения разрывной нагрузки, удлинения ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах / Дата издания 22.06.1989; Дата актуализации текста 19.03.2013.

7. ГОСТ Р 12.4.244–013. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски и четвертьмаски из изолирующих материалов. Общие технические условия / Дата введения 2014-06-01. – М.: Стандарт-

информ, 2014 / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200108354>.

#### REFERENCES

1. Surikova M.V., Meteleva O.V., Kovalenko E.I. Soedinenie zashhitnyh materialov pri ispol'zovanii samoklejushhegosja plenochnogo materiala // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 101...104.

2. Meteleva O.V. Teoreticheskoe obosnovanie jeffektivnogo primenenija himicheskikh materialov pri izgotovlenii zashhitnyh shvejnyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 4. S. 109...113.

3. Belova I.Ju., Veselov V.V. Razrabotka tehnologii differencirovannogo po svojstvam nitochnogo soedinenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 1. S. 96...100.

4. Belova I.Ju., Babashova E.E., Veselov V.V. Tehnologicheskie aspekty obrabotki izdelij iz kompozicionnyh materialov, soderzhashhih specializirovannye nanosloi metallov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 90...97.

5. ГОСТ 19204–73. Polotna tekstil'nye. Metod opredelenija nesminaemosti / Ogranichenie sroka dejstvija snjato: protokol № 4-93 MGS ot 21.10.93 (IUS № 4-94). – М.: Izd-vo standartov, 1985.

6. ГОСТ 28073–89. Izdelija shvejnye. Metody opredelenija razryvnoj nagruzki, udlinenija nitochnyh shvov, razdvigaemosti nitej tkani v shvah / Data izdanija 22.06.1989; Data aktualizacii teksta 19.03.2013.

7. ГОСТ R 12.4.244,—013. Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva individual'noj zashhity organov dyhanija. Polumaski i chetvert'maski iz izolirujushhih materialov. Obshhie tehicheskie uslovija / Data vvedenija 2014-06-01. – М.: Standartinform, 2014 / Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200108354>.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 09.07.16.

**СОЗДАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ  
ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОДЕЖДЫ  
НА БАЗЕ ТРАДИЦИОННОГО КОСТЮМА**

**CREATING A CONCEPTUAL MODEL  
OF THE DESIGN PROCESS OF MODERN CLOTHING  
BASED ON TRADITIONAL COSTUME**

*А.Ж. ТАЛГАТБЕКОВА*  
*A.ZH. TALGATBEKOVA*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University, Republic of Khazakhstan)  
E-mail: akma.@mail.ru

*В статье рассматривается концептуальная модель процесса проектирования современной одежды на базе традиционного костюма. Модель позволяет представить логику процесса проектирования современной одежды и расширить область поиска решений новых задач, в условиях ограниченного времени, и формирования достаточно полного множества новых проектных решений одежды.*

*The article discusses the conceptual model of the design process of modern clothing based on traditional costume, which allows to present the logic of modern clothing design process and to extend the search for solutions to the new challenges in a limited time and the formation of fairly complete set of new design clothes-making solutions.*

**Ключевые слова:** традиционный костюм, концептуальная модель, проектирование современной одежды, композиция, орнамент.

**Keywords:** traditional costume, conceptual model, modern clothing design, composition, ornament.

Основой творчества дизайнеров служит образно-ассоциативный метод в соединении с законами композиции. Наука о композиции изучает общие внутренние закономерности строения форм в искусстве, а также конкретные средства достижения их целостности и единства с содержанием [1, с.13].

Петушковой Г.И. [1] сформулированы законы и правила композиции по аналогии с другими объектами прикладного искусства, заключающиеся в следующем:

- все в композиции подчиняется назначению костюма и выражает его;
- все части и элементы костюма должны быть соразмерными;
- в композиции обязательно наличие композиционного центра.

Проблема творческой концепции (основана на идеях, смысловая направленность целей и задач проектирования) занимает центральное место в проблематике современного проектирования современной одежды. Концептуальность является общей творческой установкой, составляющей суть проектной культуры.

Творческая концепция определяет ценностное, смысловое содержание проекта. Содержание и характер творческой концепции связаны не только с индивидуальным мировоззрением его автора, но и основными тенденциями развития проектной культуры и общества в целом. Концепции в проектировании отражают важные проблемы, призванные ориентироваться на потребности людей



и вносить важный вклад в решение их проблем.

Процесс создания художественно-конструктивных решений современной одежды на основе выбранного аналога с использованием эвристических приемов требует разработки общей концепции (замысла, идеи, облика, образа), которая наилучшим образом реализует исходную задачу, являясь отправным пунктом всего процесса проектирования одежды. Концепция – это некоторый ведущий замысел, конструктивный принцип, обобщенное представление.

Хочется заметить, что понятие концептуального проектирования может быть применимо не только к конструктивным разработкам, которые будут являться предметом нашего исследования, но и к разработке подходов в решении задач управленческих, финансовых, информационных, социальных, политических, художественных и других видов деятельности.

Сам процесс построения концептуальной модели в процессе проектирования одежды в основном базируется на эвристических приемах и осуществляется в несколько этапов [2].

Поэтапный процесс проектирования одежды, создания современной одежды, является процессом снятия неопределенностей, позволяющим выбрать и реализовать в производстве рациональный вариант новой техники по принятым критериям предпочтения.

Первый этап – выявление контингента потребителей продукции. Необходимо учесть и заложить в соответствующие этапы проектирования все существенные требования, которые предъявляются потребителем продукции. Основными характеристиками потребителя являются признаки телосложения, пропорции фигуры, то есть антропометрическая характеристика фигур потребителей.

В настоящее время характеристика фигур потребителей нашла отражение в размерных стандартах для проектирования и производства швейных изделий, в соответствии с которыми изделия выпускаются на определенное число типовых фигур.

В соответствии с признаками фигур потребителей производится подбор объекта проектирования – традиционный костюм (ТК). Традиционный костюм подразделяется, в зависимости от пола, на М, Ж и детскую. В зависимости от назначения: на повседневную, обрядовую и праздничную.

Выбранный объект проектирования подвергается анализу композиции. Основными композиционными признаками являются: цвет, форма, орнамент (отделка) и материал. В результате анализа традиционного казахского костюма, в зависимости от половозрастного признака, выявлено, что главную роль играет цветовое решение. Цвет – как свойство костюма – явление сложное, зависит от назначения костюма. Наряду с формой костюма он несет большой объем информации и в определенном смысле играет знаковую роль [3, с.48]. Форма представляет собой внешнее описание объекта исследования, с одной стороны, и содержание – с другой стороны.

Орнаментальная композиция любой вещи в ансамбле народного быта, всегда являясь предметом рассмотрения, несет в себе идейно-эмоциональное содержание, где элементы абстрактной формы, при орнаментальной разработке композиции во взаимосвязи с конструктивно - пластическими качествами формы, приобретают подлинно эстетическую ценность, то есть способность создания художественного образа.

Орнамент выполняет две разные художественные функции – в одних случаях органически сливается с формой предметов, выявляя его архитектонику, в других – заявляет свое право на автономию и художественную самостоятельность [4], [5].

Чем активнее и декоративнее орнамент, тем большее значение имеет он в композиции костюма. Орнаментальный рисунок ткани и костюм всегда представляют собой органическое единство, они дополняют и обуславливают друг друга.

Материал является неотъемлемой частью композиции при проектировании современной одежды, так как придает костюму не только художественную выразительность, но создает фактуру изделия, де-

ляет его более воспринимаемым и осязаемым.

В основе создания современной одежды на базе ТК лежат законы создания целостного гармоничного объекта декоративно-прикладного искусства народа. Формы и конструкции элементов современной одежды на базе традиционного костюма находятся в прямой зависимости от вида материала, его пластических свойств, рисунка, фактуры, цвета. То есть элементами для преобразования с помощью эвристических приемов служат композиционное построение современной одежды, силуэт, продуманная конструкция, художественно-декоративное оформление, материал и формы одежды.

Данные виды работ (анализ цвета, формы орнамента и материала) исследуемых объектов аналога осуществляются с целью разработки конструкторских решений, создания исходных базовых конструкций одежды.

Этап исследования модели считается законченным после определения всех данных, необходимых для разработки конструкции новой модели: величина композиционных припусков по линии груди, талии, бедер, размеров, формы и положения основных конструктивных швов и других новых модных элементов конструкции.

На основе выбранных композиционных признаков формируется разработка художественно-декоративных решений современной одежды на базе ТК.

После формирования художественно-декоративных решений современной одежды осуществляется разработка проектно-конструкторской документации на модель, которая включает: разработку конструкции базовой и модельной основы, изготовление лекал.

Итогом выполненных работ служит изготовление образца модели.

Концептуальная модель процесса проектирования современной одежды на базе традиционного костюма представлена на рис. 1.

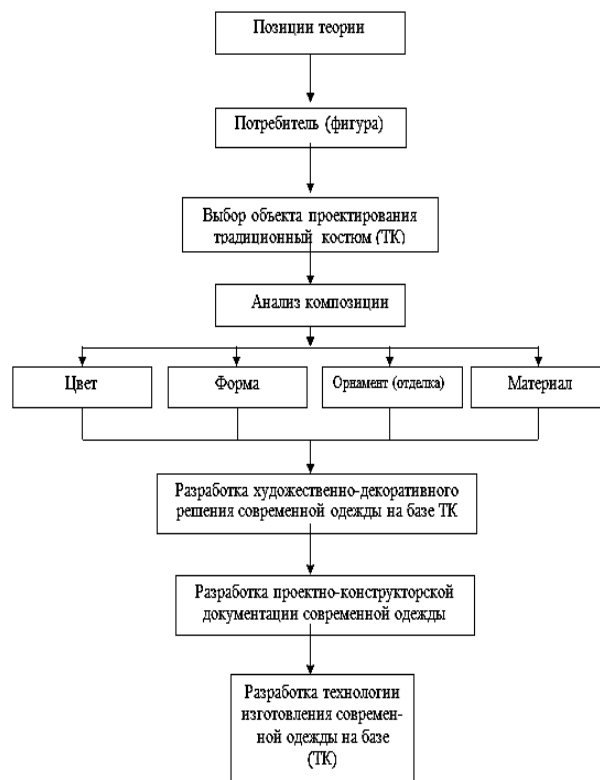


Рис. 1

## ВЫВОДЫ

Разработана концептуальная модель процесса проектирования одежды на базе традиционного костюма, которая позволяет представить логику процесса проектирования современной одежды и расширить область поиска решений новых задач в условиях ограниченного времени и формирования достаточно полного множества новых проектных решений одежды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петушкова Г.И. Проектирование костюма. – М.: Академия, 2004.
2. Чувин В.А. Создание конкурентоспособной продукции: Концептуальный аспект. – М.: Эдиториал УРСС, 2009.
3. Козлова Т.В., Рытвинская Л.Б. Моделирование и художественное оформление женской и детской одежды. – М.: Легпромздат, 1990.
4. Федюшкина И.С. Вышивка – М.: Профиздат, 2001.
5. Галимжанова А.С. и др. История искусств Казахстана. – Алматы: Издат-Маркет, 2006.

## REFERENCES

1. Petushkova G.I. Proektirovanie kostjuma. – M.: Akademija, 2004.
2. Chuvin V.A. Sozdanie konkurentosposobnoj produkcii: Konceptual'nyj aspekt. – M.: Jeditorial URSS, 2009.
3. Kozlova T.V., Rytvinskaja L.B. Modelirovanie i hudozhestvennoe oformlenie zhenskoj i detskoj odezhdy. – M.: Legpromzdat, 1990.

4. Fedjushkina I.S. Vyshivka – M.: Profizdat, 2001.
5. Galimzhanova A.S. i dr. Istorija iskusstv Kazahstana. – Almaty: Izdat-Market, 2006.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 31.08.16.

УДК 658.512.2; 669.226.9; 745/749; 745.012

## ОКСИДИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ФУРНИТУРЫ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### SURFACE OXIDATION OF ACCESSORIES CLOTHES

*С.И. ГАЛАНИН, И.С. ВИСКОВАТЫЙ*  
*S.I. GALANIN, I.S. VISKOVATYI*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: fenikus19@rambler.ru; sgalanin@mail.ru

*Показано разнообразие форм внешнего вида изделий из серебра и широкое использование декорирования их поверхности для получения различных визуальных эффектов. Проведена сравнительная характеристика методов декорирования поверхности сплава серебро–медь 925 пробы. Предложен способ электрохимического формирования конверсионных покрытий в тиосульфатном электролите с использованием импульсных токов с целью повышения декоративных и технологических параметров покрытия. Данный способ применим для декорирования широкой номенклатурной группы бижутерии, швейной и галантерейной фурнитуры, а также ювелирно-художественных изделий.*

*A variety of appearance forms of silverwares and wide use of the surface decorating to take various visual effects is shown. The comparative characteristic of decorating methods of sterling silver surface is carried out. The way of electrochemical conversion coverings formation in tiosulfate electrolyte by pulse currents for the purpose of increase of decorative and technological parameters of a covering is offered. This way is applicable to decorate of wide nomenclature group of costume jewelry, sewing and haberdashery accessories, and also jewelry.*

**Ключевые слова:** формирование конверсионных покрытий, импульсные токи, декоративная обработка серебра, швейная фурнитура.

**Keywords:** formation of conversion coverings, pulse currents, decorative processing of silver, sewing accessories.

Художественный образ в дизайне костюма непосредственно связан с вопросами синтеза отдельных составляющих – стилия и

конструкции, формы и материала, цвета и фактуры. Однако важную роль в данном об-

разе играют и различные дополнения костюма, такие как головные уборы, обувь, макияж, прическа, декоративные украшения [1]. Под декоративными украшениями понимаются фурнитура для обуви, одежды, галантереи, ювелирно-художественные изделия (ЮХИ). В последние кризисные годы постоянно возрастает популярность серебра. Это связано с относительной дешевизной металла, а также разнообразием методов обработки и декорирования его поверхности. К одной из распространенных технологий декорирования можно отнести его окрашивание (оксидирование), то есть формирование на поверхности устойчивых пленок сернистого серебра. Ювелиры на протяжении веков разрабатывали и совершенствовали технологии процесса оксидирования с целью декорирования, создания рисунков и изображений. Их основными представителями являются чернение и оксидирование.

Чернение серебра – древний, широко распространенный и почти единственный, применяемый на практике до XX века способ окрашивания поверхности металлических изделий, как правило, серебряных или посеребренных. Оксидирование – сравнительно молодой способ, позволяющий менять привычный цвет серебра на фиолетовый, синий и черный. Метод получил распространение в XX веке и популярен в настоящее время [2]. Оба процесса имеют свои особенности. Например, при чернении окрашиванию в черный цвет подвергается не вся поверхность, а только некоторые ее части в форме различных рисунков и орнаментов. Метод же оксидирования может применяться как для окрашивания всего изделия, так и для подчеркивания орнамента или фактуры поверхности, придания эффекта состаренного серебра. Более подробному описанию данных технологий посвящены работы [3...7]. В них отмечается, что технологии чернения и оксидирования в основном применяются для декорирования посудной группы, ЮХИ и бижутерии.

На сегодняшний день технология чернения по-прежнему преобладает для декорирования посудной группы, что связано с относительной традиционностью внешнего

вида, формы и технологии изготовления данных изделий. В случае с ЮХИ и бижутерией в последнее десятилетие на российских ювелирных предприятиях наметилась тенденция по облегчению данной группы изделий, что неизбежно привело к изменению их конструкции, формы и геометрии. Широко распространены сложнопрофильные, разнофактурные и тонкостенные изделия с поднутрениями и изгибами, ажурными и легкодеформируемыми элементами: например, круглые полые ажурные пуговицы, фурнитура для обуви, одежды, галантереи, легкие ажурные ЮХИ [8]. Сложнопрофильные металлические пуговицы, изготавливаемые по ювелирной технологии, традиционно присутствовали в одежде народов России [9], [10]. Такие формы и особенности поверхности осложняют или делают невозможным применение технологии создания черни, но позволяют использовать химическое и электрохимическое оксидирование. К тому же последние технологии ускоряют процесс декорирования, что выгодно экономически.

Таким образом, при постоянном высоком спросе на изделия из черного серебра оксидирование становится все более популярным среди производителей и покупателей серебряных изделий [11]. Особенности технологии оксидирования поверхности серебряных изделий и посвящена статья.

Современные ювелирные изделия отличаются огромным разнообразием форм и особенностей поверхности. Часто в одном изделии сочетаются разнофактурность, элементы разнообразных геометрических форм и т. д. Некоторые виды форм и геометрии изделий представлены в табл. 1 и 2: табл. 1 – характеристика поверхности ювелирно-художественных изделий; табл. 2 – внешний вид швейной и галантерейной фурнитуры. Как гласит "золотое правило технолога": каждая технологическая операция, каждый технологический процесс или прием обработки материалов и формообразования изделий имеет свои достоинства и недостатки и свою, определенную, наиболее технически целесообразную и экономически выгодную область применения [12].

Так и для декоративной обработки определенного типа изделий существуют свои, наиболее целесообразные, технические и экономически выгодные технологические операции: химическое и электрохимическое оксидирование.

Сущность процесса оксидирования заключается в формировании на поверхности изделия химически стойкой защитной пленки, позволяющей повысить его декоративные качества и коррозионную стойкость. Формирование конверсионных покрытий (ХФКП) осуществляется химическим (ХФКП) и электрохимическим (ЭХФКП) способами. По мнению авторов [13], различают цветное оксидирование и бесцветное – пассивирование. В процессе цветного оксидирования изделиям придается окраска с различными оттенками: синего, темного (черного), серого, светло-серого, темно-коричневого, кирпичного, желтого и т. д.

Химический метод – наиболее распространенный способ цветного оксидирования. Оксидирование ведут, помещая изделия в раствор или покрывая раствором заданные участки изделия. Характерные черты данного метода обработки:

- основной компонент всех растворов для химического оксидирования серебра, меди и их сплавов – серная печень (сера и поташ в соотношении 1:2);

- продолжительность обработки определяется необходимостью получения пленки заданного цвета;

- характеристики конечной пленки в значительной степени зависят от опыта и мастерства исполнителя [13].


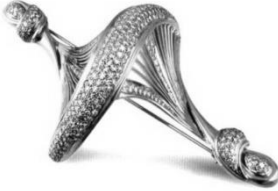
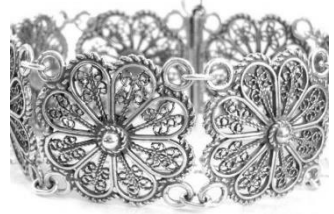

К недостаткам ХФКП можно отнести:

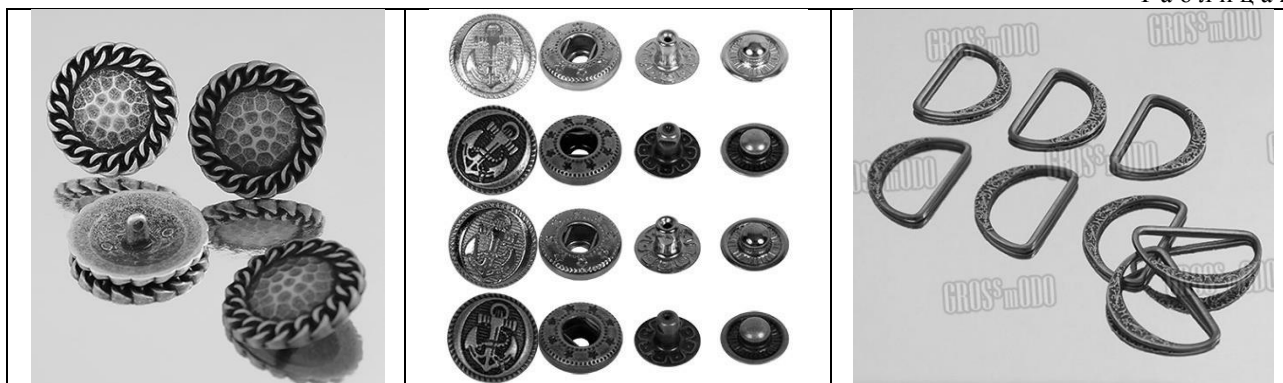
- получаемые пленки в основном имеют различные тона серого и черного цвета;

- максимальная толщина пленок не более 1...2 мкм [14];

- срок службы раствора для оксидирования не более 4...5 часов.

Т а б л и ц а 1

№	Особенности поверхности	Внешний вид
1	Сложнопрофильность	
2	Тонкие стенки	
3	Разнофактурность участков	
4	Мелкоэлементная поверхность	
5	Мелкоразмерные детали	
6	Поднутрения и изгибы	
7	Окна небольшого размера	
8	Ажурные элементы	
9	Скань, филигрань	
10	Легко деформируемые элементы	
11	Выступающие элементы	
12	Подвижные конструкции	



Электрохимический метод основан на электролизе – процессе, протекающем в электролите при прохождении через него электрического тока. В качестве электролитов применяют водные растворы солей, кислот, щелочей различной концентрации [15]. Существует несколько способов цветного оксидирования серебра [16], [17].

ЭХФКП на поверхности украшений становится все более распространенным в ювелирном производстве, так как по сравнению с ХФКП он производительнее и дешевле. К тому же позволяет формировать пленки толщиной до 6...8 мкм, что в свою очередь увеличивает срок эксплуатации покрытия. К основному недостатку ЭХФКП можно отнести необходимость подогрева рабочего раствора до высоких температур, что ухудшает условия труда рабочего персонала за счет увеличения вредных испарений компонентов раствора.

Кроме того, сформированная в процессе ЭХФКП конверсионная пленка характеризуется низкой устойчивостью к истиранию в условиях эксплуатации. Также промышленное использование ЭХФКП поверхности серебра и его сплавов сдерживается использованием опасных для здоровья и экологически вредных электролитов.

Поэтому многие отечественные и зарубежные исследователи искали возможности улучшения процесса. Одним из направлений совершенствования является использование импульсных токов, как униполярных, так и биполярных [16...22]. Также известны попытки применения безопасных электролитов, например тиосульфатного [17], аммиачно-нитратного [18]. Резуль-

таты наиболее систематических исследований процессов обработки поверхности серебра и его сплавов представлены в [11]. Оптимальным электролитом, по мнению авторов, является тиосульфатный, в котором получены наиболее воспроизводимые результаты.

В работах [12], [17], [19...21] подробно изучаются закономерности, сопровождающие прохождение одиночной и непрерывной последовательностей коротких импульсов тока через границу раздела "анод-электролит". В [22] доказаны преимущества импульсных биполярных токов прямоугольной формы регулируемых амплитудно-временных параметров (АВП) по сравнению с постоянным током.

В [23], [24] рассмотрены экспериментальные зависимости и особенности анодного электрохимического формирования декоративных пленок на поверхности сплава стерлингового серебра с использованием униполярного и биполярного импульсных токов. Под декоративными свойствами формируемой пленки понимается ее цвет, толщина и устойчивость к истиранию. Получены режимы, позволяющие формировать при униполярном токе толстые пленки толщиной до 7 мкм с гаммой от светло-серых до черных цветов. При биполярном – пленки (3...4 мкм) имеют оттенки синего, красного (фиолетового) и зеленого (в зависимости от падающего света). Теплый свет дает зеленые оттенки, холодный – синие и фиолетовые. Параллельно под пленкой формируется мелко- и среднеразмерная и полублестящая фактура.

В табл. 3 представлен спектр цветов пленок, формируемых на поверхности серебра 925 пробы, подробно режимы обработки описаны в [24]. Использование ЭХФКП позволяет декорировать изделия широкой номенклатурной группы, включая бижутерию и фурнитуру.

Представленный способ имеет определенные преимущества перед аналогичными Х и ЭХ видами обработки:

- формируются относительно широкие по цветовому диапазону конверсионные пленки;

- пленки обладают хорошей устойчивостью к истиранию при правильной эксплуатации изделия;

- параллельно формируются неоднородные декоративные фактуры под пленкой;

- пленки изменяют оттенки при изменении типа освещения: теплый свет – зеленые оттенки, холодный – синие;

- пленки обладают светопроницаемыми свойствами и в зависимости от светоотражающих свойств подложки выглядят глянцевыми или матовыми;

- возможно формирование поверхностей с различными декоративными свойствами в электролите одного состава только за счет изменения АВП импульсов [24];

- пленки формируются при обработке в безопасном тиосульфатном электролите при температурах до 35°C [7].

Т а б л и ц а 3

Режим	Цвет пленок	RGB
Импульсный униполярный ток		
1	Графитно-черный (почти черный)	45, 45, 45
2		37, 37, 37
3		29, 29, 29
4		21, 21, 21
5		18, 18, 18
Импульсный биполярный ток		
6	Темный голубовато-желтовато-зеленый	47, 49, 48
7	Темный серовато-голубой	52, 56, 57
8	Темный пурпурный	44, 39, 45
9	Графитно-серый	38, 38, 38
10	Черно-красный	38, 34, 35
11	Темный голубой	34, 34, 36
12	Темный серовато-лимонно-зеленый	48, 55, 48
13	Сигнальный черный	40, 40, 40
14	Темный желтовато-зеленый	41, 46, 42
15	Коричнево-оливковый	39, 38, 33

## В Ы В О Д Ы

1. Представлен способ декоративной обработки поверхности серебряных изделий, который позволяет формировать пленки темных оттенков со спектром цветов от зеленого до синего, включая черные. Получаемые пленки в зависимости от падающего на них света меняют оттенки от теплых до холодных.

2. Дополнительно при ЭХФКП формируются фактуры, обладающие высокой степенью выразительности, что связано с неравномерностью расположения неровностей поверхности. Подбором режимов обработки возможно формирование пленок и

фактур, обладающих высокой или низкой отражательной способностью (блестящих или матовых), что расширяет их декоративные возможности.

3. При ЭХФКП возможно формирование поверхностей с ярко выраженными декоративными свойствами в безопасном тиосульфатном электролите при температурах до 35°C только за счет изменения АВП импульсов. Данный способ обладает технологической возможностью с высокой скоростью обрабатывать поверхности тонкостенных и тонколистовых ювелирных изделий любых площадей и профиля.

Все это свидетельствует о перспективах дальнейшего развития и внедрения данной

технологии на предприятиях по выпуску различной бижутерии, швейной и галантерейной фурнитуры, а также при изготовлении ЮХИ.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Рябова О.Н., Романова К.Е. Художественный образ в дизайн-проектировании костюма // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 2. С. 110...112.

2. Ермаков М.П. Основы дизайна. Художественная обработка металла. – М.: ЛитераФорте, 2014.

3. McGrath J. The jeweler's directory of decorative finishes: from enamelling and en-graving to anodising and mokume gane. – L.: Bloomsbury Publ., 2005.

4. Niece S.La. Niello: an historical and technical survey // The Antiquaries Journal. – Vol. 63, № 2, 1983. P. 279...297.

5. Newman R., Dennis J.R., Farrell E. A technical note on niello // Journal of the American Institute for Conservation. – Vol. 21, №2, 1982. P. 80...85.

6. Галанин С.И., Иванова О.А. Электрохимическое формирование декоративных цветных пленок на поверхности сплава серебра СrМ925 при использовании импульсных токов // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома: Изд-во Костромского госуд. технолог. ун-та. – 2003. С. 203...205.

7. Галанин С.И., Висковатый И.С. Особенности процесса электрохимического декорирования поверхности серебра // Изв. Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – Томск: Изд-во Томского политехнич. ун-та, 2016. Т. 327, № 3. С. 75...86.

8. Шорохов С.А., Магзелева А.А., Галанин С.И. Декоративная электрохимическая обработка фурнитуры швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 150...154.

9. Романова К.Е. Русский свадебный костюм XVIII–XIX веков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 138...142.

10. Романова К.Е., Рябова О.Н. Традиции народного костюма в одежде архангельских поморов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 3. С. 75...79.

11. Галанин С.И. Дизайн ювелирно-художественных изделий с использованием электрохимической отделки поверхности металлов импульсными токами. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та, 2008.

12. Галанин С.И., Колупаев К.Н. Дизайн, материалы и технология изготовления современных ювелирно-художественных изделий. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та, 2014.

13. Новиков В.П., Павлов В.С. Ручное изготовление ювелирных украшений. – Л.: Политехника, 1991.

14. Березков Б.Н., Архипов А.В. Защитные, декоративные и специальные покрытия деталей РЭС. –

Самара: Изд-во Самарского гос. аэрокосмического ун-та, 2001.

15. Грилихес С.Я., Тихонов К.И. Электролитические и химические покрытия. Теория и практика. – Л.: Химия, 1990.

16. Галанин С.И., Галамий Ю.В. Исследование формирования цветных конверсионных пленок на поверхности серебра // ЭНИ Дизайн. Теория и практика. – М.: МГУПИ, 2010. Вып. 5. С. 86...99.

17. Гришина Е.П., Галанин С.И., Иванова О.А. Закономерности пленкообразования при электрохимическом полировании серебра и его сплавов с медью в тиосульфатных растворах // Журнал прикладной химии. – 2004. Т. 77, № 8. С. 1299...1302.

18. Юзикис Л.А., Янкаускас Т.Ю., Бучинская Д.А. Электрохимическое полирование серебра в аммиачно-нитратном электролите // Журнал прикладной химии. – 1979. Вып. 52, № 7. С. 1659...1661.

19. Галанин С.И. Теория и практика анодной электрохимической обработки короткими импульсами тока: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2001.

20. Балмасов А.В. Повышение качества поверхности металлов методами электрохимической и химической обработки: закономерности и технологические решения: Дис. ... докт. техн. наук. – Иваново, 2006.

21. Калинин И.В. Повышение качества поверхности сплавов золота 585 пробы электрохимическим полированием биполярными импульсами тока: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2010.

22. Galanin S.I., Kalinnikov I.V. Polarization of jewelry gold alloys by bipolar current pulses in a polishing electrolyte // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – Vol. 44, № 5, 2008. P. 359...366.

23. Галанин С.И., Висковатый И.С. Электрохимическое формирование декоративных пленок на поверхности серебра 925 пробы // Дизайн. Материалы. Технология. – СПб: СПГУТД, 2015. Т. 4, № 39. С. 56...60.

24. Галанин С.И., Висковатый И.С., Гладий Ю.П. Декоративное электрохимическое анодирование поверхности сплава серебра 925 пробы // Сб. тр. XVIII Всероссийск. научн.-практ. конф. и смотряконкурса творческих работ студентов, аспирантов и преподавателей по направлению "Технология художественной обработки материалов" 12–15 окт. 2015 г. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та. – 2016. С.56...65.

#### R E F E R E N C E S

1. Rjabova O.N., Romanova K.E. Hudozhestvennyy obraz v dizajn-proektirovanii kostjuma // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 2. S.110...112.

2. Ermakov M.P. Osnovy dizajna. Hudozhestvennaja obrabotka metalla. – M.: LiteraForte, 2014.

3. McGrath J. The jeweler's directory of decorative finishes: from enamelling and engraving to anodising and mokume gane. – L.: Bloomsbury Publ., 2005.



4. Niece S.La. Niello: an historical and technical survey // *The Antiquaries Journal*. – Vol. 63, № 2, 1983. P. 279...297.
5. Newman R., Dennis J.R., Farrell E. A technical note on niello // *Journal of the American Institute for Conservation*. – Vol. 21, №2, 1982. P. 80...85.
6. Galanin S.I., Ivanova O.A. Jelektrohimičeskoe formirovanie dekorativnyh cvetnyh plenok na poverhnosti splava serebra SrM925 pri ispol'zovanii impul'snyh tokov // *Sb. nauchn. tr. molodyh učennyh KGTU*. – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gosud. tehnolog. un-ta. – 2003. S. 203...205.
7. Galanin S.I., Viskovatyj I.S. Osobennosti processa jelektrohimičeskogo dekorirovanija poverhnosti serebra // *Izv. Tomskogo politehn. un-ta. Inzhiniring georesursov*. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnich. un-ta, 2016. T. 327, № 3. S. 75...86.
8. Shorohov S.A., Magzeleva A.A., Galanin S.I. Dekorativnaja jelektrohimičeskaja obrabotka furnitury shvejnyh izdelij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2015, № 5. S. 150...154.
9. Romanova K.E. Russkij svadebnyj kostjum XVIII–XIX vekov // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2015, № 6. S. 138...142.
10. Romanova K.E., Rjabova O.N. Tradicii narodnogo kostjuma v odezhde arhangel'skih pomorov // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2014, № 3. S. 75...79.
11. Galanin S.I. Dizajn juvelirno-hudozhestvennyh izdelij s ispol'zovaniem jelektrohimičeskoy otdelki poverhnosti metallov impul'snymi tokami. – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta, 2008.
12. Galanin S.I., Kolupaev K.N. Dizajn, materialy i tehnologija izgotovlenija sovremennyh juvelirno-hudozhestvennyh izdelij. – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta, 2014.
13. Novikov V.P., Pavlov V.S. Ruchnoe izgotovlenie juvelirnyh ukrashenij. – L.: Politehnika, 1991.
14. Berezkov B.N., Arhipov A.V. Zashhitnye, dekorativnye i special'nye pokrytija detalej RJeS. – Samara: Izd-vo Samarskogo gos. ajerokosmičeskogo un-ta, 2001.
15. Grilihes S.Ja., Tihonov K.I. Jelektrolitičeskie i himiçeskie pokrytija. Teorija i praktika. – L.: Himija, 1990.
16. Galanin S.I., Galamij Ju.V. Issledovanie formirovanija cvetnyh konversionnyh plenok na poverhnosti serebra // *JeNI Dizajn. Teorija i praktika*. – M.: MGUPI, 2010. Vyp. 5. S. 86...99.
17. Grishina E.P., Galanin S.I., Ivanova O.A. Zakonomernosti plenkoobrazovanija pri jelektrohimičeskom polirovanii serebra i ego splavov s med'ju v ti-osul'fatnyh rastvorah // *Zhurnal prikladnoj himii*. – 2004. T. 77, № 8. S. 1299...1302.
18. Juzikis L.A., Jankauskas T.Ju., Buchinskas D.A. Jelektrohimičeskoe polirovanie serebra v ammiachno-nitratnom jelektrolite // *Zhurnal prikladnoj himii*. – 1979. Vyp. 52, № 7. C. 1659...1661.
19. Galanin S.I. Teorija i praktika anodnoj jelektrohimičeskoy obrabotki korotkimi impul'sami toka: Dis...dokt. tehn. nauk. – Kostroma, 2001.
20. Balmasov A.V. Povyshenie kachestva poverhnosti metallov metodami jelektrohimičeskoy i himiçeskoy obrabotki: zakonomernosti i tehnologičeskie reshenija: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – Ivanovo, 2006.
21. Kalinnikov I.V. Povyshenie kachestva poverhnosti splavov zolota 585 proby jelektrohimičeskim polirovaniem bipoljarnymi impul'sami toka: Dis. ... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2010.
22. Galanin S.I., Kalinnikov I.V. Polarization of jewelry gold alloys by bipolar current pulses in a polishing electrolyte // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – Vol. 44, № 5, 2008. P. 359...366.
23. Galanin S.I., Viskovatyj I.S. Jelektrohimičeskoe formirovanie dekorativnyh plenok na poverhnosti serebra 925 proby // *Dizajn. Materialy. Tehnologija*. – SPb: SPGUTD, 2015. T. 4, №. 39. S. 56...60.
24. Galanin S.I., Viskovatyj I.S., Gladij Ju.P. Dekorativnoe jelektrohimičeskoe anodirovanie poverhnosti splava serebra 925 proby // *Sb. tr. XVIII Vserossijsk. nauchn.-prakt. konf. i smotra-konkursa tvorčeskih rabot studentov, aspirantov i prepodavatelej po napravleniju "Tehnologija hudozhestvennoj obrabotki materialov" 12–15 okt. 2015 g.* – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2016. S.56...65.

Рекомендована кафедрой ТХОМ, ХПИ и ТС.  
Поступила 08.06.16.

## ПОВЕРХНОСТЬ МЕХОВЫХ ПОЛОТЕН КАК ОБЪЕКТ ДИЗАЙНА

### FUR SURFACE OF LEAVES AS THE OBJECT OF DESIGN

С.П. РАССАДИНА  
S.P. RASSADINA

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: rswetp@yandex.ru

*В работе исследована возможность прогнозирования внешнего вида поверхности меховых полотен, установлена взаимосвязь эстетичности и функциональности поверхности волосяного покрова натурального меха, предложена классификация поверхностей полотен из натурального меха.*

*We have studied the possibility of predicting the appearance of the surface of the fur fabrics, set the relationship of aesthetics and functionality of the surface of the scalp of natural fur, classification of surface fabrics made of natural fur.*

**Ключевые слова:** меховые полотна, дизайн, фактура, рельеф, поверхность, устойчивость волосяного покрова, геометрическая модель.

**Keywords:** fur fabric, design, texture, terrain, surface, hair stability, geometric model.

Функциональная и эстетическая сущность поверхности волосяного покрова составляет важную концепцию в дизайне меховых изделий. Характер лицевой поверхности натурального меха связан с впечатлением от массы, пластичности, плотности, туше, складывается из "...совокупности характеристик формы, цвета, фактуры, рельефа, рисунка или текстуры..." [1].

Меховая поверхность в совокупности с геометрическими размерами шкурки и свойствами волосяного покрова образует уникальную биоструктуру, обладающую высокими эстетическими качествами. Такие свойства поверхности, как рельеф и цвет, делают мех интересным с дизайнерской точки зрения материалом, позволяющим "...формировать эстетический облик мехового изделия..." [2] и одновременно быть функциональным.

Изделие, изготовленное из натурального меха, отражает в своей форме, фактуре поверхностей, ритме структурных элементов и колористическом решении замысел дизайнера. Меховое полотно выступает как

"холст" художника, основа для творчества. Работа с такой поверхностью дает возможность создания оригинальных цветовых композиций и изменения формы и фактуры меха.

В настоящее время собран подробный справочный материал, описывающий топографию распределения геометрических, структурных и цветовых характеристик волосяного покрова различных видов натурального меха, построены трехмерные модели [3...5], описывающие рельеф поверхности волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов [6], проведены экспериментальные исследования поверхности меховой шкурки при изгибе и прогнозирование формы меховых полосок при применении расшивок [7], проанализировано влияние плотности заполнения пучка волосяного покрова на устойчивость массы волос [8].

Выявлено также, что рельеф поверхности волосяного покрова [9] напрямую связан с *пышностью* волосяного покрова, которая характеризуется толщиной слоя недеформированного волосяного покрова;

устойчивостью волосяного покрова, зависящей от коэффициента мягкости волосяного покрова и от кроющей способности мехового образца; геометрическими характеристиками шкурки (меховой полоски) и конфигурацией образца.

Если рассматривать меховую шкурку, полотно или меховую полоску как объемное тело, простирающееся преимущественно в горизонтальной плоскости, то оно ограничено снизу плоскостью, заданной геометрическими размерами и конфигурацией кожаной ткани, сверху и с боков – кончиками и верхними участками стержней остевых и пуховых волос. Причем по краям меховой шкурки или полоски волосы занимают свободное пространство и стремятся "лечь" в стороны, принять равновесное состояние, снижая тем самым пышность волосяного покрова.

На основании экспериментальных исследований топографии распределения характеристик волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов [3-12] для целых, симметричных относительно линии хребта шкурок предложено классифицировать поверхность волосяного покрова по следующим показателям.

1. Слабо волнистая устойчивая поверхность, являющаяся естественной для низковолосых видов меха (до 25 мм) (шкурки кролика, норки, горностая, шкуры морских зверей) и шкурок с низко прилегающим волосяным покровом (ондатра, выдра) (рис. 1 – геометрическая поверхность шкурки ондатры и варианты виртуальной стрижки волосяного покрова).

Для этих видов характерна небольшая разница между минимальными и максимальными значениями пышности волосяного покрова на различных топографических участках (от загривка до огузка, от линии хребта до черева) – 5...8 мм. Свойства волосяного покрова таких шкурок незначительно изменяются по топографии, волосяной покров очень устойчивый, что позволяет хорошо прогнозировать рельеф меховых полотен после поперечных и продольных расшивок и стрижки.

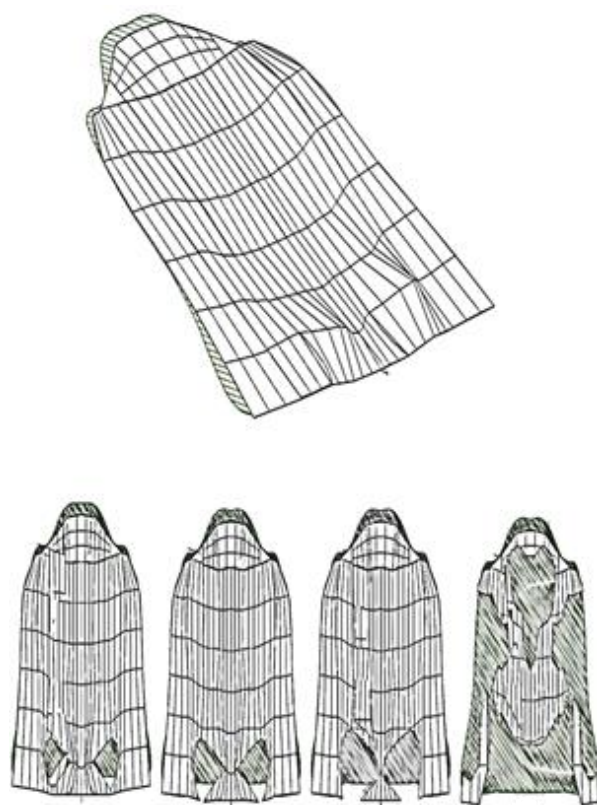


Рис. 1

2. Волнистая неустойчивая поверхность с пиком поперечной волны, в основном, вдоль боковых линий и линии черева, и минимумом – вдоль линии хребта; с пиком продольной волны – в области огузка. Этот вид поверхности характерен для средневолосых (от 25 до 50 мм) (шкурки куницы, соболя) и некоторых длинноволосых видов (выше 50 мм) (шкурки серебристо-черной лисицы, песца) (рис. 2 – геометрическая поверхность шкурки серебристо-черной лисицы и варианты виртуальной стрижки волосяного покрова; рис. 3 – кривые, характеризующие пышность волосяного покрова серебристо-черной лисицы: а) – в продольном направлении; б) – в поперечном направлении). Разница между минимальными и максимальными значениями пышности волос на различных топографических участках составляет в этом случае порядка 15...30 мм. Прогнозирование рельефа при использовании расшивок на данных видах меха возможно.

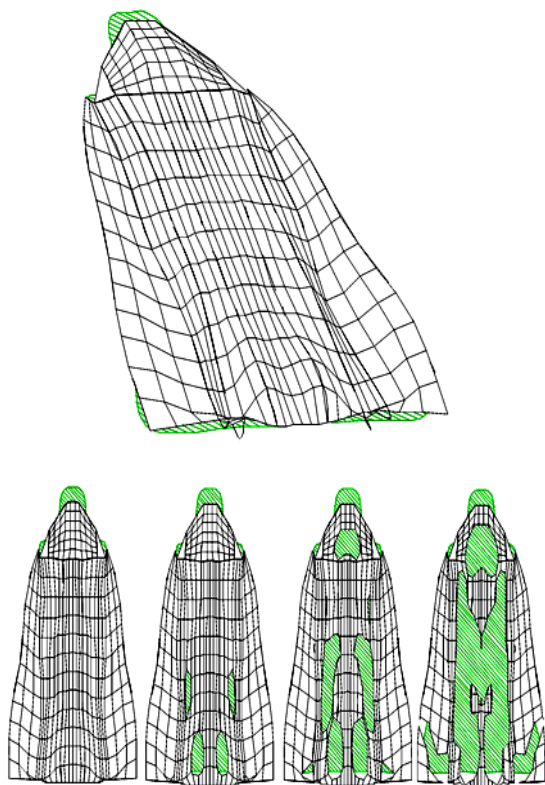
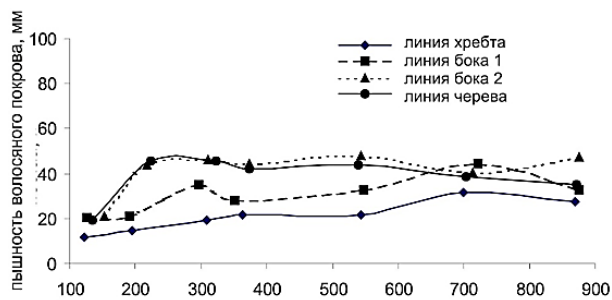


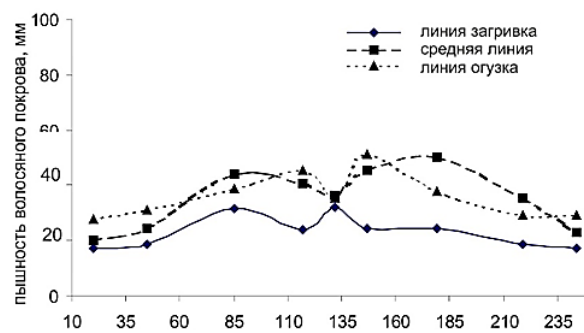
Рис. 2

3. *Сильно волнистая неустойчивая поверхность* характерна для длинноволосых видов меха со средней и низкой (на некоторых участках) густотой волосяного покрова. В эту группу можно отнести красную лисицу, росомаху. Разница между минимальными и максимальными значениями пышности волос на различных топографических участках у этих видов составляет 20...50 мм. На топографических участках с очень высоким и негустым волосяным покровом наблюдается неустойчивость массы волос, что затрудняет прогнозирование рельефа при введении расшивочных полос и на изогнутых участках изделия, но дает хорошую "кроющую способность меха" [6] и возможность использования данных шкурок в изделии с расшивками и очень тонкими (5...7 мм) меховыми полосками.

Современный рынок изделий из натурального меха характеризуется большой популярностью фактурных поверхностей меховых шкурок: это разнообразные вязаные изделия с вложением мехового лоскута [13], перфорированные, плетеные и комбинированные меховые изделия.



а)



б)

Рис. 3

Поверхности, образованные вершинами и верхними участками стержней остевых и пуховых волос таких декоративных полотен можно классифицировать также:

- по степени регулярности: регулярная / не регулярная;
- по симметричности: симметричная / не симметричная;
- по типу стрижки: с равномерной стрижкой, с фигурной стрижкой, с геометрической стрижкой;
- по форме: органическая / геометрическая;
- по характеру фактуры: гладкая, ровная, шероховатая, узорно-гладкая, узорно-рельефная;
- по масштабу узора: мелкомасштабная, среднемасштабная, крупномасштабная;
- по блеску: блестящая, матовая;
- по цвету: однотонная, с градиентными переходами, с контрастными цветовыми сочетаниями, с печатью.

Несмотря на достаточно широкое исследование характеристик строения и структуры волосяного покрова, топографии свойств пушно-меховых полуфабрикатов,

существует проблема прогнозирования внешнего вида поверхности и рельефа меховых полотен. Выделение типов поверхностей позволит обоснованно подходить к изменению параметров раскроя и стрижки пушно-мехового полуфабриката, лучше ориентироваться по возможным вариантам поведения массы волос.

В настоящее время проектная деятельность в области мехового дизайна должна быть более ориентирована на создание новых фактурных поверхностей полотен, разработку меховых полотен с заданными свойствами, в том числе с использованием разнообразных расшивок и меховых полосок, матричных элементов [14], меховых нитей, стрижки и эпиляции волосяного покрова. Возможности создания декоративных эффектов на поверхности волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов позволят значительно расширить ассортимент изделий из натурального меха и рационально использовать ценное меховое сырье.

## ВЫВОДЫ

1. Исследована возможность прогнозирования поверхности волосяного покрова меховых полотен из разных видов пушно-меховых полуфабрикатов.

2. Предложена классификация поверхностей полотен из натурального меха.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колейчук В.Ф. Художественные проблемы формообразования // Техническая эстетика. – 1989, №6. С. 5...6.

2. Морозова М.В. Развитие и становление дизайна современных меховых изделий на основе инновационных технологий // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010, №2 (13). С. 7...11.

3. Койтова Ж.Ю. Разработка новых методов оценки и исследование свойств пушно-меховых полуфабрикатов: Дис...докт. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2004.

4. Рассадина С.П. Разработка методов оценки и исследование геометрических и оптических свойств волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2002.

5. Рассадина С.П., Петрова В.А., Койтова Ж.Ю. Построение и практическое использование пространственной геометрической модели меховой

шкурки // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2011. вып.12, ч.1. С. 44...47.

6. Рассадина С.П., Койтова Ж.Ю. Оценка рельефа волосяного покрова натурального меха // Директор. – 2003, №3. С.15...17.

7. Рассадина С.П., Койтова Ж.Ю., Петрова В.А. Анализ формы и размера меховых полосок при раскрое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4С. С. 82...87.

8. Рассадина С.П., Северухина М.А. Влияние характеристик строения волосяного покрова натурального меха на его устойчивость // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, №1(28). С. 46.

9. Рассадина С.П., Койтова Ж.Ю., Борисова Е.Н. К вопросу классификации характеристик строения пушно-меховых полуфабрикатов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3С. С. 101...104.

10. Борисова Е.Н., Муравская Н.Н., Койтова Ж.Ю. Сравнительный анализ свойств материалов для верхней одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С.21...25.

11. Петрова В.А., Рассадина С.П., Ветошкина Е.А. Прогнозирование рельефа поверхности меховых скроев при использовании расшивок // Мат. 63-й Межвуз. научн.-техн. конф.: Студенты и молодые ученые КГТУ – производству. – Кострома: КГТУ, 2011. Т. 2. С.21...22.

12. Сафронова Н.В., Рассадина С.П., Кучерова И.А. Анализ конфигурации абриса изделий из натурального меха // Мат. 63-й Межвуз. научн.-техн. конф.: Студенты и молодые ученые КГТУ – производству. – Кострома: КГТУ, 2011. Т.2. С.23...24.

13. Ветошкина Е.А., Койтова Ж.Ю., Дмитриева Е.В. Оценка свойств меховых нитей для проектирования трикотажных и тканых полотен с их использованием // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С. С.16...18.

14. Андросова Г.М., Браилов И.Г., Свириденко О.В., Ерохова Я.А. Оптимизация выбора полотен из матричных элементов на ассортимент изделий из меха и кожи. – Омск: Омский государственный институт сервиса, 2011.

## REFERENCES

1. Kolejchuk V.F. Hudozhestvennyye problemy formoobrazovaniya // Tehnicheskaja jestetika. – 1989, №6. S. 5...6.

2. Morozova M.V. Razvitie i stanovlenie dizajna sovremennyh mehovyh izdelij na osnove innovacionnyh tehnologij // Dizajn. Materialy. Tehnologija. – 2010, №2 (13). S. 7...11.

3. Kojtova Zh.Ju. Razrabotka novyh metodov ocenki i issledovanie svojstv pushno-mehovyh polufab-

rikatov: Dis....dokt. tehn. nauk. – Sankt-Peterburg, 2004.

4. Rassadina S.P. Razrabotka metodov ocenki i issledovanie geometricheskikh i opticheskikh svojstv volosjanogo pokrova pushno-mehovyh polufabri-katov: Dic....kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2002.

5. Rassadina S.P., Petrova V.A., Kojtova Zh.Ju. Postroenie i prakticheskoe ispol'zovanie prostranstvennoj geometricheskoj modeli mehovoj shkurki // Sb. nauchn. tr. molodyh uchenyh KGTU. – Kostroma: KGTU, 2011. vyp.12, ch.1. S. 44...47.

6. Rassadina S.P., Kojtova Zh.Ju. Ocenka rel'efa volosjanogo pokrova natural'nogo meha // Direktor. – 2003, №3. S.15...17.

7. Rassadina S.P., Kojtova Zh.Ju., Petrova V.A. Analiz formy i razmera mehovyh polosok pri raskroe // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №4S. S. 82...87.

8. Rassadina S.P., Severuhina M.A. Vlijanie harakteristik stroenija volosjanogo pokrova natural'nogo meha na ego ustojchivost' // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012, №1(28). S.46.

9. Rassadina S.P., Kojtova Zh.Ju., Borisova E.N. K voprosu klassifikacii harakteristik stroenija pushno-mehovyh polufabrikatov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3S. S. 101...104.

10. Borisova E.N., Muravskaja N.N., Kojtova Zh.Ju. Sravnitel'nyj analiz svojstv materialov dlja verhnej odezhdy // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S.21...25.

11. Petrova V.A., Rassadina S.P., Vetoshkina E.A. Prognozirovanie rel'efa poverhnosti mehovyh skroev pri ispol'zovanii rasshivok // Mat. 63-j Mezhvuz. nauchn.-tehn. konf.: Studenty i molodye uchenye KGTU – proizvodstvu. – Kostroma: KGTU, 2011. T. 2. S.21...22.

12. Safronova N.V., Rassadina S.P., Kucherova I.A. Analiz konfiguracii abrisa izdelij iz natural'nogo meha // Mat. 63-j Mezhvuz. nauchn.-tehn. konf.: Studenty i molodye uchenye KGTU – proizvodstvu. – Kostroma: KGTU, 2011. T.2. S.23...24.

13. Vetoshkina E.A., Kojtova Zh.Ju., Dmitrieva E.V. Ocenka svojstv mehovyh nitej dlja proektirovanija trikotazhnyh i tkanyh poloten s ih ispol'zovaniem // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №6S. S.16...18.

14. Androsova G.M., Brailov I.G., Sviridenko O.V., Erohova Ja.A. Optimizacija vybora poloten iz matrichnyh jelementov na assortiment izdelij iz meha i kozhi. – Omsk: Omskij gosudarstvennyj institut servisa, 2011.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 02.06.16.

УДК 677.054.89:004.94

**ДИАГНОСТИКА БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА  
МЕТОДАМИ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
И ВЕЙВЛЕТ-РАЗЛОЖЕНИЯ УСКОРЕНИЙ**

**DIAGNOSIS OF THE LOOM'S LATHE MECHANISM  
BY THE METHOD OF HARMONIC ANALYSIS  
AND WAVELET DECOMPOSITION OF ACCELERATIONS**

*В.В. СИГАЧЕВА*  
*V.V. SIGACHEVA*

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)  
(Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design)  
E-mail: sigacheva2006@mail.ru

*Выявлена связь компонент амплитудно-частотного спектра ускорений с износом кинематических пар механизма. На основе вейвлет-анализа определены: износ кинематических пар на фазовом угле поворота главного вала и общий износ механизма по статистическим показателям детализирующих коэффициентов высокочастотных составляющих.*

*A relation of the amplitude-frequency spectrum's component to the mechanism's kinematics pairs wear. On the basis of wavelet analysis determined wear of kinematics pairs on the phase angle of rotation of the main shaft and the general deterioration of the mechanism by statistical indicators detailing coefficients of high frequency components.*

**Ключевые слова:** диагностика, ткацкий станок, батанный механизм, износ, спектр, вейвлет-анализ.

**Keywords:** diagnostics, loom, lathe mechanism, wear, spectrum, wavelet analysis.

Диагностика ткацких станков, имеющих большое количество механизмов, взаимодействующих по жесткой и точной циклограмме, является актуальной задачей, обеспечивающей надежное качество своевременного ремонта. Учитывая большие

инерционные и технологические нагрузки тканеобразующих механизмов, нелинейный характер ускорений, рационально для диагностики использовать аппаратуру, измеряющую ускорения [1].



Ускорения получены с датчиков виброускорений, которые крепились на берде над двумя приводными механизмами (ветвями) батана. Эти ускорения существенно отражают реальное техническое состояние приводных механизмов, что подтверждено многолетним опытом фабричной диагностики.

Разложение сигнала, при диагностике на элементарные гармоники, основанного на преобразовании Фурье, позволяет определить интенсивность и частоту всех составляющих сигнала [1]. Исследование сигналов проводили как в собственных программах, так и в системе MATLAB [2].

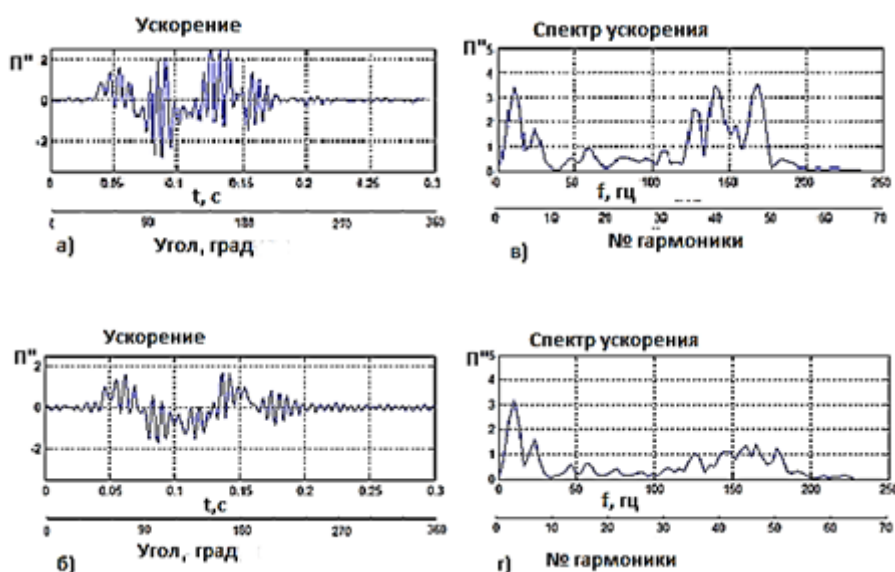


Рис. 1

По спектру сигнала, изображенного на рис. 1- в, г, видно, что наибольшую значимость имеют первые 65 гармонических составляющих. Также можно сказать, что станок № 11 имеет более гладкую спектральную характеристику, что свидетельствует о том, что он находится в более хорошем техническом состоянии. Связь гармоник спектра с износом кинематических пар механизма определена в [1], [4].

Нелинейный сложный характер перемещения батана формирует необходимость определения диагностических показателей по компонентам, состоящим из нескольких гармоник. Первые 8 гармоник спектра ха-

Исходные сигналы – ускорения, полученные при диагностировании приводных левых ветвей батана станков № 5 (рис. 1-а), и № 11 (рис. 1-б), где по оси абсцисс для сигнала приведены: текущее время оборота  $t, c$ , и угол поворота, а для соответствующих спектров сигналов (рис. 1-в, г) – частота и номер гармоники. Размерность сигнала по оси ординат соответствует второй передаточной функции (отношению углового ускорения берда к квадрату угловой скорости главного вала).

На рис. 1 представлены ускорения и амплитудно-частотные спектры приводных механизмов батана станков № 5 (а, в) и № 11 (б, г).

рактически характеризуют низкочастотную составляющую ускорения, и у механизма 11-го станка амплитуда на этом участке меньше, так как у него меньше дополнительных составляющих, вызванных повышенным износом. Сумма гармоник 9...24 отражает износ втулок подбатанного вала, судя по уровню амплитуд, он выше у 5-го станка. Повышенный износ пары кулак-ролик (гармоники 34...43), поверхности кулака (гармоники 52...60), подшипников (гармоники 44...51) также характерен для 5-го станка. Левая ветвь батана у станка №11 в удовлетворительном состоянии.



Таким образом, по гармоническим составляющим произведено сравнение двух приводных механизмов, имеющих различное техническое состояние. Однако, анализируя спектр сигнала, нельзя сказать о зависимости его амплитуд от угла поворота главного вала станка [1], [4].

Для выявления диагностических параметров в [3] использован вейвлет - анализ колебательного процесса ускорения на базе вейвлета Морле, задаваемого аналитически [2]. При этом для каждого информационного массива (механизма) приходилось подбирать свой вейвлет, а для выделения полосы частот – свой коэффициент масштабирования.

В настоящей статье приведены результаты обработки ускорений по более результативной методике. Большинство типов вейвлетов не имеют аналитического описания в виде одной формулы, а задаются итерационными выражениями, легко вычисляемыми компьютерами, например, вейвлет Добеши. Вейвлет - базисы могут быть хорошо локализованными как по частоте, так и по времени. При выделении в сигналах хорошо локализованных разномасштабных процессов можно рассматривать только те масштабные уровни разложения, которые представляют интерес.

Для обработки колебательного процесса ускорения, полученного при диагностировании механизмов ткацкого станка, использовали систему MATLAB, пакет Wavelet Toolbox. В данном приложении имеется возможность нахождения статистических характеристик для исследуемого сигнала и всех его составляющих на любом уровне разложения. Изначально данные загружаются в память программы, при помощи стандартных команд выделяется массив, описывающий сигнал. После загрузки сигнала указывается название вейвлета, в данном случае применялся вейвлет Добеши (db), его порядок 10-й и уровень разложения 4-й.

На рис. 2 (вейвлет-анализ ускорений механизма батана) представлены: график исходного сигнала ускорений для левой ветви батана 5-го станка -  $s$ , графики компонент, восстановленных чисто по аппроксимиру-

ющим коэффициентам –  $a_1, a_2, a_3, a_4$ , детализирующим коэффициентам –  $d_1, d_2, d_3, d_4$  и спектрограмма детализирующих коэффициентов  $cfs$ .

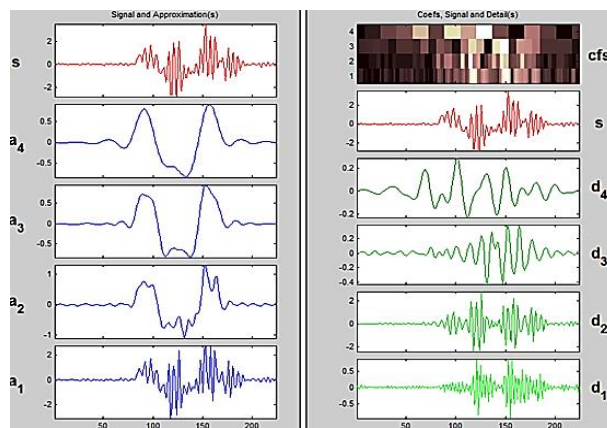


Рис. 2

Из графиков видно, что выделение низкочастотной составляющей происходит поэтапно, чем выше уровень, тем меньше высокочастотных составляющих. Компонента третьего уровня разложения по аппроксимирующим коэффициентам по форме наиболее приближена к кинематическому ускорению.

Анализ детализирующих коэффициентов показал, что наиболее информативными для диагностики являются коэффициенты второго уровня. Графики компонент, восстановленных по детализирующим коэффициентам второго уровня разложения –  $d_2$  для исследуемых батанных механизмов станков № 5 (а) и № 11 (б), приведены на рис. 3.

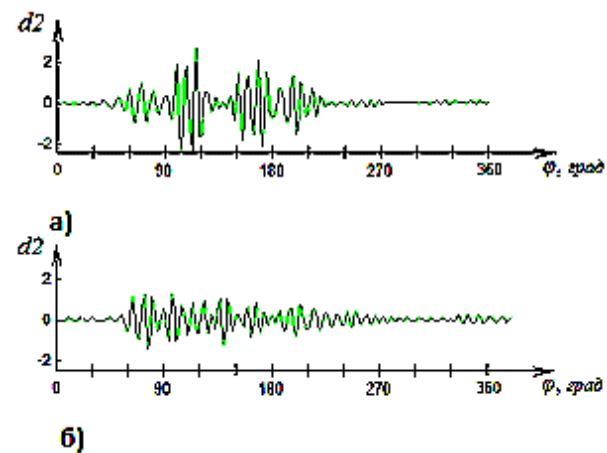


Рис. 3

Статистические характеристики детализирующих коэффициентов второго уровня разложения ускорений для исследуемых механизмов сведены в табл. 1. Из приведен-

ных результатов видно, что диапазон амплитуд и среднеквадратичное отклонение чувствительны к износу механизмов.

Т а б л и ц а 1

Номер станка, ветви левые	Среднее	Мода	Max	Min	Диапазон	Среднеквадратичное отклонение
№ 5	$1,9 \cdot 10^{-4}$	-0,062	2,71	-2,33	5,05	0,63
№ 11	$1,6 \cdot 10^{-5}$	-0,37	0,89	-1,029	1,91	0,3

Техническое состояние батанного механизма станка №11 удовлетворительное, так как статистические диагностические показатели детализирующих коэффициентов, такие как среднеквадратичное отклонение и математическое ожидание, в 2 раза ниже.

Как уже указывалось выше, при использовании вейвлет-преобразования имеется возможность сопоставить распределение показателей сигнала во времени. В данном случае речь идет об исследовании компонентных составляющих на угле поворота главного вала.

Из анализа детализирующих коэффициентов следует, что наиболее изношен механизм пятого станка, диапазон амплитуд для которого примерно равен 5, в то время как 11-й станок имеет диапазон, равный двум. Левая ветвь батана 11-го станка имеет равномерный разброс амплитуд высокочастотных составляющих ускорений на протяжении  $2^\circ$ , а у батана пятого станка наблюдаются всплески амплитуд на угле поворота  $90...120^\circ$  и  $150...180^\circ$ , что соответствует прибору нити и возврату его в исходное состояние. Кулак левой ветви батана пятого станка подлежит замене – ввиду неравномерного износа по профилю.

## ВЫВОДЫ

1. Диагностические показатели, полученные по компонентам гармонического анализа ускорения, характеризуют износ отдельных кинематических пар.

2. Вейвлет- анализ дополняет гармонический анализ статистическими оценками общего технического состояния и опреде-

лением области повышенного износа на фазовом угле поворота главного вала. По результатам анализа наиболее изношен приводной механизм батана 5-го станка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Технические средства и методы виброакустической диагностики оборудования текстильной и легкой промышленности / Сигачева В.В. и др. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
2. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК-Пресс, 2005.
3. Сигачева В.В. и др. Диагностирование дефектов кинематических пар батанного механизма ткацкого станка методом непрерывного вейвлет-преобразования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 4. С.85...88.
4. Сигачева В.В. и др. Диагностическая система оценки работоспособности ткацких станков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 2. С.93...97.

## REFERENCES

1. Tehnicheskie sredstva i metody vibroakusticheskoj diagnostiki oborudovanija tekstil'noj i legkoj promyshlennosti / Sigacheva V.V. i dr. – M.: Legprombytizdat, 1993.
2. Smolencev N.K. Osnovy teorii vejvletov. Vejvlety v MATLAB. – M.: DMK-Press, 2005.
3. Sigacheva V.V. i dr. Diagnostirovanie defektov kinematiceskikh par batannogo mehanizma tkackogo stanka metodom nepreryvnogo vejvlet-preobrazovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2008, № 4. S.85...88.
4. Sigacheva V.V. i dr. Diagnosticheskaja sistema ocenki rabotosposobnosti tkackih stankov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1999, № 2. S.93...97.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 10.10.16.

**МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКОСТНОЙ ПЛЕНКИ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВРАЩАЮЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ,  
ПОГРУЖЕННЫМ В РАСТВОР ПОЛИМЕРА  
В УСТАНОВКЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФОРМИРОВАНИЯ НАНОВОЛОКОН**

**MODEL OF TRANSPORTING FLUID FILM  
BY ROTATING CYLINDRICAL ELECTRODE  
IMMERSED IN A SOLUTION OF POLYMER IN THE ELECTROPHORESIS UNIT  
FOR THE ELECTROFORMATION OF THE NANOFIBERS**

*A.P. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.Г. ШУТОВА, М.М. СМІРНОВ, К.А. СЕМЕНОВА*  
*A.R. KORABELNIKOV, A.G. SHUTOVA, M.M. SMIRNOV, K.A. SEMENOVA*

(Костромской государственной университет,  
Военная академия радиационной, химической и биологической защиты,  
Санкт-Петербургский государственный университет)  
(Kostroma State University,  
Military Academy of Radiation, Chemical and Biological Protection,  
Saint-Petersburg State University)  
E-mail: prostokar@yandex.ru

*Предложена модель транспортирования жидкостной пленки поверхностью цилиндрического вращающегося электрода, погруженного в раствор полимера. Разработана методика определения толщины жидкостной пленки, позволяющая определить рациональные режимы работы установки для электроформирования нановолокон и ее конструктивные параметры.*

*The model of transportation of liquid film on the surface of the cylindrical rotating electrode are immersed in a polymer solution. A method for determining the liquid film thickness, allowing to define rational modes of operation of the device for electroforming, nanofibers and its parameters.*

**Ключевые слова:** электроформирование нановолокон, электроспиннинг, вращение цилиндра в жидкости.

**Keywords:** nanofibers elektroforming, electrospinning, the rotation of the cylinder in the liquid.

Одним из важных технологических параметров процесса электроформирования nano- и микроволокон [1] со свободной поверхности полупогруженного в раствор полимера питающего цилиндра [1...4] является толщина пленки раствора на поверхности цилиндра. Этот параметр определяет количество раствора, поступающего в рабочую зону, влияя на интенсивность образования очагов струйного течения раствора [5].

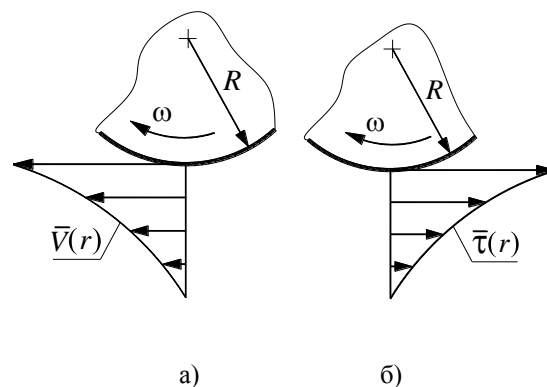


Рис. 1

Для определения толщины пленки раствора полимера на поверхности питающего цилиндра рассмотрим процесс установившегося вращения цилиндра, погруженного в резервуар, заполненный несжимаемой вязкой жидкостью (рис. 1 – распределение скоростей и напряжений в ламинарном слое у поверхности цилиндра). При этом с учетом малых окружных скоростей на поверхности цилиндра [6] для решения поставленной задачи предлагается рассмотреть частные случаи движения жидкости на поверхности цилиндра: движение нижней погруженной части, как вращение в неограниченном объеме жидкости; движение жидкости на переходном участке в зоне забора раствора из резервуара и движение пленки раствора на поверхности цилиндра в рабочей зоне электроформирования волокон.

При вращении цилиндра в вязкой несжимаемой жидкости необходимо учитывать силы сопротивления трения жидкости о поверхность цилиндра, величина которых напрямую зависит от шероховатости поверхности цилиндра. При учете этих сил частицы жидкости на поверхности цилиндра двигаются со скоростью самого цилиндра. В силу вязкости жидкости неровности на поверхности цилиндра увлекают соседние слои жидкости в направлении вращения. При этом скорость каждого последующего слоя снижается.

Рассмотрим движение погруженной части цилиндра (рис. 1), как частное решение задачи о движении несжимаемой вязкой жидкости между двумя коаксиальными, вращающимися вокруг своей оси цилиндрами при отсутствии внешнего цилиндра [8], то есть вращение цилиндра в неограниченном объеме жидкости в цилиндрических осях координат.

Распределение скоростей у поверхности цилиндра при ламинарном движении жидкости имеет вид [8]:

$$V(r) = \frac{\omega R^2}{r}, \quad (1)$$

где  $r$  – радиус пограничного слоя, который изменяется в пределах ламинарного течения раствора на поверхности цилиндра в диапазоне  $R \geq r \geq (R + \delta)$ ;  $\delta$  – толщина пограничного слоя жидкости на поверхности цилиндра;  $R$  – радиус цилиндра;  $\omega$  – угловая скорость вращения цилиндра.

При  $r = R \Rightarrow V = \omega R$  – максимальное значение скорости на поверхности вращающегося цилиндра.

При движении цилиндра в резервуаре с раствором скорость затухает до нуля при некотором значении  $\delta$ . Распределение скоростей в ламинарном слое у поверхности цилиндра показано на рис. 1-а.

Напряжение  $\tau$  между слоями жидкости при ламинарном течении у поверхности цилиндра согласно [9] определяется с помощью выражения (2) и зависит от свойств раствора, в частности от вязкого сопротивления, которое, в свою очередь, зависит от концентрации и состава раствора полимера [7]:

$$\tau = \mu \frac{dV}{dr}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость раствора полимера (определяется экспериментально), Па·с.

Подставляем зависимость (1) в (2) и получаем закон распределения касательных напряжений между слоями жидкости в ламинарном слое у поверхности вращающегося цилиндра:

$$\tau(r) = \mu \frac{dV}{dr} = -\frac{\omega R^2 \mu}{r^2}. \quad (3)$$

Знак "-" показывает, что напряжения направлены противоположно скорости вращения цилиндра, то есть оказывают вязкое сопротивление движению жидкости вместе с цилиндром.

Поле распределения напряжений показано на рис. 1-б.

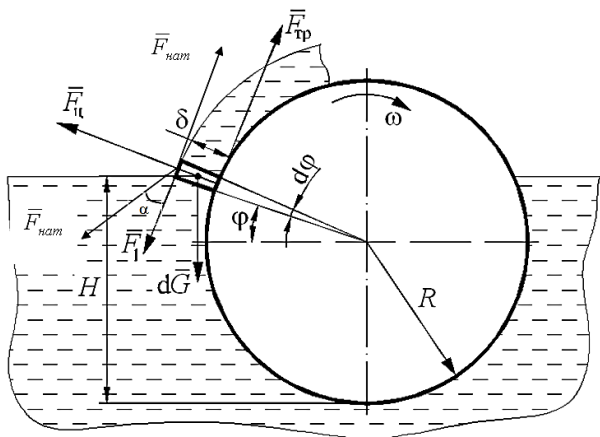


Рис. 2

Рассмотрим равновесие системы сил, действующих на элементарный объем жидкости, на поверхности цилиндра в переходной зоне забора жидкости из резервуара (рис. 2), при котором жидкость продолжает вращаться вместе с цилиндром.

На жидкость на элементарной поверхности цилиндра  $dS' = R\ell d\phi$ , где  $\ell$  – длина цилиндра, действует некоторая увлекающая сила, равная силе сопротивления трения, которая согласно [9] имеет вид:

$$F_{тр} = C_f dS \rho \frac{V^2}{2}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости (раствора полимера),  $\text{кг/м}^3$ ;  $C_f$  – гидравлический коэффициент сопротивления трения, величина которого зависит от числа Рейнольдса и шероховатости поверхности и определяется экспериментально [10].

Существует несколько методик определения гидравлического коэффициента сопротивления. Проведенные нами расчеты показали, что определение этого коэффициента по диаграмме Колбрука – Уайта с учетом эквивалентной шероховатости поверхности [11] дает заниженные результаты и не захватывает диапазон  $Re < 1000$ . При малых числах Рейнольдса  $Re < 2300$  (ламинарный режим движения жидкости) следует использовать зависимость [12]:

$$C_f = \frac{75}{Re},$$

где  $Re = \frac{V\rho\ell}{\mu} = \frac{\pi\omega R^2\rho}{\mu}$  – число Рейнольдса для вращающегося цилиндра, погруженного в жидкость.

Сила сопротивления трения создает движение слоя на поверхности цилиндра со скоростью  $V = \omega R$ . Сила вязкого сопротивления, возникающего при этом между слоями жидкости и направленная по касательной к поверхности цилиндра в сторону, противоположную вращению, может быть определена по формуле:

$$F_1 = \tau dS', \quad (5)$$

где  $dS' = r\ell d\phi$  – элементарная площадь каждого слоя жидкости в пределах  $R \geq r \geq (R + \delta)$ .

Подставляя в (5) зависимость (3), получаем:

$$F_1(r) = -\frac{\omega R^2 \mu \ell}{r} d\phi = -\frac{\omega R \mu}{r} dS. \quad (6)$$

Сила  $F_1$  направлена, как показано на рис. 2, в сторону, обратную вращению цилиндра, препятствует образованию слоя раствора на поверхности и прямо пропорциональна скорости вращения цилиндра и динамической вязкости раствора.

Кроме этого необходимо учитывать действие силы тяжести, которая влечет к стеканию раствора обратно в емкость и равна:

$$dG = \rho g \delta dS, \quad (7)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

При вращении слоя жидкости на элементарный объем массой  $dm = \rho dS \delta$  действует центробежная сила, направленная в радиальном направлении:

$$F_{ц} = \rho dS \delta \omega^2 r. \quad (8)$$

Действие этой силы влияет на отрыв жидкостной пленки от поверхности не погруженной части цилиндра при больших

скоростях вращения, что не актуально для рассматриваемого случая.

Также на образование жидкостной пленки оказывают влияние силы поверхностного натяжения  $F_{\text{нат}}$  (рис. 1), направленные по касательной к поверхности жидкости с учетом угла смачивания  $\alpha$ . Величины угла смачивания и сил поверхностного натяжения определяются экспериментально.

Составив уравнение равновесия сил в проекциях на касательную к поверхности цилиндра (9), можно определить толщину слоя раствора полимера  $\delta$ , забираемую цилиндром при вращении из емкости, и установить влияние характеристик раствора и скорости вращения цилиндра на ее величину:

$$\sum F = F_{\text{тр}} - G \cos \phi - F_1 + F_{\text{нат}}(1 - \cos \alpha) = 0. \quad (9)$$

Подставим в выражение (9) уравнения для сил (4), (6) и (7), при  $r = R + \delta$  получим:

$$\frac{C_f \rho V^2}{2} - \rho g \delta \cos \phi - \frac{\omega R \mu}{(R + \delta)} + F_{\text{нат}}(1 - \cos \alpha) = 0, \quad (10)$$

где  $\sin \phi = \frac{|H-R|}{R}$ ;  $H$  – глубина погружения цилиндра в раствор полимера (рис. 1).

Выражение (10) позволяет аналитически оценить количество раствора полимера, забираемое цилиндрическим электродом из емкости в рабочую зону, и показывает, как влияет скорость вращения и диаметр электрода, глубина его погружения и вязкость раствора на этот параметр.

## В Ы В О Д Ы

1. Разработана модель, описывающая транспортирование жидкостной пленки поверхностью цилиндрического вращающегося электрода, погруженного в емкость с раствором полимера.

2. Разработана методика определения толщины жидкостной пленки на поверхности вращающегося цилиндрического электрода.

1. *Корабельников А.Р., Шутова А.Г.* Область применения и перспективы развития нановолокнистых материалов // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 1 (32). С. 48...51.

2. *Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Потехин В.М.* Устройство для получения полимерных нано- и микроволокон и исследования его работы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 127...132.

3. *Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.* Создание лабораторного оборудования для получения новых наноструктурных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 4. С. 235...239.

4. Патент на полезную модель № 133529. Российская Федерация. Устройство для получения полимерных нано- и микроволокон /Корабельников А.Р. заявитель и патентообладатель Корабельников А.Р. (RU) № 2013116218.; заявлено 09.04.2013; решение о выдаче патента 17.05.2013.

5. *Корабельников А.Р.* Анализ этапов процесса формирования нановолокон. Этап образования очагов струйного течения раствора // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 120...124.

6. *Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Потехин В.М.* Исследования влияния формы электрода на процесс получения нановолокон в устройстве для электроформирования // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2013, № 1 (30). С. 52...54.

7. *Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.* Влияние концентрации раствора полимера на размер и морфологию волокон, получаемых методом электроформирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 109...112.

8. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. – В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. – М.: Наука, 1988.

9. *Альтиуль А.Д., Киселев П.Г.* Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). – М.: Стройиздат, 1975.

10. *Путилов К.А.* Курс физики. – Том I. Механика. Акустика. Молекулярная физика. Термодинамика. – М.: ГИ ФМЛ, 1963.

11. *Чугаев Р.Р.* Гидравлика. – Л.: Энергия, 1975.

12. *Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др.* Гидравлика, гидромашин и гидроприводы. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982.

## REFERENCES

1. Korabel'nikov A.R., Shutova A.G. Oblast' primeneniya i perspektivy razvitija nanovoloknistyh materialov // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. unta. – 2014, № 1 (32). S. 48...51.

2. Korabel'nikov A.R., Shutova A.G., Potehin V.M. Ustrojstvo dlja poluchenija polimernyh nано- i mikrovolokon i issledovaniya ego raboty // Izv. vuzov.

Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 1. С. 127...132.

3. Korabel'nikov A.R., Shutova A.G., Smirnov M.M., Semenova K.A. Sozdanie laboratornogo oborudovaniya dlja poluchenija novyh nanostrukturnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 4. S. 235...239.

4. Patent na poleznuju model' № 133529. Rossijskaja Federacija. Ustrojstvo dlja poluchenija polimernyh nano- i mikrovolokon /Korabel'nikov A.R. zajavitel' i patentoobladatel' Korabel'nikov A.R. (RU) № 2013116218.; zajavleno 09.04.2013; reshenie o vydache patenta 17.05.2013.

5. Korabel'nikov A.R. Analiz jetapov processa formirovaniya nanovolokon. Jetap obrazovaniya ocha-gov strujnogo techenija rastvora // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S.120...124.

6. Korabel'nikov A.R., Shutova A.G., Potehin V.M. Issledovaniya vlijaniya formy jelektroda na process poluchenija nanovolokon v ustrojstve dlja jelektroformirovaniya. // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2013, № 1 (30). S. 52...54.

7. Korabel'nikov A.R., Shutova A.G., Smirnov M.M., Semenova K.A. Vlijanie koncentracii rastvora polimera na razmer i morfologiju volokon, poluchaemyh metodom jelektroformirovaniya // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. С. 109...112.

8. Landau L.D., Lifshic E.M. Teoreticheskaja fizika. – V 10 t. T.VI. Gidrodinamika. – M.: Nauka, 1988.

9. Al'tshul' A.D., Kiselev P.G. Gidravlika i ajerodinamika (Osnovy mehaniki zhidkosti). – M.: Strojizdat, 1975.

10. Putilov K.A. Kurs fiziki. – Tom I. Mehanika. Akustika. Molekuljarnaja fizika. Termodinamika. – M.: GI FML, 1963.

11. Chugaev R.R. Gidravlika. – L.: Jenergija, 1975.

12. Bashta T. M., Rudnev S. S., Nekrasov B. B. i dr. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody. – 2-e izd., pererab. – M.: Mashinostroenie, 1982.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 19.05.16.

УДК 677.022; 677.024

## ВЛИЯНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СТРЕНГ В БВК НА ПРОЧНОСТЬ СК-ПРЯЖИ

### INFLUENCE OF A TRAJECTORY OF MOVEMENT OF STRANDS IN THE BLOK OF VORTEX CHAMBERS ON DURABILITY OF SELF-TWISTED YARN

*A.A. ТЕЛИЦЫН, И.А. ДЕЛЕКТОРСКАЯ, Н.А. ЕЛИСЕЕВА*  
*A.A. TELITSYN, I.A. DELEKTORSKAYA, N.A. YELISEYEVA*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail:info@kstu.edu.ru

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований, которые доказывают существенное влияние траектории движения стренг в блоке вихревых камер самокруточной прядильной машины на прочность самокрученной пряжи. Предложена конструкция, позволяющая повысить прочность пряжи при высоких скоростях процесса ее формирования.*

*The article represents the results of pilot studies which probe significant influence of a trajectory of movement of strands in the self-twisted spinning machine on durability of self-twisted yarn. The design, allowing to increase yarn durability at high speeds of process of its formation.*

**Ключевые слова:** прочность самокрученной пряжи, блок вихревых камер, прочность пряжи.

**Keywords:** strength of the self-twisted yarn, block of vortex chambers, strength of yarn.

Все серийно изготовленные прядильные самокруточные машины ПСК-225-ШГ2 оснащены блоками вихревых камер (БВК)

одного из двух типов, общий вид которых представлен на рис. 1 и 2.

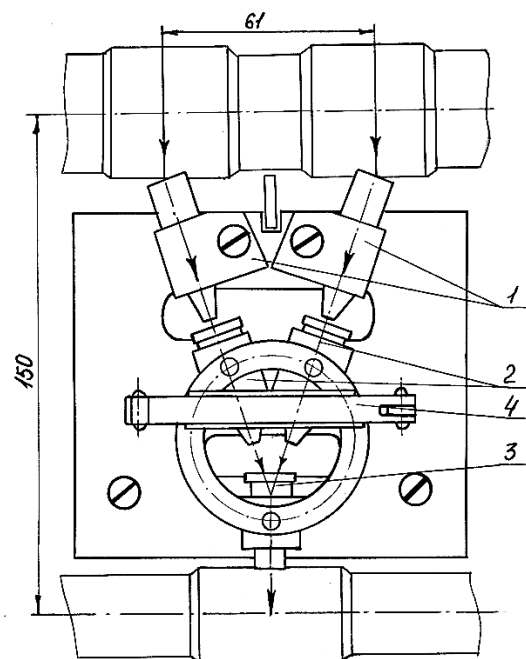


Рис. 1

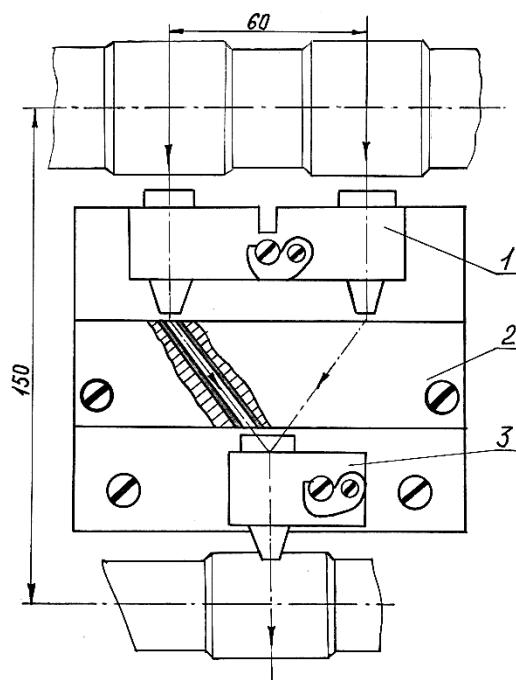


Рис. 2

БВК первого типа содержит крутильные 2 и соединительную 4 реверсивные вихревые камеры, эжекторы 1, служащие для проброса мычек при заправке, и устройство 3 для крепления камер на плите [1]. БВК второго типа содержит также крутильные 1 и соединительную 3 реверсивные вихревые камеры. Эжекторы в этой конструкции выполнены в корпусах крутильных камер. Направитель 2 служит для изменения направления движения стренг после выхода их из крутильных камер [2], [3].

В процессе промышленной эксплуатации машин ПСК-225-ШГ2 было установлено, что размещение крутильных камер непосредственно после выпускной пары вытяжного прибора (рис. 2) позволяет отказаться от дополнительного подкручивания мычек и за счет этого повысить объемность СК-пряжи. Поэтому БВК второго типа был

рекомендован в качестве устройства для формирования СК-пряжи, предназначенной для использования в трикотажном производстве. Из рис. 1 и 2 видно, что в БВК первого типа мычки, выйдя из зажима выпускной пары вытяжного прибора, сразу изменяют направление своего движения. Крутильные камеры 2 сообщают стренгам знакопеременную крутку в сечении, находящемся примерно посередине достаточно протяженного прямолинейного участка. В БВК второго типа изменение направления движения стренг происходит сразу после их выхода из крутильных камер 1, которые сообщают стренгам знакопеременную крутку на значительно более коротком прямолинейном участке. Как показано в работах [9], [13], скоростные возможности, применяемые на практике, БВК практически



исчерпаны. Вариант конструктивной модернизации, описанный в работе [14], оставляет открытым вопрос о наиболее целесообразной траектории движения стренг. Объясняется это тем, что известные из ранее опубликованных работ теоретические методы исследований [1], [3] не позволяют аналитически оценить влияние этих конструктивных особенностей на прочность СК-пряжи.

Поэтому нами был проведен эксперимент по наработке образцов СК-пряжи при различной скорости ее формирования. Образцы контрольного варианта нарабатывали с использованием БВК второго типа (рис. 2). С целью оценки влияния траектории движения стренг на прочность СК-пряжи был изготовлен опытный вариант БВК третьего типа. Для этого с БВК первого типа были демонтированы эжекторы (поз. 1 на рис. 1) и на их место установлены предварительно разделенные крутильные камеры (поз. 1 на рис. 2). Крутильные камеры (поз. 2 на рис. 1), отключенные от системы подачи сжатого воздуха, выполняют по этой схеме функцию пассивного направителя стренг. Таким образом, был получен блок вихревых камер, сочетающий преимущества БВК первого и второго типов: снижение обрывности из-за расположения крутильных камер непосредственно за выпускной парой и уменьшение длины "нулевых зон" в СК-пряже, достигающееся за счет меньшего угла между соединяемыми стренгами, что следует из ранее проведенных авторами исследований [4], [6]. В работах [7], [8] в свою очередь было показано, что прочность СК-продукта главным обра-

зом определяют потенциально разрываемые волокна, количество которых увеличивается при уменьшении длины "нулевой зоны". Влияние равномерности распределения крутки по характерным участкам пряжи, безусловно, так же влияет как на среднее значение разрывной нагрузки, так и на ее стабильность. Современные методы исследований СК-продукта [10...12] позволяют произвести квалифицированную аппаратную оценку этих параметров, что и будет сделано в дальнейшем. В данной же статье нами использовались стандартные, применяемые на практике методы.

Использование одних и тех же крутильных камер обеспечивает чистоту эксперимента, в котором на получаемый результат будет влиять только траектория движения стренг. По этой же причине наработку образцов на БВК второго и третьего типов производили при одинаковых технологических параметрах:

- тип ровницы: крученая, 100% ПАН, линейная плотность 690 текс;
- линейная плотность вырабатываемой пряжи: 29×2 текс;
- общая вытяжка: 24;
- нагон в зоне формирования пряжи: 8,21%;
- натяжение в зоне намотки: 7,1%;
- давление сжатого воздуха в магистралях камер: 0,09 МПа.

Все приведенные параметры рекомендованы к применению для БВК второго типа на ЗАО "Суворовская нить". Результаты испытаний образцов пряжи, полученных с использованием БВК второго типа (контрольный вариант), приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер варианта	Скорость выпуска пряжи, м/мин	Среднее значение абсолютной разрывной нагрузки, сН	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке $C_{vk}$ , %
1	75	760	10,90
2	100	730	11,33
3	125	700	8,13
4	150	670	12,04
5	175	650	11,65
6	200	580	10,90
7	225	540	14,19
8	250	536	15,66
9	275	510	14,09
10	300	480	29,22

Результаты испытаний образцов пряжи, полученных с использованием БВК треть-

его типа (опытный вариант), приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер варианта	Скорость выпуска пряжи, м/мин	Среднее значение абсолютной разрывной нагрузки, сН	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке $C_{vk}$ , %
1	75	714	11,45
2	100	721	18,32
3	125	712	12,04
4	150	706	12,01
5	175	683	12,86
6	200	662	13,23
7	225	677	13,66
8	250	650	12,83
9	275	638	13,34
10	300	640	13,26

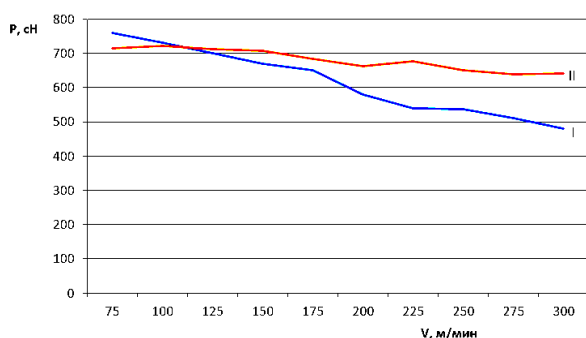


Рис. 3

Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рис. 3 (зависимость разрывной нагрузки СК-пряжи от скорости выпуска: I – контрольный вариант (БВК второго типа); II – опытный вариант (БВК третьего типа)).

## ВЫВОДЫ

1. Траектория движения стренг в блоке вихревых камер оказывает существенное влияние на прочность СК-пряжи в диапазоне скоростей выпуска от 150 до 300 м/мин, представляющем промышленный интерес.

2. Предлагаемая авторами конструкция блока вихревых камер третьего типа является "менее чувствительной" к росту скорости процесса. Она обеспечивает, по сравнению с контрольным вариантом, не только большие средние значения разрывной нагрузки (на 10% по всему объему опытов, в том числе на 20% при скоростях процесса

выше 175 м / мин), но и большую стабильность разрывной нагрузки, исходя из значений соответствующих коэффициентов вариации.

3. Целесообразно провести технологические исследования с применением БВК третьего типа с целью оптимизации заправочных параметров машины по критерию максимальной прочности для производства СК-пряжи, пригодной для переработки в ткачестве [5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мовшович П.М. Самокруточное прядение. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. Телицын А.А., Филатова Н.И., Делекторская И.А. Конструирование самокруточного оборудования второго поколения. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та, 2014.
3. Дюканова Т.И. Разработка технологии получения самокрученной пряжи способом совмещенного формирования и кручения: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 1989.
4. Telitsyn A.A., Delektorskaya I.A. Specifics of forming a self-twisted product in asymmetrical torsion device // *Fibres and Textile in Eastern Europe*. – 2014, №3.
5. Елисеева Н.А., Телицын А.А. К вопросу повышения прочности пряжи самокрученной структуры // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2011, №5.
6. Делекторская И.А., Телицын А.А. Несимметричные аэродинамические крутильные устройства // *Вестник Костромского гос. технолог. ун-та*. – 2003, №7.
7. Елисеева Н.А., Телицын А.А., Делекторская И.А. Экспериментальная проверка третьей гипотезы прочности самокрученной пряжи // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности* – 2012, № 5С.

8. *Елисеева Н.А., Телицын А.А., Делекторская И.А.* Прогнозирование прочности самокрученной пряжи с уменьшенной длиной периода крутки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, № 2.

9. *Елисеева Н.А., Телицын А.А., Делекторская И.А.* Оценка технологических возможностей крутильного устройства самокруточной прядильной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3.

10. *Королева М.Л., Смирнова Н.А., Рудовский П.Н., Мининкова И.В.* Влияние эластичных комбинированных самокруточных нитей на анизотропию усадки льносодержащих тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №1.

11. *Волгин А.Б., Рудовский П.Н.* Обработка и распознавание цифрового изображения самокрученных нитей с целью определения значения и направления крутки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, №2(29). С. 37...39.

12. *Рудовский П.Н., Волгин А.Б., Лабок Д.В.* Обоснование новых показателей для оценки скрученности самокрученной пряжи // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2013, №2. С. 48...51.

13. *Делекторская И.А., Филатова Н.И., Выхвалко В.Г., Телицын А.А.* Технологически достижимая прочность самокрученной пряжи при различной скорости ее формирования // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2016, №1(36).

14. *Елисеева Н.А., Телицын А.А., Делекторская И.А.* Техническое решение по модернизации блока вихревых камер для формирования СК-пряжи повышенной прочности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С. 181...185.

#### REFERENCES

1. *Movshovich P.M.* Samokrutochnoe prjadenie. – М.: Legprombytizdat, 1985.

2. *Telicyn A.A., Filatova N.I., Delektorskaja I.A.* Konstruivovanie samokrutochnogo oborudovaniya vtorogo pokolenija. – Kostroma: izd-vo Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta, 2014.

3. *Djukanova T.I.* Razrabotka tehnologii polucheniya samokruchenoj prjazhi sposobom sovmeshhennogo formirovaniya i krucheniya: Dis... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 1989.

4. *Telitsyn A.A., Delektorskaya I.A.* Specifics of forming a self-twisted product in asymmetrical torsion device // *Fibres and Textile in Eastern Europe.* – 2014, №3.

5. *Eliseeva N.A., Telicyn A.A.* K voprosu povysheniya prochnosti prjazhi samokruchenoj struktury // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2011, №5.

6. *Delektorskaja I.A., Telicyn A.A.* Nesimmetrichnye ajerodinamicheskie krutil'nye ustrojstva // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – 2003, №7.

7. *Eliseeva N.A., Telicyn A.A., Delektorskaja I.A.* Jeksperimental'naja proverka tret'ej gipotezy prochnosti samokruchenoj prjazhi // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* – 2012, № 5S.

8. *Eliseeva N.A., Telicyn A.A., Delektorskaja I.A.* Prognozirovanie prochnosti samokruchenoj prjazhi s umen'shennoj dlinoj perioda krutki // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – 2012, № 2.

9. *Eliseeva N.A., Telicyn A.A., Delektorskaja I.A.* Ocenka tehnologicheskikh vozmozhnostej krutil'nogo ustrojstva samokrutochnoj prjadil'noj mashiny // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2013, №3.

10. *Koroleva M.L., Smirnova N.A., Rudovskij P.N., Mininkova I.V.* Vlijanie jelastichnyh kombinirovannyh samokrutochnyh nitej na anizotropiju usadki l'nosoderzhashhih tkanej // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009, №1.

11. *Volgin A.B., Rudovskij P.N.* Obработка и распознавание цифрового изображения самокрученных нитей с цел'ю определения значения и направления крутки // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – 2012, №2(29). С. 37...39.

12. *Rudovskij P.N., Volgin A.B., Labok D.V.* Obosnovanie novyx pokazatelej dlja ocenki skruchennosti samokruchenoj prjazhi // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – 2013, №2. С.48...51.

13. *Delektorskaja I.A., Filatova N.I., Vyskvarko V.G., Telicyn A.A.* Tehnologicheski dostizhimaja prochnost' samokruchenoj prjazhi pri razlichnoj skorosti ee formirovaniya // *Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.* – 2016, №1(36).

14. *Eliseeva N.A., Telicyn A.A., Delektorskaja I.A.* Tehniceskoe reshenie po modernizacii bloka vihrevykh kamer dlja formirovaniya SK-prjazhi povyshennoj prochnosti // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2015, №5. С. 181...185.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 26.05.16.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
МЕХАНИЗМА ШИРЕНИЯ ТКАЦКОГО СТАНКА  
С УЧЕТОМ СВОЙСТВ ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ТКАНИ**

**DETERMINATION OF DESIGN DATA  
OF THE STRAIGHTENING MECHANISM OF THE WEAVING LOOM  
TAKING INTO ACCOUNT PROPERTIES OF THE PRODUCED FABRIC**

*С.В. БУКИНА*  
*S.V. BUKINA*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В работе представлена методика расчета конструктивных параметров механизма ширения ткани ткацкого станка, позволяющая определить реакции игольчатых колец с любым законом изменения их наклона.*

*In work the method of calculation of design data of the mechanism of a straightening of fabric of the weaving loom allowing to determine reactions of needle rings with any law of change of their inclination is provided.*

**Ключевые слова:** механизм ширения, игольчатые кольца, реакции игл, натяжение уточных нитей.

**Keywords:** straightening mechanism, needle rings, reactions of needles, tension of weft threads.

Разработка новейшего текстильного оборудования в современных условиях невозможна без глубокой научной проработки задач, стоящих перед конструкторами. Среди таких задач можно выделить повышение качества продукции, ее конкурентоспособности и создание новых материалов с заданными свойствами. Поэтому совершенствование оборудования должно базироваться на исследованиях работы отдельных механизмов, узлов, машин и агрегатов с целью обеспечения устойчивой работы на усиленных режимах, при высоком качестве продукции и повышении производительности труда.

Исследования, посвященные вопросам классификации и расчету кинематических параметров механизма кромкообразования, изложены в работах [1...3]. Проблемы износа рабочих поверхностей ножиц механизма кромкообразования ткацкого станка рассмотрены в работах [4], [5]. Кроме того,

выявлено [6], [7], что определение величины силы, действующей на механизм ширения со стороны ткани, имеет решающее значение для выбора его конструкции.

Таким образом, для определения рациональных конструктивных параметров и количества колец механизма ширения ткани ткацкого станка необходимо учитывать технологические условия процесса формирования ткани и ее механические характеристики. Основным показателем, влияющим на количество игольчатых колец в механизме ширения ткани, является допустимое усилие  $[\Delta P]$ , при котором игла, взаимодействуя с тканью, не оставляет следов сдвига нитей основы относительно утка:

$$[\Delta P] = \frac{[\delta]}{q}, \quad (1)$$

где  $[\delta]$  – предельно допустимое смещение нити основы относительно утка для выра-

батываемой ткани, которое исчезает после ее схода с игольчатых колец механизма ширения (брака нет);  $q$  – податливость ткани на игле кольца (параметр, определяемый экспериментально на стенде).

Расчет показал, что максимальное усилие от одной иглы, действующей на ткань в дифференциальном механизме ширения, происходит при наколе на первом кольце. (Кольца считаем от середины ткани). В механизме ширения валичного типа с параллельным расположением игольчатых колец – это верхняя игла на первом кольце. Реакция этих игл рассчитывается по методике, приведенной в работе [6], применительно к одному ряду игл вдоль валика. Предварительно находятся натяжение уточины, прибитой к опущке, и силы натяжения уточин в ткани, растягиваемой механизмом ширения. Таким образом, определяя количество игольчатых колец, необходимо руководствоваться следующим: реакция максимально действующей на ткань иглы должна быть не больше предельно допустимого усилия  $[\Delta P]$ .

Чтобы усилия на иглы колец распределялись равномерно, определяли соответствующие отдельные углы наклона колец механизма ширения.

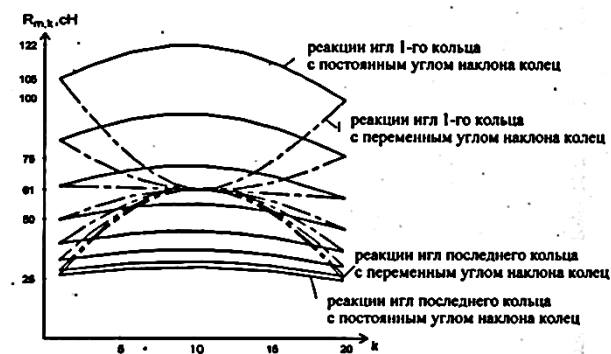


Рис. 1

При наколе и при сходе ткани с игольчатых колец ширения ткани не происходит, поэтому натяжение уточных нитей и распределение нагрузки по первому и последнему ряду игл, расположенных вдоль валика с дифференциальным и параллельным расположением колец, одинаковы (рис. 1 – зависимость реакций игл с дифференциальным и параллельным расположением

игольчатых колец от номера иглы на кольце: — — постоянный угол наклона колец; - - - - переменный угол наклона колец;  $k$  – номер иглы, взаимодействующей с тканью).

Сделаем так, чтобы реакции игл верхнего ряда были одинаковы. Тогда реакция иглы верхнего ряда:

$$\Delta P = \frac{X}{n}, \quad (2)$$

где  $X$  – сила, действующая на верхний ряд;  $n$  – количество колец.

Определим силу натяжения уточных нитей, действующих на иглы самого верхнего ряда игл на участках между кольцами, так, чтобы реакция игл этого ряда была постоянной:

$$F_m^{\text{вер}} = (n - m)\Delta P, \quad (3)$$

где  $m$  – номер участка между кольцами ( $m = 1 \dots n-1$ ).

На верхнем ряду игл с дифференциальным расположением игольчатых колец на валике механизма ширения происходит максимальная деформация ткани на участках между кольцами.

Натяжение уточных нитей на первом ряду игл  $F_m^{\text{ниж}}$  изменяется по экспоненциальному закону [7] (рис. 2 – изменение натяжения уточных нитей и реакций игл верхнего и нижнего рядов в зависимости от номера участка между кольцами).

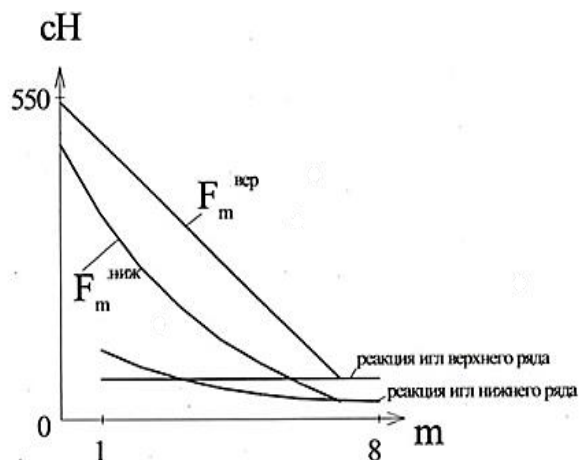


Рис. 2

Чтобы получить необходимую силу натяжения уточных нитей по верхнему ряду игл  $F_m^{вер}$ , к соответствующему натяжению уточных нитей на первом ряду при наколе  $F_m^{ниж}$  [1] необходимо добавить силу  $dF_m$ , которая возникает от дополнительной деформации уточных нитей при их движении между кольцами в зависимости от угла наклона колец. Тогда необходимая прибавка силы натяжения уточных нитей от деформации на участке  $m$ :

$$dF_m = F_m^{вер} - F_m^{ниж}, \quad (4)$$

где  $F_m^{ниж}$  – натяжение группы уточин, действующих на одну иглу при наколе ткани на игольчатое кольцо на участке между кольцами  $m$ .

Согласно закону Гука и, учитывая релаксацию натяжения в прибитой к опушке уточины, натяжение каждой уточины  $j$  между каждой парой колец составит:

$$Q_{m,j} = \left( \frac{F_m^{ниж}}{h} + \frac{c_u}{h} \varepsilon_{m,j} \right) G_{k1+j}, \quad (5)$$

где  $\frac{F_m^{ниж}}{h}$  – натяжение уточных нитей при наколе ткани на игольчатое кольцо на участке  $m$  между кольцами;  $h$  – количество уточных нитей, действующих на одну иглу;  $\frac{c_u}{h}$  – жесткость одной уточной нити на шаг колец;  $\varepsilon_{m,j}$  – деформация  $j$ -й уточной нити на участке  $m$ ;  $j$  – номер уточной нити, контактирующей с игольчатым кольцом;  $G_{k1+j}$  – функция влияния для  $j$ -й уточной нити, характеризующая реологические свойства нити [8];  $k1$  – количество уточных нитей на участке от опушки ткани до игольчатых колец механизма ширения.

Если в формуле (5) вместо  $Q_{m,j}$  подставить  $(F_m^{вер}/h)$ , то можно получить необходимую деформацию верхней уточной нити на участке  $m$ , чтобы получить силу  $F_m^{вер}$  с учетом релаксации при угле огибания  $\alpha$  тканью колец:

$$\varepsilon_{m,j_{вер}} = \left( \frac{F_m^{вер}}{G_{k1+j_{вер}} \cdot h} - \frac{F_m^{ниж}}{h} \right) \frac{h}{c_u}, \quad (6)$$

где  $j_{вер}$  – номер верхней уточной нити при угле огибания  $\alpha$ .

На основании аналитических расчетов и экспериментальных данных, полученных в лаборатории ОАО «ЦНИИМашдеталь» на ткацком станке СТБ-180, выявлено, что при угле огибания  $\alpha$  тканью игольчатых колец менее  $180^\circ$  шаг игл по верхнему ряду необходимо увеличить. Это необходимо для того, чтобы деформация уточных нитей на каждом участке оставалась без изменения, то есть релаксация уменьшится вследствие уменьшения времени нахождения уточных нитей на игольчатом валике механизма ширения.

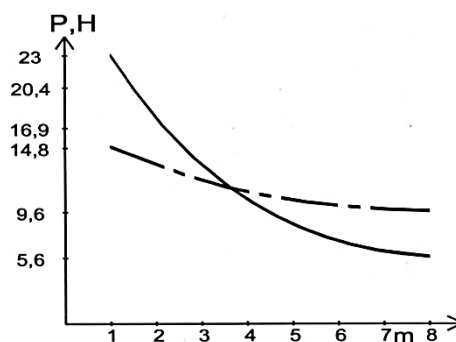


Рис. 3

Как видно из рис. 3 (реакции игольчатых колец с переменным и постоянным углом их наклона: — — — постоянный угол наклона колец; - - - - переменный угол наклона колец), распределение нагрузки со стороны ткани по игольчатым кольцам механизма ширения с переменным углом наклона колец (пунктиром) выравнивается по сравнению с нагрузкой по кольцам с постоянным углом наклона (сплошная линия).

## ВЫВОДЫ

Зная шаг игл по верхнему ряду, радиус колец, шаг колец и угол наклона первого кольца, можно рассчитать необходимые углы наклона последующих колец, что

позволит равномерно распределить нагрузку по кольцам шпартуки и тем самым улучшить качество ткани и уменьшить износ игольчатых колец. Кроме того, при дифференциальном расположении игольчатых колец механизма ширения количество колец можно уменьшить на 30% по сравнению с механизмом с параллельным расположением колец при условии сохранения максимального воздействия одной иглы на ткань.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г.К., Букина С.В., Ямщиков С.В. Назначение шпаруток и их классификация // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, №4.
2. Букина С.В. Расчет минимально необходимого усилия затяжки резьбы оси дифференциальной шпартуки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С.92...95.
3. Букина С.В., Сысоева Е.К. Оценка рационального расположения кинематических пар при проектировании механизма кромкообразования ткацкого станка фирмы Dornier // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С.109...112.
4. Гусев В.А., Букина С.В., Дубинкин К.В. К вопросу исследования износостойкости ножниц механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5.
5. Букина С.В., Сысоева Е.К. Динамическое исследование рычажного механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier для испытания режущей способности механизма // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С.159...167.
6. Проталинский С.Е., Букина С.В., Сторц Т.П., Кулемкин Ю.В. Моделирование силового воздействия ткани на шпартуку // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, №6. С.51...55.

7. Проталинский С.Е., Букина С.В., Кулемкин Ю.В. Распределение нагрузки на шпаруточные кольца // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №2. С.37...40.

8. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. – М.: Высшая школа, 1976.

#### REFERENCES

1. Kuznecov G.K., Bukina S.V., Jamshhikov S.V. Naznachenie shparutok i ih klassifikacija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1996, №4.
2. Bukina S.V. Raschet minimal'no neobhodimogo usilija zatjazhki rez'by osi differencial'noj shparutki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 5. S.92...95.
3. Bukina S.V., Sysoeva E.K. Ocenka racional'nogo raspolozhenija kinematischeskih par pri proektirovanii mehanizma kromkoobrazovanija tkackogo stanka firmy Dornier // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S.109...112.
4. Gusev V.A., Bukina S.V., Dubinkin K.V. K voprosu issledovanija iznosostojkosti nozhnic mehanizma kromkoobrazovanija tkackogo rapirnogo stanka firmy Dornier // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5.
5. Bukina S.V., Sysoeva E.K. Dinamicheskoe issledovanie rynchazhnogo mehanizma kromkoobrazovanija tkackogo rapirnogo stanka firmy Dornier dlja ispytaniya rezhushhej sposobnosti mehanizma // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5. S.159...167.
6. Protalinskij S.E., Bukina S.V., Storc T.P., Kulemkin Ju.V. Modelirovanie silovogo vozdejstvija tkani na shparutku // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1996, №6. S.51...55.
7. Protalinskij S.E., Bukina S.V., Kulemkin Ju.V. Raspredelenie nagruzki na shparutochnye kol'ca // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1998, №2. S.37...40.
8. Koltunov M.A. Polzuchest' i relaksacija. – М.: Vysshaja shkola, 1976.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 19.05.16.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ  
АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН**

**MODELING OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL  
OF THE TEXTILE MACHINS**

*В.В. РОМАНОВ, В.С. ПЕТРОВСКИЙ, П.В. СТРЮКОВ*  
*V.V. ROMANOV, V.S. PETROVSKY, P.V. STRYUKOV*

(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: wwr52@rambler.ru

*В статье приведены результаты исследования модуля ШИМ, выполненного с целью получения математических зависимостей, связывающих параметры выходных управляющих сигналов Lpt-порта с величиной задающего напряжения, подающегося на вход тиристорного преобразователя частоты. Данные зависимости необходимы для создания систем управления приводами с адаптивным управлением.*

*The article presents the results of a study module PWM made in order to obtain mathematical relationships linking the parameters of output control signals Lpt-port with the value of the driving voltage applied to the input of the thyristor frequency converter. These dependences are necessary to create a drive control systems with adaptive management.*

**Ключевые слова:** ШИМ, LPT-порт, период, скважность.

**Keywords:** PWM, LPT-port, period, duty cycle.

Регулирование частоты вращения исполнительных механизмов находит широкое применение в текстильной промышленности. Красильно-отделочное производство характеризуется необходимостью регулирования скоростей машин в широком диапазоне (1:10), их плавного пуска, быстрого торможения, наличия в машинах заправочной скорости. Еще одной проблемой является то, что при агрегировании отделочных машин требуется установка многодвигательного электропривода, чаще всего с плавным регулированием скоростей машин [1].

Для приводов машин, требующих регулирования скорости, в основном применяются двигатели постоянного тока или многоскоростные асинхронные двигатели. Находят применение двигатели переменного тока со ступенчатым изменением ча-

стоты вращения ротора путем переключения обмоток статора на различное число пар полюсов в соответствии с уравнением:

$$n = f \frac{60}{P}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота переменного тока, Гц;  $P$  – число пар полюсов.

Различают несколько видов регулирования линейной скорости движения ткани в машине: установочное регулирование в диапазоне 1:2...1:4; автоматическое регулирование, зависящее от производственных факторов, например, влажности; автоматическое подрегулирование отдельных секций агрегата в диапазоне 1:1,2, обеспечивающее регулирование натяжения ткани и учитывающее изменение ее линейных размеров из-за усадки или вытяжки; автоматическое регулирование угловых скоростей



вращения механизмов намотки при изменении диаметра намотки и сохранении скорости движения ткани. Диапазон регулирования достигает 1:4... 1:10 и выше, например, для печатных машин.

Аналогичные проблемы характерны и для ткацкого производства [2...4].

В связи с развитием полупроводниковой техники в настоящее время для регулирования и синхронизации частоты вращения двигателей успешно используются электроприводы с тиристорными преобразователями, отличающиеся высоким КПД, надежностью, долговечностью, быстрым действием и малыми габаритами (рис. 1) [5...7].

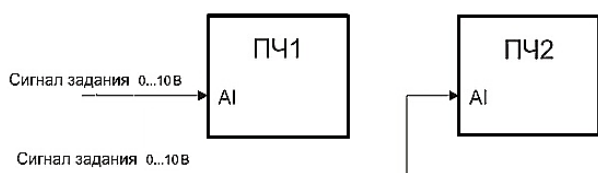


Рис. 1

Одним из распространенных приводов является тиристорный преобразователь частоты LG-iS5 для управления асинхронным двигателем мощностью до 10 кВт. Привод имеет аналоговое управление частотой вращения двигателя и релейное – направлением вращения. Для исключения из систем управления таких дорогостоящих систем, как цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), на рынке имеются модули сопряжения, например, PLC4x-2G, в состав которых входят узлы управления приводом посредством ШИМ – широтно-импульсной модуляции [8], [9]. Управление выходным (управляющим для привода) напряжением происходит путем изменения ширины импульсов при неизменной их величине. Графическое представление ШИМ сигнала показано на рис. 3. Основные параметры ШИМ (англ. PWM):  $T$  – период ШИМ – время между фронтами (или спадами) соседних импульсов;  $T/t$  – скважность ШИМ;  $t/T$  – величина ШИМ – коэффициент заполнения.

На рис. 2 представлены типичные графики ШИМ-сигнала. Так как при ШИМ частота импульсов, а значит и период  $T$  остаются неизменными, то при уменьшении

ширины импульса  $t$  увеличивается пауза между импульсами (рис. 1-б) и наоборот: при расширении импульса пауза сужается (эпюра "В" на рис. 1-в).

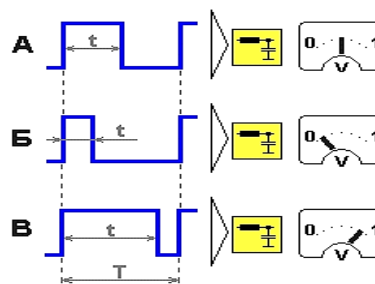


Рис. 2

Очень гибкие возможности конфигурации ШИМ-формирователя микроконтроллера позволяют использовать их в различных схемах электронного управления и автоматики.

В документации на устройство PLC4x-2G отсутствуют тарифовочные характеристики. Поэтому вопрос о программировании частоты вращения двигателя нуждается в конкретизации. На кафедре технологии машиностроения КГУ собран стенд, позволяющий оттарировать данную мехатронную систему. Программное обеспечение по заданному алгоритму изменяет коэффициент заполнения; изменяющееся при этом выходное напряжение ШИМ фиксируется вольтметром. Схема стенда показана на рис. 3. Тестовая программа реализована на алгоритмическом языке Турбо Паскаль 7.0 и основана на следующих основных положениях:

- управляющий сигнал ШИМ (PWM) – AutoFeed (14 пин Lpt- порта);
- логическая «1» формируется оператором `Port[$37A]:=0;`
- логический «0» формируется оператором `Port[$37A]:=2;`
- минимальная дискрета задержки (1 мс) формируется сигналом `delay(1);`
- переменные дискреты задержки формируются операторами `delay(t)` и `delay(T-t);`
- средняя точка графика ( $t/T=0,5$ ) соответствует продолжительности «1» и «0», равным `delay(T/2)`.

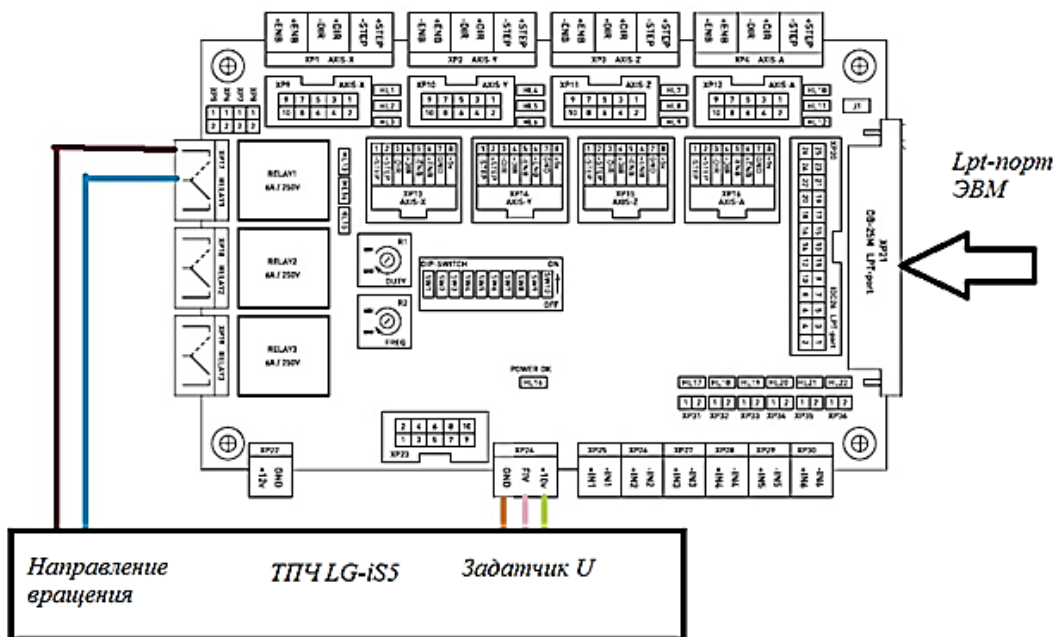


Рис. 3

Для математической обработки результатов эксперимента была выбрана линейная модель метода наименьших квадратов (МНК):

$$P_1(x) = a_0 + a_1x, \quad (2)$$

где  $a_0$  и  $a_1$  – коэффициенты.

Экспериментальные данные по исследованию ШИМ приведены на рис.4 для различной длительности периода  $T=10...20$  мс. Во всех экспериментах  $U_{пит} = 10$  В. Поиск коэффициентов регрессии проводили с использованием пакета MatCAD.

Итоговое уравнение регрессии (при  $T=10$ ) примет вид:

$$U_{вых} = -0,5 + t_1. \quad (3)$$

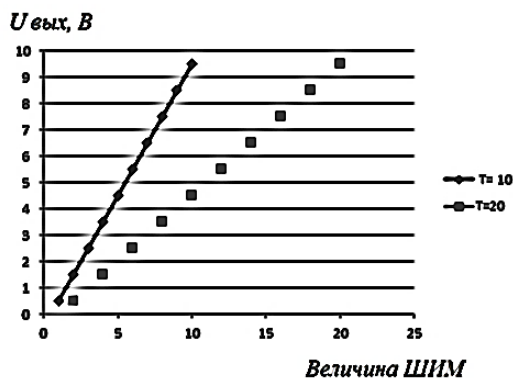


Рис. 4

Анализ экспериментальных данных показал, что с увеличением периода импульсов  $T$  точность регулирования частоты  $\frac{dU}{dt_1}$  повышается. При этом частота управляющих импульсов падает, что снижает быстродействие системы. Сравнение расчетных значений с экспериментальными данными показало, что с вероятностью 95% зависимость (3) является адекватной.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена программная реализация управления приводом на основе ШИМ.
2. Математическая обработка и проверка данных показали, что для управления приводом требованиям точности удовлетворяет линейная модель.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бельцов В.М. Оборудование текстильных отделочных предприятий. – СПб.: СПГУТД, 2000.
2. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю. Исследование влияния параметров наладки станка СТБ с модернизированным товарным регулятором на натяжение нитей основы // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №1. С.39...41.
3. Романов В.В., Титов С.Н., Никифоров И.С. Регулирование натяжения нитей основы на ткацких станках // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4С. С.74...76.

4. Романов В.В., Никифоров И.С. Прототип микропроцессорной системы управления отпуском основы и отвода ткани // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №1. С.84...87.

5. Гречухин А.П. Новый способ исследования натяжения ткани в зоне вальян-грудница с использованием сервопривода // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 74...77.

6. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Математическое моделирование системы управления намоткой ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С.105...109.

7. Тихонов А.И., Булатов Л.Н., Глазунов В.Ф. Математическая модель асинхронного двигателя в системе электропривода сновальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С.117...120.

8. Романов В.В., Титов С.Н., Померанцев М.А. Совершенствование методов контроля неравномерности угловой скорости главного вала ткацкого станка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С. 80...83.

9. Романов В.В., Полозов О.С. Проблемы модернизации устройств ЧПУ промышленных роботов // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, №1. С.71...74.

#### REFERENCES

1. Bel'cov V.M. Oborudovanie tekstil'nyh otdelochnykh predpriyatij. – SPb.: SPGUTD, 2000.

2. Grechuhin A.P., Seliverstov V.Ju. Issledovanie vlijaniya parametrov naladki stanka STB s modernizirovannym tovarnym reguljatorom na

natjazhenie nitej osnovy // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №1. S.39...41.

3. Romanov V.V., Titov S.N., Nikiforov I.S. Regulirovanie natjazhenija nitej osnovy na tkackih stankah // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2008, №4S. S.74...76.

4. Romanov V.V., Nikiforov I.S. Prototip mikroprocessornoj sistemy upravlenija otpuskom osnovy i otvoda tkani // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №1. S.84...87.

5. Grechuhin A.P. Novyj sposob issledovanija natjazhenija tkani v zone val'jan-grudnica s ispol'zovaniem servoprivoda // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 74...77.

6. Glazunov V.F., Solomanichev M.A. Matematicheskoe modelirovanie sistemy upravlenija namotkoj tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2004, №6. S.105...109.

7. Tihonov A.I., Bulatov L.N., Glazunov V.F. Matematicheskaja model' asinhronnogo dvigatelja v sisteme jelektroprivoda snoval'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S.117...120.

8. Romanov V.V., Titov S.N., Pomerancev M.A. Sovershenstvovanie metodov kontrolja neravnomernosti uglovoj skorosti glavnogo vala tkackogo stanka // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №2. S. 80...83.

9. Romanov V.V., Polozov O.S. Problemy modernizacii ustrojstv ChPU promyshlennyh robotov // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, №1. S.71...74.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 01.06.16.

УДК 677.023:62-83

**АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
МЕХАНИЗМА НАМОТКИ СНОВАЛЬНОГО ВАЛА\***

**THE WARPING BEAM'S  
WINDING MECHANISM ELECTRIC DRIVE ANALYSIS**

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, А.А. РЕПИН*  
*V.F. GLAZUNOV, A.A. REPIN*

(Ивановский государственный энергетический университет)  
(Ivanovo State Power University)  
E-mail: office@ispu.ru

*Приведены функциональная схема и направленный граф системы электропривода механизма сновального вала с учетом зоны деформации основы. Выполнен анализ чувствительности системы к вариациям ее параметров.*

*A block diagram and a directed graph of the warping beam's electric drive system including basis deformation zone are given. System's sensitivity analysis to parameters variation is provided.*

**Ключевые слова:** электропривод, деформация, сновальный вал, чувствительность.

**Keywords:** electric drive, deformation, warping beam, sensitivity.

Использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода [1], [2] для механизма намотки сновальных валов обуславливает необходимость анализа ее с учетом технологических параметров зоны деформации основы в переходных процессах, существенно влияющих на обрывность нитей.

В [3] показано взаимное влияние деформаций основы и нити в процессе намотки сновального вала. Здесь рассмотрим динамику его системы электропривода с учетом процесса деформации основы.

В процессе снования перематываемые с бобин шпулярника на сновальный вал нити проходят через зону деформации, в которой на них действуют силы распределенного (трение о воздух) и сосредоточенного (трение о направляющие элементы в нитенатяжных приборах) трения. При этом натяжение основы складывается из натяжений отдельных нитей, имеющих разную длину и в общем случае разное натяжение, отклонение которого определяется случайными факторами [4], [5].

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-19-00972).

Совокупное действие сил трения существенно осложняет решение задачи анализа процессов деформации основы в системе электропривода сновального вала, что вызывает необходимость принимать следующие допущения:

- силы трения приводятся к одному узлу трения, расположенному на некотором расстоянии от мерильного вала, а натяжение основы линейно зависит от ее скорости движения;
- основа представляется упругим материалом, подчиняющимся закону Гука, и процесс деформации рассматривается в области положительных натяжений;
- давление укатывающего вала учитывается в статическом моменте двигателя.

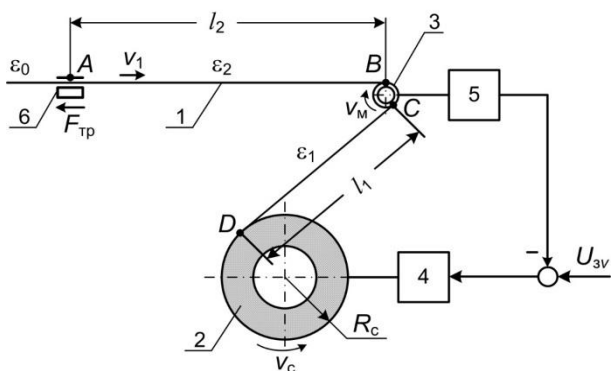


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема зоны деформации основы, где относительное удлинение  $\varepsilon_1$  основы 1 создается за счет разностей ее скоростей  $\Delta v_1 = v_c - v_m$  на поверхностях сновального 2 и мерильного 3 валов.

Относительное удлинение основы  $\varepsilon_2$  является результатом действия разности скоростей  $\Delta v_2 = v_m - v_1$ , где  $v_1$  – скорость движения основы на выходе узла трения 6.

Сновальный вал 2 приводится во вращение от электродвигателя 4. Система электропривода замкнута обратной связью по скорости  $v_m$  мерильного вала с помощью датчика скорости 5. Совокупность действия всех сил трения учитывается узлом трения 6, расположенном на некотором расстоянии  $l_2$  от мерильного вала. Величина указанного расстояния определяется как среднее от суммы длин всех нитей основы до

бобин шпулярика, сумма натяжений которых составляет полное натяжение основы.

Относительное удлинение  $\varepsilon_0$  на входе узла трения 6 примем равным его среднему значению в вершинах баллонов бобин шпулярика [6].

Зависимость натяжения каждой нити основы от скорости в общем случае может быть представлена степенной функцией с коэффициентами, определяемыми экспериментально [7]. Для упрощения решения примем линейную зависимость скорости  $v_1$  на выходе узла трения от относительного удлинения  $\varepsilon_2$  в виде  $v_1 = K\varepsilon_2$ , и запишем уравнение деформации основы на участке АВ (рис. 1) [5]:

$$l_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} = -(K - v_m)\varepsilon_2 + v_m(1 + \varepsilon_0). \quad (1)$$

Тогда соответствующая (1) передаточная функция имеет вид:

$$H_1(s) = \frac{\varepsilon_2(s)}{v_m(s)} = \frac{1 + \varepsilon_0}{K - v_m} \frac{1}{T_2 s + 1}, \quad (2)$$

где  $T_2 = \frac{l_2}{K - v_m}$  – постоянная времени деформации основы на участке АВ, с.

Учитывая, что  $K \gg v_m$ , передаточную функцию (2) приведем к виду:

$$H_1(s) = \frac{\varepsilon_2(s)}{v_m(s)} = \frac{1 + \varepsilon_0}{K} \frac{1}{\frac{l_2}{K} s + 1}. \quad (3)$$

Анализ (2) показывает зависимость коэффициента усиления передаточной функции от относительного удлинения  $\varepsilon_0$  основы на входе узла трения, а также скорости  $v_m$  основы на поверхности мерильного вала.

Уравнение в операторной форме без учета нулевых начальных условий для процесса деформации основы на участке CD (рис. 1) имеет вид [9]:

$$l_1 S \varepsilon_1(s) = v_c(s) - v_m(s) + v_c(s) \varepsilon_1(s). \quad (4)$$

Уравнение движения мерильного вала:

$$\frac{J_M}{ER_M^2} s v_M(s) = \varepsilon_1(s) - \varepsilon_2(s), \quad (5)$$

где  $J_M$ ,  $R_M$  – соответственно момент инерции мерильного вала, кг·м<sup>2</sup> и его радиус, м;  $E$  – модуль упругости основы, приведенный к ее ширине.

Соответствующие (4) и (5) передаточные функции имеют вид:

$$H_2(s) = \frac{\varepsilon_1(s)}{(v_c - v_M + \varepsilon_1 K_v^{-1})(s)} = \frac{K_v}{T_1 s + 1}, \quad (6)$$

$$H_3(s) = \frac{v_M(s)}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)(s)} = \frac{K_M}{s}, \quad (7)$$

где  $K_v = \frac{1}{v_c}$ ,  $T_1 = \frac{\ell_1}{v_c}$ ,  $K_M = \frac{R_M^2 E}{J_M}$ .

На рис. 2 представлен направленный граф деформации основы, построенный в соответствии с передаточными функциями (3), (6) и (7).

Учитывая широкую полосу пропускания частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторной системой

$$H_3(s) = \frac{\varepsilon_2(s)}{U_{zv}(s)} = \frac{H_1(s)H_2(s)H_3(s)H_n(s)}{1 + H_1(s)H_3(s) + H_2(s)H_3(s)(H_1(s)K_v^{-1} + K_{dv}H_n(s))}. \quad (9)$$

Так как  $(T_1 + T_2) \gg T_{эп}$ , то после подстановки в (9) выражений для передаточных

$$H_3(s) = \frac{K_{эп} K_v K_M K_3}{\left[ T_1 T_2 s^3 + (T_1 + T_2) s^2 + (1 + K_M K_3 T_1 + K_M K_v T_2 + K_M K_{dv} K_{эп} K_v T_2) s + 2K_M K_3 + K_M K_v + K_{dv} K_{эп} K_M K_v \right]}. \quad (10)$$

После введения обозначений

$$\begin{aligned} a_0 &= T_1 T_2, \\ a_1 &= T_1 + T_2, \\ a_2 &= 1 + K_M K_3 T_1 + K_M K_v (1 + K_{dv} K_{эп}) T_2, \\ a_3 &= 2K_M K_3 + K_M K_v (1 + K_{dv} K_{эп}) \end{aligned}$$

передаточная функция (10) будет иметь вид:

$$H_3(s) = \frac{K_{эп} K_v K_M K_3}{a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3}. \quad (11)$$

управления [9] ( $\omega_{пр} > 70$  Гц), представим его апериодическим звеном с передаточной функцией:

$$H_n(s) = \frac{v_c(s)}{(U_{zv} - K_{dv} v_M)(s)} = \frac{K_{эп}}{T_{эп} s + 1}, \quad (8)$$

где  $U_{zv}$  – напряжение, задающее скорость движения основы, В;  $K_{dv}$  – коэффициент обратной связи по скорости, В·с/м;  $K_{эп}$  – коэффициент усиления;  $T_{эп}$  – постоянная времени электропривода, с.

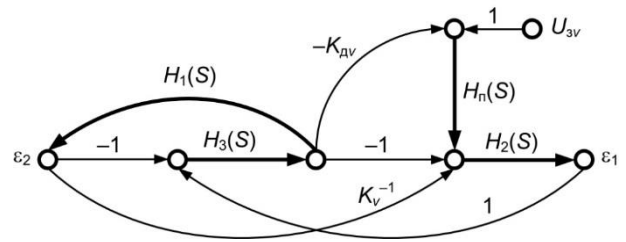


Рис. 2

Введем обозначение  $\frac{1}{K} \varepsilon_0 = K_3$  и найдем передаточную функцию замкнутой системы:

функций и преобразований, имеем:

$$\frac{(T_1 + T_2)(1 + K_M K_3 T_1 + K_1 T_2)}{T_1 T_2 (2K_M K_3 + K_1)} > 1, \quad (12)$$

где  $K_1 = K_M K_v (1 + K_{dv} K_{эп})$ .

На рис. 3 показана зависимость  $\varepsilon_2(t)$  при заданном на входе системы электропривода напряжении  $U_{zv} = 10$  В.

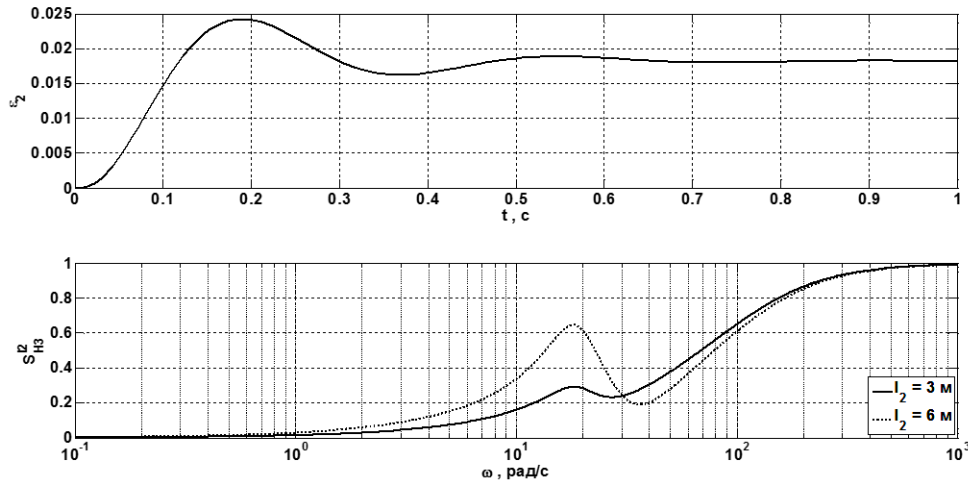


Рис. 3

Из (10) получим зависимость  $\varepsilon_2(U_{3v})$  в статике:

$$\varepsilon_2 = \frac{K_{эп} K_v K_3}{2K_3 + K_v (1 + K_{дв} K_{эп})}. \quad (13)$$

Анализ (13) показывает практически линейную зависимость  $\varepsilon_2(U_{3v})$ .

Исследуем чувствительность передаточной функции (11) к вариации  $\ell_2$  [11]:

$$S_{H_3}^{\ell_2}(s) = \frac{\partial H_3(s)}{\partial T_2} \frac{\partial T_2}{\partial \ell_2} \frac{\ell_2}{H_3(s)}. \quad (14)$$

После преобразований (14) имеем функцию чувствительности передаточной функции системы к вариации параметра  $\ell_2$  основы:

$$S_{H_3}^{\ell_2}(s) = \frac{a_0 s^3 + T_2 s^2 + K_M K_v (1 + K_{дв} K_{эп}) T_2 s}{\Delta}, \quad (15)$$

где  $\Delta = a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3$ .

Для исследования влияния на передаточную функцию системы электропривода вариации длины  $\ell_2$  основы, определяемой как средняя длина всех нитей основы от мерильного вала до бобин шпуляричника, построим зависимость частотной функции чувствительности передаточной функции  $S_{H_3}^{\ell_2}(s)$ .

На рис. 3 представлены частотные функции чувствительности  $S_{H_3}^{\ell_2}(\omega)$ , показывающие увеличение чувствительности с ростом частоты. При этом изменение длины  $\ell_2$  мало влияет на кривую чувствительности, и в области полосы пропускания система является грубой по отношению к вариации указанной длины, что снижает требования к точности ее определения.

Параметры системы:  $\ell_1 = 0,56$  м;  $\ell_2 = 6$  м;  $J_M = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>;  $R_M = 0,053$  м;  $E = 800$  Н;  $v_c = 10$  м/с;  $\varepsilon_0 = 0,025$ ;  $U_{3v} = 10$  В;  $K_{эп} = 2,5$ ;  $K_{дв} = 10$ ;  $K = 40$ ;  $T_1 = 0,056$  с;  $K_3 = 2,6 \cdot 10^{-3}$ ;  $T_2 = 0,015$  с.

Полоса пропускания  $\omega_{пр} = 2,67$  Гц.

## ВЫВОДЫ

С учетом принятых допущений разработана математическая модель системы электропривода механизма сновального вала и процесса деформации основы под действием сил сопротивления движению, приведенных к одному узлу трения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф., Виноградов А.Б., Шишков К.С. Асинхронный электропривод механизма формирования сновальных валов // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Вып. 1. С. 83...87.
2. Глазунов В.Ф. О построении асинхронного электропривода механизмов катушки сновальных

валов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 6. С. 95...98.

3. Глазунов В.Ф., Шишков К.С. Математическое моделирование процессов деформации основы и нити в системе электропривода механизма сновального вала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С. 143...147.

4. Ефремов Е.Д., Плужник Т.С. О неравномерности деформаций нити при наматывании на сновальный валик // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, № 6. С. 37...39.

5. Ефремов Е.Д., Попова Г.К. Экспериментальное определение неравномерности натяжения нитей основы при наматывании на сновальный валик // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, № 4. С. 47...49.

6. Плужник Т.С., Быкадоров Р.В. О натяжении нити при сматывании с бобины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1974, № 4. С. 60...62.

7. Брут-Бруляко А.Б., Ступников А.Н. Экспериментальное исследование натяжения льняных нитей в зависимости от скорости снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 2. С. 40...43.

8. Быстров А.М., Глазунов В.Ф. Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1977.

9. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. – Иваново: ИГЭУ, 2008.

10. Ключев А.С. Автоматическое регулирование. – М.: Энергия, 1967.

11. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления. – М.: Наука, 1981.

#### REFERENCES

1. Glazunov V.F., Vinogradov A.B., Shishkov K.S. Asinhronnyj jelektroprivod mehanizma formirovanija snoval'nyh valov // Vestnik IGJeU. – 2011. – Вып. 1. С.83...87.

2. Glazunov V.F. O postroenii asinhronnogo jelektroprivoda mehanizmov namotki snoval'nyh valov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 6. S. 95...98.

3. Glazunov V.F., Shishkov K.S. Matematicheskoe modelirovanie processov deformacii osnovy i niti v sisteme jelektroprivoda mehanizma snoval'nogo vala // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S. 143...147.

4. Efremov E.D., Pluzhnik T.S. O neravnomernosti deformacij niti pri namatyvanii na snoval'nyj valik // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1982, № 6. S. 37...39.

5. Efremov E.D., Popova G.K. Jeksperimental'noe opredelenie neravnomernosti natjazhenija nitej osnovy pri namatyvanii na snoval'nyj valik // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1970, № 4. S.47...49.

6. Pluzhnik T.S., Bykadorov R.V. O natjazhenii niti pri smatyvanii s bobiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1974, № 4. S. 60...62.

7. Brut-Bruljako A.B., Stupnikov A.N. Jeksperimental'noe issledovanie natjazhenija l'njanyh nitej v zavisimosti ot skorosti snovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1998, № 2. S.40...43.

8. Bystrov A.M., Glazunov V.F. Mnogodvigatel'nye avtomatizirovannye jelektroprivody potocnyh linij tekstil'noj promyshlennosti. – М.: Legkaja industrija, 1977.

9. Vinogradov A.B. Vektornoe upravlenie jelektroprivodami peremennogo toka. – Иваново: IGJeU, 2008.

10. Kljuev A.S. Avtomaticheskoe regulirovanie. – М.: Jenergija, 1967.

11. Rozenvasser E.N., Jusupov R.M. Chuvstvitel'nost' sistem upravlenija. – М.: Nauka, 1981.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 12.05.16.



УДК 666.972.17:519.8

**МЕЖФАЗНЫЙ ТЕПЛООБМЕН  
В КАМЕРАХ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

**INTERPHASE HEAT EXCHANGE  
IN THE HEAT AND HUMIDITY CHAMBERS MATERIALS PROCESSING**

*С.В. ФЕДОСОВ, А.В. ГУЩИН, М.Ю. ФЕДОСЕЕВА, А.Е. КРАЙНОВА*  
*S.V. FEDOSOV, A.V. GUSHCHIN, M.YU. FEDOSEEVA, A.E. KRAJNOVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: fedoseeva.m@list.ru

*В статье рассмотрены аспекты математического моделирования процессов внешнего теплообмена между паровоздушной средой и поверхностью железобетонного изделия в камере тепловлажностной обработки (ТВО). Показано, что в практических расчетах необходимо учитывать, что теплоотдача происходит по механизмам конвективного теплообмена, теплообмена излучением от водяного пара, а также посредством конденсации водяного пара.*

*Aspects of mathematical modeling of processes of the external heat exchange between the water vapor-air stream and the surface of concrete in the chamber of heat-humidity treatment (HHT) are discussed. It's shown that in practical calculations it's important to take into account the heat transfer as a convection, and a radiation from the water vapor stream to the concrete surface, and also by means of liquid condensation of water vapor.*

**Ключевые слова:** тепловлажностная обработка, внешний теплообмен, теплоотдача, водяной пар, твердый материал.

**Keywords:** heatmoist processing, external heat exchange, thermolysis, water vapor, solid material.

Ни одно из предприятий текстильной, легкой и смежных с ними отраслей промышленности не может успешно функционировать и производить необходимую для населения и экономики страны продукцию,

если его технологическое оборудование (как основное, так и вспомогательное) не располагается в комфортных условиях производственных помещений. А эти помещения выстраиваются из элементов и изделий:

фундаментных блоков, ферм, балок, свай, стеновых панелей, плит перекрытий и т.п. [1], [13].

И в соответствии с технологией производства [2], [12] все эти изделия, как правило, проходят этапы тепловлажностной обработки (ТВО), на которых для ускорения процессов получения высококачественных и прочных изделий они помещаются в специальные камеры ТВО, где по определенной программе в течение определенного времени проходят обработку насыщенным водяным паром.

При этом основной целью расчетов при проектировании камер ТВО, как ранее [3], так и в настоящее время [4], является определение расхода насыщенного водяного пара, необходимого для нагрева обрабатываемых изделий до требуемой температуры процесса и выдержки при этой температуре в течение определенного периода времени.

Основным методом расчета, изложенным в нормативной документации [5], учебной литературе [6] и монографиях [7], [8], является балансовый метод, не учитывающий кинетические особенности процесса, но в силу своей простоты позволяющий определять ориентировочные технологические параметры процесса ТВО в пределах допускаемой технологической погрешности  $\pm 20\%$ .

Вместе с тем, в процессах ТВО происходит не только изменение теплофизических параметров взаимодействующих сред, но протекают и структурно-химические изменения, определяющие будущие прочностные и эксплуатационные характеристики строительных материалов и изделий.

При поступлении насыщенного водяного пара в камеру ТВО в первую очередь происходит изменение температурно-влажностных параметров среды. Температура в камере изменяется от  $15 \dots 20^\circ\text{C}$  (температура предварительно отформованных изделий, поступающих на обработку) до температуры  $70 \dots 95^\circ\text{C}$  (температура пара, заполнившего камеру и вытеснившего весь первоначальный объем воздуха). При этом относительная влажность смеси воздуха и водяного пара изменяется от начальной ( $\varphi = 30 \dots 60^\circ\text{C}$ ) до насыщения ( $\varphi = 100^\circ\text{C}$ ),

соответственно этому изменяются и значения коэффициента теплообмена между паровоздушной смесью и изделием.

На начальном этапе ТВО теплообмен осуществляется по механизму конвективной теплоотдачи (при этом значение коэффициента теплоотдачи находится в пределах  $5 \dots 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ). На этапе перехода к периоду изотермической выдержки все более возрастает роль теплоотдачи при конденсации водяного пара.

Немаловажным фактором является расположение изделия в камере ТВО. В отечественной промышленности применяются камеры с горизонтальным расположением изделий (агрегатно-поточный, конвейерный и стендовый способы производства), а также вертикальное расположение (при кассетном способе производства) [9].

Коэффициент теплоотдачи рекомендуется определять из соотношения:

$$\text{Nu} = 0,5(\text{Gr Pr})^{0,5}. \quad (1)$$

Здесь обозначено:  $\text{Nu} = \frac{\alpha L}{\lambda}$  – теплообменный критерий Нуссельта, определяющий интенсивность конвективного теплообмена между паровоздушной средой и поверхностью изделия;  $\text{Gr} = \frac{gL^3}{\nu^2} \beta \Delta t$  – теплообменный критерий Грасгофа;  $\text{Pr} = \frac{\nu}{a}$  – теплообменный критерий Прандтля.

Теплофизические и геометрические характеристики, входящие в критерии подобия, имеют следующий смысл:  $\alpha$  – коэффициент теплообмена (теплоотдачи) между паровоздушной средой и изделием,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $L$  – определяющий геометрический размер изделия, м (как правило, за таковой выбирается длина или ширина);  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $a$  – коэффициенты: теплопроводности, кинематической вязкости, температуропроводности паровоздушной смеси, соответственно:  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\beta$  – коэффициент температурного расширения смеси,  $1/\text{К}$ ;  $\Delta t$  – разность температур между газом и поверхностью изделия,  $\text{К}$ .

В работе [10] показано, что при подаче насыщенного водяного пара в камеру ТВО все теплофизические характеристики паровоздушной среды изменяются. Кроме того с ростом температуры и влажности воздуха возрастает роль теплового излучения. Известно [4], что многоатомные газы способны излучать (и поглощать) лучистую энергию. Этой способностью обладает и трехатомный водяной пар. Расчеты показывают [10], что в камерах ТВО радиационная составляющая такого потока может составлять до 80% от конвективной.

В камерах с вертикальным расположением изделий несколько иная физическая картина процессов теплообмена. В соответствии с ней [11] при поступлении пара в камеру на поверхности изделия образуется пленка конденсата переменной толщины. На рис. 1 (пленочная конденсация влаги на поверхности материала:  $t_M^0$  – температура поверхности материала,  $t_{ж}^0$  – температура жидкости (сконденсированного пара),  $t_{см}^0$  – температура парогазовой смеси) приведена заимствованная нами из [11] картина.

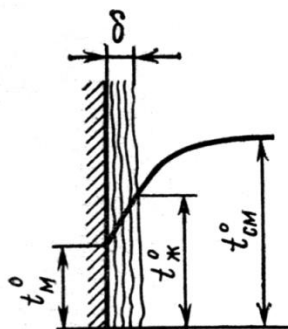


Рис. 1

И в первом (горизонтальном) и во втором (вертикальном) случаях теплообменный процесс может быть условно разделен на три этапа:

1) теплоотдача конвекцией от паровоздушной смеси к поверхности изделия, осложненная тепловым излучением от водяного пара;

2) сложный теплообмен конвекцией и излучением с нарастающей конденсацией водяного пара;

3) теплоотдача от конденсирующегося водяного пара.

Уравнение теплового баланса для элемента поверхности изделия имеет вид:

$$q_{\Sigma} = \alpha_{\Sigma}(t_{п.в} - t_{пов}) = \alpha_{к.п}(t_{п.в} - t_{пов})(1 - \kappa) + \beta_{п} r^* (P_{п.в} - P_{пов}) \frac{m_{п}}{RT} \kappa. \quad (2)$$

Здесь  $P_{п.в}$  – парциальное давление водяного пара в объеме камеры ТВО при температуре паровоздушной смеси, Па;  $P_{пов}$  – парциальное давление пара вблизи поверхности материала при температуре поверхности, Па;  $\kappa$  – доля поверхности теплообмена, занятая сконденсированным паром;  $m_{п}$  – молекулярная масса водяного пара, моль/кг.

Физический смысл слагаемых уравнения (2) очевиден: при  $\kappa = 0$  теплоотдача осуществляется по механизму 1, при  $\kappa = 1$  вся поверхность материала покрыта пленкой конденсата и теплоотдача осуществляется по механизму 3.

Решая уравнение (2) относительно обобщенного коэффициента теплоотдачи, запишем:

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{к.п}(1 - \kappa) + \frac{\beta_{п} r^* (P_{п.в} - P_{пов})}{(t_{п.в} - t_{пов})} \kappa, \quad (3)$$

где  $\beta_{п}^* = \beta_{п} \frac{m_{п}}{RT}$  – модифицированный коэффициент массоотдачи.

На рис. 2 (изменение коэффициентов теплоотдачи в камере ТВО: 1 – теплоотдача излучением; 2 – теплоотдача конвекцией; 3 – суммарный коэффициент сложного теплообмена конвекцией и излучением; 4 – суммарный коэффициент теплоотдачи с учетом конденсирующегося водяного пара) приведена иллюстрация расчетов по уравнению (3).

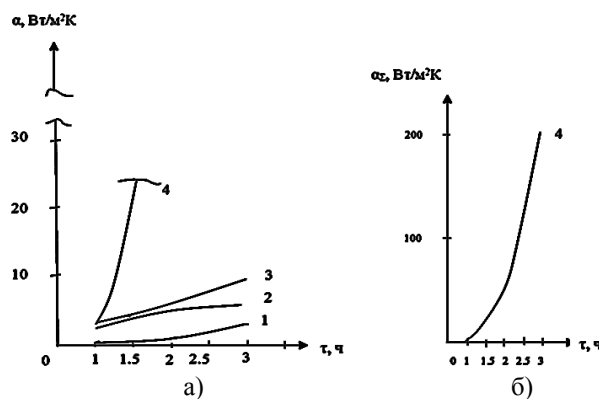


Рис. 2

Расчеты выполнены для нескольких случаев:

1) коэффициент теплоотдачи определялся при начальной температуре  $t_0=15^\circ\text{C}$  по формуле (1);

2) коэффициент теплоотдачи определялся с учетом зависимости теплофизических параметров от температуры;

3) расчеты проводились с учетом теплового излучения;

4) расчеты проводились при учете линейной зависимости  $\kappa$  от времени прогрева в соответствии с выражением:

$$\kappa = \frac{\tau}{\tau_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где  $\tau_{\text{пр}}$  – время периода прогрева.

Графическая иллюстрация приведенных результатов расчетов убедительно показывает необходимость учета всех составляющих внешнего теплообмена между паровоздушным потоком переменных теплофизических параметров и меняющейся температурой поверхности изделия в камере ТВО. Современные методики компьютерного моделирования позволяют создавать необходимое программное обеспечение для выработки практических рекомендаций по проектированию оптимальных технологических режимов процессов ТВО и типоразмеров промышленного оборудования.

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены теоретические представления о механизме теплообменных процессов в камере тепловлажностной обработки изделий. Показано, что перенос теплоты от поступающей в камеру паровоздушной смеси осуществляется по механизмам естественной конвекции, теплового излучения и поверхностной конденсации водяного пара.

2. На примере конкретных практических расчетов показано, что с увеличением подачи пара в камеру ТВО сначала теплообмен осуществляется по механизму тепловой газовой конвекции, затем все более возрастает вклад лучистой составляющей и капельной конденсации, причем процесс со-

провождается увеличением численных значений обобщенного коэффициента теплоотдачи более чем на порядок.

3. Полученные результаты рекомендуются для корректировки методики расчета параметров процессов тепловлажностной обработки материалов с целью получения более достоверной информации о динамике температурных параметров, что в свою очередь позволяет более обоснованно подойти к анализу проблем гидратации компонентов цементного клинкера и структурообразования бетонной матрицы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Власов П.В., Мартынов А.А., Николаев С.Д. Проектирование ткацких фабрик. – М.: Легкая промышленность, 1983.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: АСВ, 2002.
3. Мазуров Д.Я. и др. Теплотехника и теплотехническое оборудование предприятий промышленности строительных материалов. – Ч. 2. – М.: Госстройиздат, 1966.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – Изд. 2-е, стереотип. – М.: Энергия, 1977.
5. Руководство по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий. – НИИЖБ Госстроя СССР, ВНИИЖелезобетон Минстройматериалов СССР. – М.: Стройиздат, 1974.
6. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1984.
7. Марьямов Н.Б. Тепловая обработка изделий на заводах сборного железобетона (процессы и установки). – М.: Стройиздат, 1970.
8. Малинина Л.А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона. – М.: Стройиздат, 1971.
9. Воробьев В.А. Строительные материалы. – М.: Высшая школа. – 1973.
10. Федосов С.В., Гуцин А.В., Федосеева М.Ю. Анализ физических свойств воздуха и водяного пара с позиций математического моделирования процессов тепловлажностной обработки железобетонных изделий // Современное строительство и архитектура. – 2016, №1. С. 53...57.
11. Еремин Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов. – М.: Высшая школа, 1986.
12. Федосов С.В., Акулова М.В., Кокшаров С.А., Метелева О.В. Теоретические основы тепломассопереноса в перспективных технологиях производства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6. С. 170...174.

13. Румянцева В.Е., Хрунов В.А., Шестеркин М.Е. Определение ресурса безопасной эксплуатации зданий и сооружений из бетона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №4. С.131...136.

#### REFERENCES

1. Vlasov P.V., Martynov A.A., Nikolaev S.D. Proektirovanie tkackih fabrik. – M.: Legkaja promyshlennost', 1983.
2. Bazhenov Ju.M. Tehnologija betona. – M.: ASV, 2002.
3. Mazurov D.Ja. i dr. Teplotehnika i teplotehničeskoe oborudovanie predpriyatij promyshlennosti stroitel'nyh materialov. – Ch. 2. – M.: Gosstrojizdat, 1966.
4. Miheev M.A., Miheeva I.M. Osnovy teploperedachi. – Izd. 2-e, stereotip. – M.: Jenergija, 1977.
5. Rukovodstvo po teplovoj obrabotke betonnyh i zhelezobetonnyh izdelij. – NIIZhB Gosstroja SSSR, VNIIZhelezobeton Minstrojmaterialov SSSR. – M.: Strojizdat, 1974.
6. Bazhenov Ju.M., Komar A.G. Tehnologija betonnyh i zhelezobetonnyh izdelij. – M.: Strojizdat, 1984.
7. Mar'jamov N.B. Teplovaja obrabotka izdelij na zavodah sbornogo zhelezobetona (processy i ustanovki). – M.: Strojizdat, 1970.

8. Malinina L.A. Teplovlazhnostnaja obrabotka tjazhelogo betona. – M.: Strojizdat, 1971.

9. Vorob'ev V.A. Stroitel'nye materialy. – M.: Vysshaja shkola. – 1973.

10. Fedosov S.V., Gushhin A.V., Fedoseeva M.Ju. Analiz fizicheskikh svojstv vozduha i vodjanogo para s pozicij matematičeskogo modelirovanija processov teplovlazhnostnoj obrabotki zhelezobetonnyh izdelij // Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura. – 2016, №1. S.53...57.

11. Eremin N.F. Processy i apparaty v tehnologii stroitel'nyh materialov. – M.: Vysshaja shkola, 1986.

12. Fedosov S.V., Akulova M.V., Koksharov S.A., Meteleva O.V. Teoreticheskie osnovy teplomasoperehosa v perspektivnyh tehnologijah proizvodstva materialov tekstil'noj i stroitel'noj otraslej promyshlennosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №6. S.170...174.

13. Rumjanceva V.E., Hrunov V.A., Shesterkin M.E. Opredelenie resursa bezopasnoj jekspluatácii zdaniy i sooruzhenij iz betona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №4. S.131...136.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 15.11.16.

УДК 67/68:331.344.2

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ТОНКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ

### THE DEVICE FOR PURIFICATION OF AIR

А.С. АБИШОВА  
A.S. ABISHOVA

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: nauka@atu.ru

*В работе предложено устройство для очистки воздуха, обеспечивающее высокую эффективность улавливания тонкодисперсной пыли. Устройство обладает простотой конструкции и отсутствием дополнительных приспособлений для улавливания потока запыленного газа, проходящего через него.*

*In work the device for purification of air providing high efficiency of trapping fine dust is offered. The device has simplicity of a design and lack of additional devices for catching a flow of the dusty gas passing through it.*

**Ключевые слова:** коронный разряд, возбуждение, игла, озон, озонаторы.

**Keywords:** corona digit, excitation, needle, ozone, ozonizers.

На промышленных предприятиях технологические выбросы часто содержат значительное количество мелкодисперсной фракции, которая улавливается существующими пылеуловителями весьма неэффективно, а другие противопылевые мероприятия также не помогают. Если при местной и общеобменной вентиляционной вытяжке загрязнение окружающей среды может быть предотвращено с помощью электрофильтров или электросепараторов, то в производственных помещениях оставшаяся высокодисперсная пыль будет продолжать оставаться в воздухе и может оказаться на любом участке, в зависимости от направления вихревых потоков воздуха в помещении. В связи с этим вопросы газоочистки в производственных помещениях, особенно касающиеся высокодисперсной пыли с высокой концентрацией, остаются до сих пор актуальными и требуют своего решения.

Как известно, отрицательные аэроионы кислорода обладают целебными свойствами. Проникая в легкие человека, они заряжают кровь, делают клетки и ткани организма более стойкими, то есть повышают иммунитет к другим болезням, в целом создают благоприятный микроклимат в помещении. Озон, в свою очередь, служит для дезинфекции и санации воздуха, очищает его от органических соединений, запахов различного происхождения, бактерий и других болезнетворных микроорганизмов.

Озонаторы применяются в различных областях: в медицине, в сельском хозяйстве, в пищевой и легкой промышленности, в химических производствах. Они могут использоваться непосредственно для очистки и обезвреживания воздуха, а также для разложения вредных запахов и токсичных органических веществ в производственных отходах и выбросах [1].

Разработанное устройство [2] служит для очистки воздуха, обеспечивает высокую эффективность улавливания тонкодисперсной пыли, имеет простую конструкцию и обладает отсутствием дополнительных приспособлений с целью создания потока запыленного газа, проходящего через него.

Одним из путей интенсификации процесса коагуляции аэрозольных частиц является их биполярная зарядка. Кулоновские силы притяжения, возникающие между разноименно заряженными частицами, способствуют их сближению и коагуляции. Кроме кулоновских сил притяжения на взаимное движение частиц, то есть на величину константы коагуляции, влияют инерционные и гидродинамические силы, силы тяжести, которые зависят от скоростей, массы и размеров частиц, а также расстояния между ними.

Было предложено выражение для константы коагуляции  $K$  для двух разноименно заряженных частиц с радиусами  $r_1$  и  $r_2$ , причем  $r_1 \geq r_2$ :

$$K = - (q_1 q_2 / \varepsilon_0) V_2 = - (q_1 q_2 / \varepsilon_0 6\pi \mu r_2), \quad (1)$$

где  $q_1$  и  $q_2$  – соответственно заряды большей и меньшей частиц (для определенности полагаем  $q_1 \geq 0$  и  $q_2 \leq 0$ );  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная вакуума;  $V_2 = 1/(6\pi \mu r_2)$  – подвижность меньшей частицы;  $\mu$  – вязкость воздуха.

В устройстве процессы зарядки и разрядки заряженных частиц осуществляются поочередно, а другие силы, гидродинамические и силы тяжести, влияющие на процессы коагуляции, направлены по вертикали вниз. Такое положение в целом обеспечивается осесимметричным и последовательным расположением коронирующих электродов в виде игл на сетках и поочередным подключением их к разным полюсам источника питания, а также свойствами электрического ветра, присутствующего в коронном разряде. Электрический ветер, являющийся обязательным атрибутом коронного разряда, создает скоростной напор потока воздуха (до 5 м/с) в рабочей зоне и заставляет работать устройство в режиме ионно-конвекционного насоса.

На рис. 1 (устройство для очистки воздуха: 1 – разрядные камеры; 2 – сетчатое дно; 3 – коронирующие иглы; 4 – диэлектрические стержни; 5 – прокладки; 6 – корпус; 7 – пылесборник; 8 – стойки;

9 – озонопоглощающий материал) показана функциональная схема устройства в разрезе.

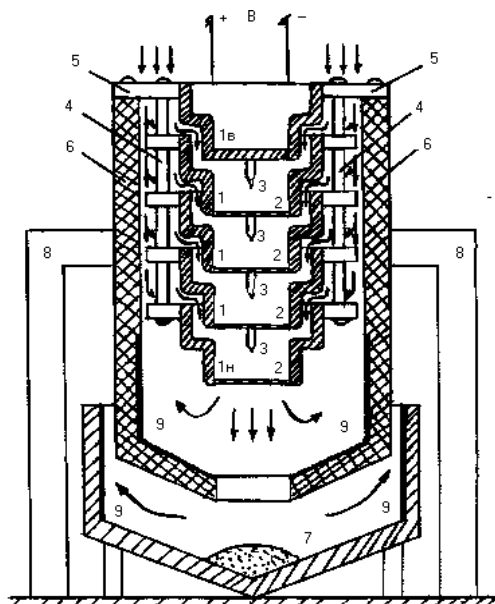


Рис. 1

Устройство содержит разрядные камеры 1 в виде фигурных цилиндров с сетчатым дном 2, на котором прикреплены коронирующие иглы 3, причем верхняя 1в и нижняя 1н разрядные камеры отличаются от остальных по своей конструкции. Если верхняя камера 1в не имеет сетчатого дна, то к нижней камере 1н не прикреплена коронирующая игла. Разрядные камеры 1 собираются соосно с помощью двух диэлектрических стержней 4, которые в свою очередь через прокладки 5 крепятся к основному корпусу 6 устройства, выполненного из диэлектрического материала (фторопласт, винипласт и т.д.) в виде цилиндра с конусным дном с отверстием для прохождения аэрозольных частиц в пылесборник 7. Корпус 6 устройства держится на стойках 8 в вертикальном положении. Следует отметить, что при сборке разрядных камер 1 с помощью стержней 4 между камерами оставляются зазоры для прохождения запыленного воздуха в рабочую зону. Конусная часть внутри корпуса 6 и внутренняя поверхность пылесборника 7 покрыты озонопоглощающим материалом 9. После подачи напряжения достаточной величины на

коронирующие электроды (3) разрядных камер (1) в них возникает и протекает коронный разряд, причем в зонах "а" будет преобладать отрицательный пространственный заряд, тогда как в зонах "в" будет присутствовать положительный пространственный заряд. С течением некоторого времени (не более 5 с) в разрядных камерах 1, расположенных в ряд, устанавливается устойчивый электрический ветер, направленный вниз, и устройство начинает работать в режиме ионно-конвекционного насоса. В результате начинается процесс засасывания наружного воздуха внутрь устройства через зазоры, которые имеются в каждой разрядной камере. Поэтому процессы зарядки и разрядки аэрозольных частиц, что является главным для электрокоагуляции заряженных частиц, протекают во всех зонах "а" и "в" одновременно и в постоянном движении из-за присутствия электрического ветра.

Таким образом, аэрозольные частицы, подвергаясь многократной зарядке и разрядке в рабочей зоне и многократно участвуя в процессах электрокоагуляции, постепенно наращивают свои размеры, а затем, вовлекаясь электрическим ветром и под силой тяжести, попадают в пылесборник 7. Тонкодисперсная пыль, которая не успела нарастить свой размер, поднимается вверх и через зазоры разрядных камер 1 снова попадает во внутрь устройства и снова подвергается обработке. Этот процесс может повторяться многократно.

Ввиду того, что отрицательная корона с иглы протекает более интенсивно по сравнению с положительной, балластные сопротивления  $R$  в цепи питания разрядных камер 1, где возникает отрицательная корона, имеют более высокие значения, чем сопротивления в цепи положительной короны. Как известно, другим обязательным атрибутом коронного разряда является образование озона в зоне разряда. В нашем случае также образуется озон, хотя в очень малых количествах, не превышающих ПДК озона в атмосферном воздухе. Между тем, чтобы оградить от озона окружающую среду, предлагаемое устройство снабжено озонопоглотителями 9.

Разработанное устройство имеет следующие параметры: радиус закругления игл 0,2 мм, радиус внешнего цилиндра 8 мм, расстояние от кончика игл до сетки равнялось 6 мм, а напряжение питания разрядных камер менялось в диапазоне от 4 до 14 кВ. При напряжении источника питания 10 кВ средний ток равнялся 8 мкА. Было опробовано устройство, состоящее из двух разрядных камер, в которых протекает коронный разряд разной полярности. При этом очистка воздуха осуществляется в одностадийном режиме, то есть аэрозольные частицы в этом случае только однажды заряжаются и однажды разряжаются. Отметим, что контрольные испытания устройства на задымленность атмосферного воздуха показали, что предлагаемое устройство пригодно для очистки воздуха от тонкодисперсных аэрозольных частиц в виде дыма и может быть использовано как в производственных, так и в служебных помещениях. При таком упрощенном виде исполнения устройства, через некоторое время (не более 5 с) появляется устойчивый электрический ветер, и табачный дым затягивается внутрь разрядных камер, то есть выполняется принцип ионно-конвекционного насоса [2].

Кроме того, предлагаемое устройство, ввиду существующей возможности изменения его конструкции (многоэлектродность и многокамерность), создает условия для

очистки воздуха с большой концентрацией пыли и тонкодисперсных аэрозольных частиц.

## ВЫВОДЫ

На основе коронного разряда разработано устройство для очистки воздуха от высокодисперсной пыли. Устройство обеспечивает высокую эффективность улавливания тонкодисперсной пыли, имеет простую конструкцию и отсутствие дополнительных приспособлений для улавливания потока запыленного воздуха, проходящего через него. Новизна устройства подтверждена инновационным патентом РК №24374.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абишова А.С.* Исследование процессов распространения токсичных компонентов пыли и разработка метода озонной очистки воздуха: Дис....канд. техн. наук. – Алматы, 2009.
2. *Абишова А.С. и др.* Озонатор. Инновационный Патент №24374 от 27.06.2011.

## REFERENCES

1. *Abishova A.S.* Issledovanie processov rasprostraneniya toksichnyh komponentov pyli i razrabotka metoda ozonnoj ochistki vozduha: Dis....kand. tehn. nauk. – Almaty, 2009.
2. *Abishova A.S. i dr.* Ozonator. Innovacionnyj Patent №24374 ot 27.06.2011.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 28.08.16.



## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН И ОТХОДОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

### INVESTIGATION OF LIGNOCELLULOSE FIBERS AND THEIR WASTE PROCESSING

*И.В. СУСОЕВА, Т.Н. ВАХНИНА, А.А. ТИТУНИН*  
*I.V. SUSOEVA, T.N. VAKHNINA, A.A. TITUNIN*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: info@kstu.ed.ru

*В статье рассмотрены виды лигноцеллюлозных безвозвратных отходов, которые можно использовать для производства композиционных материалов, изучены химические свойства лигноцеллюлозных волокон и их отходов.*

*The article describes the types of irrevocable lignocellulosic waste that can be used for the production of composite materials, studied the chemical properties of lignocellulosic fibers and their wastes.*

**Ключевые слова:** отходы, хлопок, лен, лигнин, целлюлоза, плиты, переработка, физико-механические показатели.

**Keywords:** waste, cotton, linen, lignin, cellulose, plate processing, physical and mechanical properties.

В последние десятилетия активизировались исследования в области изучения физико-химических показателей лигноцеллюлозных материалов [20...22] и переработки отходов производств текстильных волокон [1], [18].

Актуальность проблемы переработки текстильных отходов обусловлена тем, что неиспользуемые отходы производства – это миллиарды тонн выведенных из хозяйственного оборота безвозвратно теряемых материальных ресурсов [17], [19]. Нельзя забывать и об экологическом факторе. Использование текстильных отходов значительно снизит негативное воздействие на окружающую среду, связанное с утилизацией отходов производства волокнистых материалов путем сжигания или вывоза на свалки.

В связи с такой ситуацией особую актуальность приобретают научные исследования, направленные на разработку и внедрение технологий, связанных с процессами переработки волокнистых отходов

текстильного производства. Возможности производства из лигноцеллюлозных волокон однолетних культур широкого спектра материалов, в том числе композиционных, обусловлены содержанием в них природных биополимеров [13].

В лаборатории кафедры лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств (ЛДП) разрабатываются композиционные плитные материалы на основе лигноцеллюлозных наполнителей. Безвозвратные отходы производства хлопковых и льняных волокон были использованы в качестве наполнителя композиционных плитных материалов на основе матрицы из синтетических и неорганических связующих [8], [18].

Различия физико-механических показателей образцов композитов, в числе прочих факторов, обусловлены структурой наполнителей. По соотношению геометрических размеров волокна льна и хлопка оказываются весьма сходными [14]. И, тем не менее, льняное волокно гораздо прочнее

хлопкового, что объясняется большей толщиной стенки льняного волокна, а также разным химическим составом и микроструктурой этих биополимеров.

Элементарные волокна льна, так же как и хлопка, имеют слоистое строение. Но пучки фибрилл первичной и вторичной стенок расположены спирально под меньшим углом (8...12°), чем в хлопковом волокне (20...40°) [2]. Намного большая ориентация структурных элементов относительно оси в льняном волокне, по сравнению с хлопковым, также обуславливает более высокую прочность льна и меньшую способность удлиняться при растяжении. Льняное волокно гораздо менее податливо к химическим воздействиям. Причина в том, что элементарное волокно льна представляет собой закрытую с обоих концов клетку, без свободного доступа во внутреннюю полость – канал.

Изучение химического состава, физико-химических свойств различных видов волокнистых отходов текстильной промышленности необходимо для разработки способов их дальнейшего применения. Важное значение для процессов производства композитов из невозвратных лигноцеллюлозных отходов имеет содержание целлюлозы.

Высокая доля целлюлозы, содержащей большое количество метилольных –СН<sub>2</sub>ОН и гидроксильных –ОН групп, позволяет использовать хлопковые волокна и отходы их производства в качестве наполнителя композиционных материалов. Эти группы могут взаимодействовать с образованием химических и водородных связей с метилольными группами карбамидоформальдегидных смол, а также с фенольными гидроксильными группами фенолоформальдегидных смол и с гидроксильными группами поликремниевых кислот, образующихся при гидролизе силикатов натрия и калия в составе жидкого стекла [8].

Данные химического состава волокон хлопка и льна по результатам различных исследований имеют значительный разброс, обусловленный влиянием большого количества факторов, в числе которых природные условия произрастания, особенности методик определения показателей [9...11]. В табл. 1 представлены результаты определения состава лигноцеллюлозных волокон, %, полученные с использованием методик, гармонизированных с европейскими нормами [10].

Т а б л и ц а 1

Растительный материал	Целлюлоза	Пентозаны	Пектиновые вещества	Белковые вещества	Жиры и воски	Лигнин	Зольность/минеральные примеси
Хлопковое волокно	90...96,6	1,5...2	2	1,5...2	0,5...1,2	1,2...3	/1,0
Льняное волокно	80	6...8	3,3	3,75	2,5...3	2	6,95/1,0

Наибольшее влияние на физико-химические свойства волокон однолетних растений и отходов их переработки оказывают содержание целлюлозы и ее изменение в процессе биосинтеза в природе. В волокнах семян хлопчатника целлюлоза содержится в наиболее чистом виде. В процессе роста хлопкового волокна содержание в волокне целлюлозы непрерывно повышается, а содержание других компонентов – жиров, восков, золы и водорастворимых веществ – понижается. В начальной стадии роста хлопковое волокно содержит значительное

количество пектиновых веществ, постепенно уменьшающееся в дальнейший период. Хлопковое волокно имеет высокую степень кристалличности – 66...68%, причем кристаллические области макромолекул перемежаются с аморфными [1].

Специфическая особенность льняных волокнистых материалов связана с низким содержанием в исходном сырье основного волокнообразующего полимера – целлюлозы. По данным различных исследований ее содержание находится в диапазоне 64...86% [10], [11].

В работе были определены зольность и влажность пылевидных отходов переработки лигноцеллюлозных волокон, использовались стандартные методики [3...7], [16]. Существуют различные методики определения зольности, их применение зависит от того, насколько трудно озоляется материал. Содержание золы определялось путем сжигания и прокаливания исследуемого объекта мокрым методом с увлажнением этиловым спиртом непосредственно перед озолением. Испытываемая навеска сжигалась в присутствии кислорода воздуха при температуре  $(900 \pm 10)^\circ\text{C}$  до полного сгорания органического вещества с последующим взвешиванием полученного остатка.

При определении влажности использовали стандартный весовой метод [3], [6].

Содержание золы  $X$ , %, на сухое вещество вычисляли по формуле:

$$X = m_1 \frac{100}{m_0} \frac{100}{100 - H}, \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса навески, г;  $m_1$  – масса остатка, г;  $H$  – влажность пробы, % (по массе).

В работе определено содержание диоксида кремния в лигноцеллюлозных материалах [15]. В хлопке и льне кремний находится в виде водорастворимых соединений типа ортокремниевой кислоты [12]. Результаты определения физико-химических свойств лигноцеллюлозных материалов представлены в табл. 2 (содержание в составе лигноцеллюлозных материалов, %).

Т а б л и ц а 2

Растительный материал	Целлюлоза	Лигнин	Зольность	Влажность	Диоксид кремния
Волокно хлопковое/льняное	$\frac{94,6}{84,79}$	$\frac{0,1}{2,578}$	$\frac{1,4}{0,5}$	$\frac{3,2}{5,06}$	$\frac{0,969}{0,561}$
Вид пылевидных отходов хлопок / лен	$\frac{43,96}{53,97}$	$\frac{22,69}{24,93}$	$\frac{17,02}{5,01}$	$\frac{5,54}{7,03}$	$\frac{4,02}{0,81}$

Характерной особенностью пылевидных отходов производства хлопковых и льняных волокон является значительная доля минеральных веществ, в то время как в самом хлопковом и льняном волокне их содержание сопоставимо со значениями, характерными для древесины [20]. Количество золы (зольность) характеризует содержание минеральных веществ в лигноцеллюлозном материале, но точно не равно ему, так как при сжигании и прокаливании компоненты минеральных веществ частично превращаются в соли металлов – растворимых (в основном карбонаты калия и натрия) и нерастворимых (соли кальция). Следует также отметить, что повышенная зольность невозвратных пылевидных отходов связана также с их засоренностью. Это значительно затрудняет использование данных отходов в производстве композиционных плитных материалов.

Химический состав лигноцеллюлозных материалов оказывает существенное влияние на процессы структурообразования

композиционного материала. При производстве композитов из невозвратных текстильных отходов происходят процессы термогидролитической деструкции полисахаридов, причем на эти процессы влияет надмолекулярная структура волокна. При температуре  $100...160^\circ\text{C}$  деструктируют легкогидролизуемые аморфные полисахариды, образуя смесь неизменной целлюлозы с продуктами различной степени гидролиза. Кроме того, гидролитической деструкции подвергаются связи лигнина с гемицеллюлозами лигноцеллюлозного комплекса волокон, что в совокупности со снижением средней степени полимеризации холоцеллюлозного комплекса увеличивает подвижность макромолекул и создает дополнительные связи между элементами композита.

## В Ы В О Д Ы

Таким образом, отходы переработки лигноцеллюлозных волокон могут быть

утилизированы путем производства композиционных материалов на основе органических и неорганических связующих, при этом следует учитывать влияние физико-химических показателей данного сырья на процессы структурообразования материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров. – СПб.: Изд-во "Лань", 2010.
2. Баданова К., Баданов К.И. Исследование свойств целлюлозного волокна и возможности его модификации на наноуровне [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rusnauka.com>
3. Гладий Ю.П. Строение макромолекулы целлюлозы. Квантово-химический расчет // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 25...28.
4. ГОСТ 25133–82. Волокна лубяные. Метод определения влажности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru>
5. ГОСТ Р 51411–99. Зерно и продукты его переработки. Определение зольности (общей золы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru>
6. ГОСТ Р 53224–2008. Волокно хлопковое. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru>
7. ГОСТ Р 53233–2008. Волокно хлопковое. Методы определения влажности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru>
8. Ибрагимов А.М., Вахнина Т.Н., Сусоева И.В. Опыт использования пылевидных лигноцеллюлозных отходов текстильных предприятий в качестве наполнителя для строительных композиционных материалов // Сб. науч. тр. РААСН: Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2015 г. – М.: Изд-во АСВ, 2016. С. 483...488.
9. Иоелович М.Я. и др. // Химия древесины. – 1989, №5. С.10...13.
10. Каримкулов К.М., Аскарлов М.А. Исследование целлюлозы хлопкового лinters с применением таможенной химической экспертизы // Пластические массы. – 2013, №3. С.35...37.
11. Кокшаров С.А., Алеева С.В., Кудряшова Т.А., Кудряшов А.Ю. Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца "А-93" с опытных участков в Тверской и Костромской областях // Химия растительного сырья. – 2008, № 3. С. 51...54.
12. Колесников М.П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. – 2001. Т. 41. С. 301...332.

13. Кочнев А.М., Заикин А.Е., Галибеев С.С., Архиреев В.П. Физико-химия полимеров. – Казань: Изд-во "Фэн", 2003.

14. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. Исходные текстильные материалы. – М.: Изд-во Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985.

15. Методические указания на определение свободной двуокиси кремния в некоторых видах пыли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru>

16. Румянцев С.Н., Сусоева И.В., Свиридов А.В., Вахнина Т.Н. Исследование свойств отходов переработки хлопкового волокна // Сб. ст. 67-й Междунар. научно-практ. конф.: Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. – В 3-х т. Т. 2. Архитектура и строительство. Механизация сельского хозяйства. Электрификация и автоматизация сельского хозяйства. Общественные науки / Под ред. В.М. Попова, С.А. Полозова, А.В. Рожнова, Ю.И. Сидоренко. – Караваево: Костромская ГСХА, 2016. С. 94...99.

17. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2005.

18. Сусоева И.В. Новый способ измерения интенсивности пылеосаждения на текстильном предприятии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 134...137.

19. Титунин А.А., Ибрагимов А.М., Угрюмов С.А., Зайцева К.В., Вахнина Т.Н. Развитие межотраслевых связей при использовании природных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 227...233.

20. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: МГУЛ, 2001.

21. Hsieh Y-L; Hu X-P and Wang A. (Abstract). (2000). Single fiber strength variations of developing cotton fibers - strength and structure of G.Hirsutum and G.Barbedness. – Textile Res J, 70, 682...690.

22. Ibrokchim Y. Abdurakhmonov, Zabardast T. Buriev. Phytochrome RNAi enhances major fibre quality and agronomic traits of the cotton // Gossypium hirsutum L Nature Communications. – 2014, №5. P.1...10.

#### REFERENCES

1. Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaja A.V. Himija drevesiny i sinteticheskikh polimerov. – SPb.: Izd-vo "Lan", 2010.
2. Badanova K., Badanov K.I. Issledovanie svojstv celljuloznogo volokna i vozmozhnosti ego modifikacii na nanourovne [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://rusnauka.com>
3. Gladij Ju.P. Stroenie makromolekuly cel-ljulozy. Kvantovo-himicheskij raschet // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. S.25...28.

4. GOST 25133–82. Volokna ljubjanye. Metod opredelenija vlazhnosti [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru>
5. GOST R 51411–99. Zerno i produkty ego pererabotki. Opredelenie zol'nosti (obshhej zoly) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru>
6. GOST R 53224–2008. Volokno hlopkovoe. Tehnicheskie uslovija [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru>
7. GOST R 53233–2008. Volokno hlopkovoe. Metody opredelenija vlazhnosti [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru>
8. Ibragimov A.M., Vahnina T.N., Susoeva I.V. Opyt ispol'zovaniya pylevidnyh lignocelljuloznyh othodov tekstil'nyh predpriyatij v kachestve napolnitelja dlja stroitel'nyh kompozicionnyh materialov // Sb. nauch. tr. RAASN: Fundamental'nye, poiskovyje i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniju razvitiya arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2015 g. – M.: Izd-vo ASV, 2016. S. 483...488.
9. Ioelovich M.Ja. i dr. // Himija drevesiny. – 1989, №5. S.10...13.
10. Karimkulov K.M., Askarov M.A. Issledovanie celljulozy hlopkovogo linta s primeneniem tamozhennoj himicheskoj jekspertizy // Plasticheskie massy. – 2013, №3. S.35...37.
11. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Kudrjashova T.A., Kudrjashov A.Ju. Svojstva l'njanogo volokna selekcionnogo sorta l'na-dolgunca "A-93" s opytnyh uchastkov v Tverskoj i Kostromskoj oblastjah // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2008, № 3. S. 51...54.
12. Kolesnikov M.P. Formy kremnija v rastenijah // Uspehi biologicheskoj himii. – 2001. T. 41. S.301...332.
13. Kochnev A.M., Zaikin A.E., Galibeev S.S., Arhireev V.P. Fiziko-himija polimerov. – Kazan': Izd-vo "Fjen", 2003.
14. Kukin G. N., Solov'ev A.N. Tekstil'noe materialovedenie. Ishodnye tekstil'nye materialy. – M.: Izd-vo Legkaja promyshlennost' i bytovoe obsluzhivanie, 1985.
15. Metodicheskie ukazaniya na opredelenie svobodnoj dvoukisi kremnija v nekotoryh vidah pyli [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru>
16. Rumjancev S.N., Susoeva I.V., Sviridov A.V., Vahnina T.N. Issledovanie svojstv othodov pererabotki hlopkovogo volokna // Sb. st. 67-j Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse. – V 3-h t. T. 2. Arhitektura i stroitel'stvo. Mehanizacija sel'skogo hozjajstva. Jelektrifikacija i avtomatizacija sel'skogo hozjajstva. Obshhestvennye nauki / Pod red. V.M. Popova, S.A. Polozova, A.V. Rozhnova, Ju.I. Sidorenko. – Karavaevo: Kostromskaja GSHA, 2016. S. 94...99.
17. Semchikov Ju.D. Vysokomolekuljarnye soedinenija. – 2-e izd., ster. – M.: Izdatel'skij centr "Akademija", 2005.
18. Susoeva I.V. Novyj sposob izmerenija intensivnosti pyleosazhdenija na tekstil'nom predpriyatii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S. 134...137.
19. Titunin A.A., Ibragimov A.M., Ugrjumov S.A., Zajceva K.V., Vahnina T.N. Razvitie mezhotraslevykh svyazej pri ispol'zovanii prirodnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. S. 227...233.
20. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija. – M.: MGUL, 2001.
21. Hsieh Y-L; Hu X-P and Wang A. (Abstract). (2000). Single fiber strengthvariations of developing cotton fibers - strength and structure of G.Hirsutum and G.Barbedness. – Textile Res J, 70, 682...690.
22. Ibrokchim Y. Abdurakhmonov, Zabardast T. Buriev Phytochrome RNAi enhances major fibre quality and agronomic traits of the cotton // Gossypium hirsutum L Nature Communications. – 2014, №5. P.1...10.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 22.04.16.

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛЕННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВЫМ ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ

## RELIABILITY ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES, STRENGTHENING BY EXTERNAL REINFORCEMENT WITH CARBON FIBER

*А.Г. ТАМРАЗЯН, Н.В. ФЕДОРОВА*  
A.G. TAMRAZYAN, N.V. FEDOROVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
Юго-Западный государственный университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Southwest State University)  
E-mail: tamrazian@mail.ru, klynavit@yandex.ru

*В статье представлен расчет надежности железобетонных балок, усиленных углепластиковым внешним армированием.*

*Такая модель основана на учете статистического характера нагрузок, прочности материалов, свойств конструкций и позволяет определить вероятностные условия безотказной работы или отказа конструкций, из анализа которых получают оценки их надежности.*

*The article presents a calculation of the reliability of reinforced concrete beams for such buildings, carbon-fiber-reinforced outer reinforcement.*

*This model is based on taking into account the statistical nature of the load, strength of materials, structures and properties to determine the probability of failure-free conditions or failure of structures, of which the analysis produced estimates of their reliability.*

**Ключевые слова:** железобетонная балка, усиление, углепластик, надежность.

**Keywords:** reinforced concrete beam, strengthening, carbon fiber, reliability.

В связи с большой пожарной нагрузкой, характерной для зданий текстильной промышленности и износом основных несущих конструкций перекрытий (срок эксплуатации более 50 лет) их усиление является важной научно-технической проблемой, актуальность которой нарастает в настоящее время. Особенность этой отрасли строительства в последние годы – появление, исследование и активное внедрение в практику усиления конструкций новых современных материалов, имеющих высокие прочностные и эксплуатационные свойства.

Одними из таких материалов являются композитные материалы на основе углеродного волокна, предназначенные для по-

вышения прочности железобетонных, бетонных, кирпичных, каменных и армокаменных конструкций.

В основу расчета положена методика оценки надежности и безопасности строительных конструкций, разработанная в [2...5], а также [7], [8]. Особенности проявления свойств материалов при огневых воздействиях могут быть учтены по [9].

В связи со сложностью последовательного стохастического анализа поведения железобетонных конструкций, усиленных углепластиком, для получения оценок их надежности будем использовать подстановку вероятностных параметров в детерминистические решения прочности таких железобетонных конструкций.

При этом принимается во внимание, что большинство случайных аргументов резерва несущей способности железобетонных балок может обоснованно описываться нормальным законом (распределением Гаусса), в частности, прочность бетона, арматуры, углепластика, а также ряд нагрузок (постоянные, технологические, крановые и т.д.).

При общей постановке задачи условие безотказной работы (неразрушимости) конструкций, в том числе железобетонных балок, записывается в следующем виде:

$$\tilde{Y}(t) = \tilde{R}(t) - \tilde{S}(t) \geq 0, \quad (1)$$

где  $\tilde{R}(t)$  – обобщенная несущая способность конструкций;  $\tilde{S}(t)$  – обобщенная нагрузка на конструкцию;  $\tilde{Y}(t)$  – характеристика, названная нами резервом несущей способности конструкции.

Оценками надежности конструкций являются вероятность безотказной работы  $P(t)$  или вероятность отказа работы конструкции  $Q(t)$ :

$$P(t) = P(Y \geq 0); \quad Q(t) = 1 - P(t). \quad (2)$$

Представление параметров условия (1) в виде случайных величин уместно при действии нагрузок, мало изменяющихся со временем (постоянных и некоторых технологических) или имеющих однократный характер, при вычислении надежности в начальный или конкретно выбранный момент времени. Такой подход используется также в задачах сравнительной оценки надежности конструкций.

Если функция является линейной или может без заметной погрешности быть линеаризована, ее распределение будет нормальным при условии нормальности распределений аргументов функции. Тогда вычисление оценок надежности выполняется с использованием функции Лапласа  $\Phi(\beta)$  [1]:

$$Q(Y < 0) = 0,5 - \Phi(\beta), \quad (3)$$

$$P(Y \geq 0) = 0,5 + \Phi(\beta).$$

За основу принимается расчет по прочности сечений, нормальных к продольной оси железобетонных балок с одиночным армированием и усиленных углепластиком.

Случайное значение предельного изгибающего момента, воспринимаемого балкой [6]:

$$\tilde{M}_{ult} = f(\tilde{\sigma}_b, \tilde{\sigma}_s) = \tilde{\sigma}_s A_s (h_0 - 0,5\tilde{x}), \quad (4)$$

где  $\tilde{\sigma}_b$  – случайное значение сопротивления бетона сжатию для предельных состояний первой группы;  $\tilde{\sigma}_s$  – случайное значение прочности стержневой арматуры растяжению;  $A_s$  – площадь сечения растянутой стержневой арматуры;  $h_0$  – расчетная высота сечения;  $x$  – высота сжатой зоны бетона, равная  $\tilde{x} = \frac{\tilde{\sigma}_s A_s}{\tilde{\sigma}_b b}$ , где  $b$  – ширина сечения.

Подставляем выражение для  $x$  в формулу (4):

$$\tilde{M}_{ult} = \tilde{\sigma}_s A_s h_0 - 0,5 \frac{(\tilde{\sigma}_s A_s)^2}{\tilde{\sigma}_b b}. \quad (5)$$

Учитывая общее выражение (5), имеем для математического ожидания предельного момента:

$$\bar{M}_{ult} = \bar{\sigma}_s A_s h_0 - 0,5 \frac{(\bar{\sigma}_s A_s)^2}{\bar{\sigma}_b b}, \quad (6)$$

где  $\bar{\sigma}_s, \bar{\sigma}_b$  – соответственно математическое ожидание сопротивления бетона и прочности арматуры.

Определим коэффициенты для вычисления стандарта предельного момента:

$$D_s = \frac{\partial M_{ult}}{\partial \sigma_s} = A_s h_0 - \frac{\sigma_s A_s^2}{\sigma_b b} = \frac{A_s}{\sigma_b b} (\sigma_b h_0 b - \sigma_s A_s), \quad (7)$$

$$D_b = \frac{\partial M_{ult}}{\partial \sigma_b} = \frac{0,5}{\sigma_b^2 b} (\sigma_s A_s)^2. \quad (8)$$

Стандарт предельного изгибающего момента определяется так:

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(D_b \hat{\sigma}_b)^2 + (D_s \hat{\sigma}_s)^2}. \quad (9)$$

Для оценки надежности балок определяем характеристику безопасности, имеющую в данном случае следующий вид:

$$\beta = \frac{\bar{M}_{ult} - M_{cal}}{\hat{M}_{ult}}, \quad (10)$$

где  $M_{cal}$  – расчетное значение внешнего изгибающего момента в балке.

Случайное значение предельного изгибающего момента, воспринимаемого усиленной балкой:

$$\begin{aligned} \tilde{M}_{ult} &= f(\tilde{\sigma}_b, \tilde{\sigma}_s, \tilde{\sigma}_{fu}) = \\ &= \tilde{\sigma}_{fu} A_f (h - 0,5\tilde{x}) + \tilde{\sigma}_s A_s (h_0 - 0,5\tilde{x}), \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\tilde{\sigma}_{fu}$  – случайное значение прочности на растяжение СВА (углепластика – системы

внешнего армирования);  $A_f$  – площадь сечения арматуры СВА;  $h$  – высота сечения;  $x$  – высота сжатой зоны бетона, равная

$$\tilde{x} = \frac{\tilde{\sigma}_{fu} A_f + \tilde{\sigma}_s A_s}{\tilde{\sigma}_b b}.$$

Расчетная схема усиленного сечения балки показана на рис. 1.

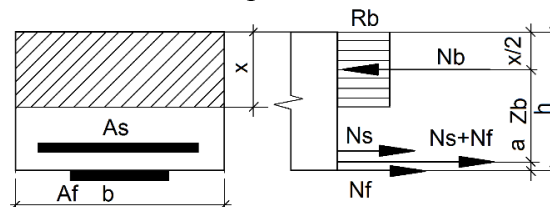


Рис. 1

Подставляем выражение для  $x$  в формулу (11):

$$\begin{aligned} \tilde{M}_{ult} &= \tilde{\sigma}_{fu} A_f \left( h - 0,5 \frac{\tilde{\sigma}_{fu} A_f + \tilde{\sigma}_s A_s}{\tilde{\sigma}_b b} \right) + \tilde{\sigma}_s A_s \left( h_0 - 0,5 \frac{\tilde{\sigma}_{fu} A_f + \tilde{\sigma}_s A_s}{\tilde{\sigma}_b b} \right) = \\ &= \tilde{\sigma}_{fu} A_f h + \tilde{\sigma}_s A_s h_0 - \frac{0,5}{\tilde{\sigma}_b b} (\tilde{\sigma}_{fu} A_f + \tilde{\sigma}_s A_s)^2. \end{aligned} \quad (12)$$

Математическое ожидание предельного момента получаем, подставляя в полученное выражение математические ожидания случайных аргументов.

Определим коэффициенты для вычисления стандарта предельного момента:

$$D_{fu} = \frac{\partial M_{ult}}{\partial \sigma_{fu}} = \frac{A_f}{\sigma_b b} [\sigma_b h b - (\sigma_{fu} A_f + \sigma_s A_s)], \quad (13)$$

$$D_s = \frac{\partial M_{ult}}{\partial \sigma_s} = \frac{A_s}{\sigma_b b} [\sigma_b h_0 b - (\sigma_{fu} A_f + \sigma_s A)], \quad (14)$$

$$D_b = \frac{\partial M_{ult}}{\partial \sigma_b} = \frac{0,5}{\sigma_b^2 b} (\sigma_{fu} A_f + \sigma_s A_s)^2. \quad (15)$$

Числовые значения коэффициентов находим, подставляя в полученные выражения математические ожидания случайных аргументов.

Стандарт предельного изгибающего момента определяется следующим образом;

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(D_b \hat{\sigma}_b)^2 + (D_s \hat{\sigma}_s)^2 + (D_{fu} \hat{\sigma}_{fu})^2}. \quad (16)$$

*Оценка надежности балки с одиночным армированием*

Балка имеет сечение размерами  $b=300$  мм,  $h = 800$  мм,  $a = 70$  мм; растянутая арматура А400 ( $R_s=355$  МПа); площадь ее сечения  $A_s = 2945$  мм<sup>2</sup> = 29,45 см<sup>2</sup> (6Ø25); бетон класса В25 ( $R_b=14,5$  МПа); расчетный внешний изгибающий момент  $M_{cal} = 650$  кН·м.

По приведенным расчетным характеристикам материалов определяем их статистические характеристики:

- бетон В25
- $\bar{\sigma}_b = 1,282R_b = 1,282 \cdot 14,5 = 18,59$  МПа = 1,86 кН/см<sup>2</sup>;
- $\hat{\sigma}_b = 0,135 \bar{\sigma}_b = 0,135 \cdot 18,59 = 2,51$  МПа = 0,25 кН/см<sup>2</sup>.
- арматура А400
- $\bar{\sigma}_s = 420$  МПа = 42,0 кН/см<sup>2</sup>, коэффициент вариации  $V_s = 0,0436$ ,
- $\hat{\sigma}_s = 0,0436 \cdot 420 = 18,31$  МПа = 1,83 кН/см<sup>2</sup>.

По формуле (6) вычисляем математическое ожидание предельного момента:



$$\bar{M}_{ult} = 42,0 \cdot 29,45 \cdot 73 - \frac{0,5}{1,86 \cdot 30} (42,0 \cdot 29,45)^2 = 90293,7 - 13709,0 = 76584,7 \text{ кН} \cdot \text{см} = 756,85 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

По формулам (7) и (8) определяем коэффициенты для вычисления стандарта предельного момента:

$$D_s = \frac{29,45}{1,86 \cdot 30} (1,86 \cdot 73 \cdot 30 - 42 \cdot 29,45) = 1497,0 \text{ см}^3,$$

$$D_b = \frac{0,5}{1,86^2 \cdot 30} (42 \cdot 29,45)^2 = 7370,4 \text{ см}^3.$$

По формуле (9) определяем стандарт предельного момента:

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(1497 \cdot 1,83)^2 + (7370,4 \cdot 0,25)^2} = 3301,5 \text{ кН} \cdot \text{см} = 33,02 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

По отношению к расчетному значению внешнего изгибающего момента в балке вычисляем характеристику безопасности по (10):

$$\beta = \frac{765,85 - 650}{33,02} = 3,51.$$

Вероятность отказа балки составит  $Q(\beta) = 2,26 \cdot 10^{-4}$ .

*Оценка надежности балки с усилением СВА*

Исходные данные – те же. Усиление – 1 слой углеродной ткани шириной 300 мм, площадь сечения усиления  $A_f = 52,5 \text{ мм}^2 = 0,525 \text{ см}^2$ . Расчетная прочность углепластика  $R_{fu} = 1033 \text{ МПа}$ .

Определим числовые характеристики прочности углепластика. Примем ориентировочно коэффициент вариации  $V_{fu} = 8\% = 0,08$  и ту же обеспеченность расчетной прочности 95% (на расстоянии 1,64 стандарта от математического ожидания).

$$R_{fu} = \bar{R}_{fu} - 1,64 \cdot 0,08 \cdot \bar{R}_{fu} = 0,869 \bar{R}_{fu},$$

$$\bar{R}_{fu} = \frac{R_{fu}}{0,869} = 1,151 R_{fu} = 1,151 \cdot 1033 = 1188,7 \text{ МПа} = 118,9 \text{ кН/см}^2,$$

$$\hat{R}_{fu} = 0,08 \cdot 1188,7 = 95,1 \text{ МПа} = 9,51 \text{ кН/см}^2.$$

По формуле (12) вычисляем математическое ожидание предельного момента:

$$\begin{aligned} \bar{M}_{ult} &= 118,9 \cdot 0,525 \cdot 80 + 42,0 \cdot 29,45 \cdot 73 - \frac{0,5}{1,86 \cdot 30} (118,9 \cdot 0,525 + 42,0 \cdot 29,45)^2 = \\ &= 4993,8 + 90293,7 - 15127,70 = 80160 \text{ кН} \cdot \text{см} = 801,6 \text{ кН} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

По формулам (13), (14) и (15) определяем коэффициенты для вычисления стандарта предельного момента:

$$D_{fu} = \frac{0,525}{1,86 \cdot 30} (1,86 \cdot 80 \cdot 30 - 118,9 \cdot 0,525 - 42 \cdot 29,45) = 29,78 \text{ см}^3,$$

$$D_s = \frac{29,45}{1,86 \cdot 30} (1,86 \cdot 73 \cdot 30 - 118,9 \cdot 0,525 - 42 \cdot 29,45) = 1464,1 \text{ см}^3,$$

$$D_b = \frac{0,5}{1,86^2 \cdot 30} (118,9 \cdot 0,525 + 42 \cdot 29,45)^2 = 8132,8 \text{ см}^3.$$

По формуле (16) определяем стандарт предельного момента:

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(29,78 \cdot 9,51)^2 + (1464,1 \cdot 1,83)^2 + (8132,8 \cdot 0,25)^2} = 3375,3 \text{ кН} \cdot \text{см} = 33,75 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

По отношению к расчетному значению внешнего изгибающего момента в балке вычисляем характеристику безопасности:

$$\beta = \frac{801,6 - 650}{33,75} = 4,49.$$

Вероятность отказа балки:

$$Q(\beta) = 3,4 \cdot 10^{-6}.$$

Таким образом, усиление балки углепластиковым армированием существенно (на два порядка) повысило надежность балки.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана вероятностная модель для оценки надежности, усиленных системой внешнего армирования (СВА) углепластиком.

2. Полученная модель апробирована на тестовых примерах для оценки надежности балочных железобетонных конструкций, усиленных углепластиковым внешним армированием, которая показала существенное повышение надежности усиленных СВА конструкций по сравнению с их вариантом без усиления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 2001.

2. *Kolchunov V., Osovskih E., Afonin P.* On strength reserve assessment for prismatic folded plate roof structures. *Applied Mechanics and Materials.* – Vol.725-726, 2014. P. 922...927.

3. *Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Gubanova M.* Criterion of crack resistance of corrosion damaged concrete in plane stress state // *Procedia Engineering.* – V. 177. Issue 1, 2015. P. 179...185.

4. *Пичугин С.Ф.* Надежность стальных конструкций производственных зданий. – М.: Изд-во АСВ, 2011.

5. *Ржаницын А.Р.* Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978.

6. СНиП 52-101–2003. Бетонные и железобетонные конструкции. – М., 2011.

7. *Тамразян А.Г., Орлова М.А.* К остаточной несущей способности железобетонных балок с трещинами // *Жилищное строительство.* – 2015, № 6. С. 32...34.

8. *Тамразян А.Г., Звонов Ю.Н.* К оценке надежности изгибаемых железобетонных плит при огневых воздействиях // *Научное обозрение.* – 2015. № 14. С. 130...133.

9. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions // *Applied Mechanics and Materials.* – V. 638-640, 2014. P. 62...65.

## REFERENCES

1. *Ventcel' E.S.* Teorija verojatnostej. – M.: Vysshaja shkola, 2001.

2. *Kolchunov V., Osovskih E., Afonin P.* On strength reserve assessment for prismatic folded plate roof structures. *Applied Mechanics and Materials.* – Vol. 725-726, 2014. P.922...927.

3. *Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Gubanova M.* Criterion of crack resistance of corrosion damaged concrete in plane stress state // *Procedia Engineering.* – V. 177. Issue 1, 2015. P. 179...185.

4. *Pichugin S.F.* Nadezhnost' stal'nyh konstrukcij proizvodstvennyh zdaniy. – M.: Izd-vo ASV, 2011.

5. *Rzhanicyn A.R.* Teorija rascheta stroitel'nyh konstrukcij na nadezhnost'. – M.: Strojizdat, 1978.

6. СНиП 52-101–2003. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. – M., 2011.

7. *Tamrazjan A.G., Orlova M.A.* K ostatochnoj nesushhej sposobnosti zhelezobetonnyh balok s treshhinami // *Zhilishhnoe stroitel'stvo.* – 2015, № 6. S.32...34.

8. *Tamrazjan A.G., Zvonov Ju.N.* K ocnke nadezhnosti izgibaemyh zhelezobetonnyh plit pri ognevyyh vozdejstvijah // *Nauchnoe obozrenie.* – 2015. № 14. S.130...133.

9. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions // *Applied Mechanics and Materials.* – V. 638-640, 2014. P. 62...65.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций НИ МГСУ. Поступила 10.10.16.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ШВЕЙНОЙ ИГЛЫ**

**THE MATHEMATICAL MODELING  
OF HEAT EXCHANGE PROCESS OF THE SEWING NEEDLE**

*С.А. ЕГОРОВ, Н.Е. ЕГОРОВА, Е.С. ЕГОРОВА, А.А. МУХИН*  
*S.A. EGOROV, N.E. EGOROVA, E.S. EGOROVA, A.A. MUKHIN*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: esa21-02@mail.ru; ne\_egorova@mail.ru

*Проведено математическое моделирование теплообмена швейной иглы в процессе шитья. Решение проведено численными методами в пакете Comsol Multiphysics. Определена температура острия иглы в зависимости от времени работы. На расстоянии 5 мм и далее температура остается постоянной за все время работы. Это свидетельствует о значительном теплоотводе в лезвие и окружающее пространство.*

*Mathematical modeling of heat exchange of a sewing needle in the course of sewing is carried out. The decision is passed by numerical methods in a Comsol Multiphysics package. At a distance of 5 mm and then the temperature remains constant for all time of work. This represents a significant heat sink in the blade and the surrounding area.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, задача Коши, численные методы, пакет Comsol Multiphysics.

**Keywords:** mathematical modeling, Cauchy problem, numerical methods, package Comsol Multiphysics.

Процесс шитья на промышленных швейных машинах сопровождается интенсивным тепловыделением и нагревом иглы вследствие возникновения трения между иглой и прокалываемым материалом. Нагрев иглы особенно опасен при шитье синтетических материалов. Эти ткани, изготовленные из полиамидных и полиэфирных волокон, при контакте с нагретой иглой расслаиваются и оседают на нитке и стержне иглы. При останове шитья частицы химических волокон затвердевают и увеличивают силу трения между материалом и иглой, а также между ушком и ниткой. Это приводит к повышению обрыва нити и частым остановам, что вызывает снижение производительности труда на предприятиях легкой промышленности.

Температура нагрева иглы зависит от скорости шитья, продолжительности контакта иглы с сшиваемым материалом, структуры материала, конструкции иглы, наличия поверхностных покрытий.

Существуют несколько методов снижения нагрева иглы [1...4]. Это снижение скорости шитья, обдув зоны шитья воздухом, нанесение функциональных покрытий, снижающих трение, смазывание нити, охлаждение за счет эффекта Пельтье.

Температура иглы может быть определена экспериментально [5] или рассчитана теоретически. Математическое моделирование физических процессов, протекающих при выполнении технологического процесса в легкой промышленности, позволяет прогнозировать состояние рабочих органов.

Это дает возможность расчетным путем определить физические и технические параметры функционирования сложных систем и предложить оптимальные режимы эксплуатации, снизить износ, повысить производительность работы оборудования [6...8].

Цель работы: предложить математическую модель процесса теплообмена при шитье и рассчитать температуру нагрева иглы.

Работа, затрачиваемая силой трения при прокалывании материала, пропорциональна пути движения:

$$dA = Fdx, \quad (1)$$

где  $F$  – сила трения. Сила трения иглы о сшиваемый материал – величина непостоянная и меняется в зависимости от многих факторов. Например, плотность материала, наличие смазочной среды, фаза рабочего цикла, угол заострения, толщина иглы. Поэтому силу трения представим в виде функции:

$$F = F(x, \xi), \quad (2)$$

где  $x$  – координата фазы рабочего цикла,  $\xi$  – случайный фактор.

Сила сопротивления прокалыванию определена экспериментально на швейной машине, оснащенной тензодатчиком, и представлена на рис. 1 (зависимость силы сопротивления прокалывания от положения иглы в процессе шитья (прямострочная машина 97 кл., сшиваемый материал – ткань камвольная, игла – №100)), на котором наблюдаются три участка. Первый участок с максимальным ростом силы сопротивления соответствует движению острия иглы. Острие раздвигает нити сшиваемого материала на длине 4...4,5 мм. Затем проходит в получившееся отверстие лезвие иглы с нитью (второй пик на рис. 1). Третий участок прямолинейный, соответствует ходу лезвия через сшиваемый материал в прямом и обратном направлении.

Источник тепла движется вдоль тела иглы, нагревая ее в процессе шитья. Наибольшее воздействие источник оказывает там, где работа силы трения максимальна.

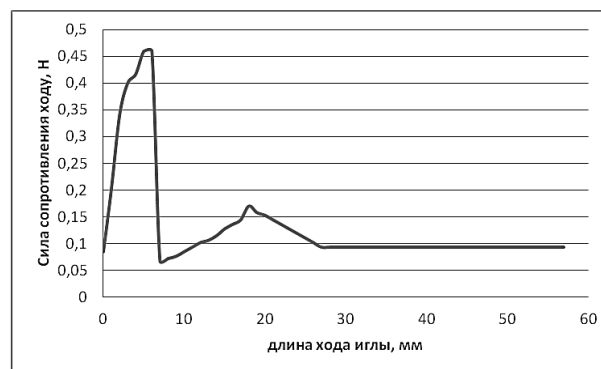


Рис. 1

Как показали исследования, максимальное значение силы трения наблюдается при проколе сшиваемого материала, следовательно, наибольшее воздействие наблюдается на острие иглы.

Сила прокалывания меняется от 0,2 до 10 Н по данным [9], в зависимости от плотности материала и состояния иглы, коэффициент трения иглы может принимать значения от 0,02 до 0,8.

Таким образом, имеется мощный точечный нагрев на острие иглы и равномерно рассеянный нагрев вдоль стержня иглы.

Время действия источника тепла пропорционально длительности кинематического цикла:

$$\tau = \frac{60}{n}, \quad (3)$$

где  $n$  – число оборотов главного вала в  $\text{мин}^{-1}$ . Из равенства (3) можно найти количество актов взаимодействия игла-ткань за единицу времени.

Работа (1) трансформируется в теплоту и расходуется на нагрев иглы, окружающего воздуха, сшиваемого материала и швейной нити:

$$dA = d(Q_{\text{и}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{н}}), \quad (4)$$

где  $Q_{\text{и}}$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев иглы;  $Q_{\text{в}}$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев окружающего воздуха;  $Q_{\text{м}}$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев материала;  $Q_{\text{н}}$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев нити.

Так как теплопроводность этих объектов отличается значительно и наибольшая

теплопроводность наблюдается у иглы, то основная часть всего тепла отводится в иглу:

$$\frac{\partial Q_{\text{и}}}{\partial \tau} = -mcdt, \quad (5)$$

где  $m$  – масса иглы;  $c$  – теплоемкость стали;  $dt$  – изменение температуры.

Воздух нагревается в результате теплообмена и излучения с поверхности иглы:

$$\frac{\partial Q_{\text{в}}}{\partial \tau} = \frac{\partial(q_{\text{конвекции}}(t))}{\partial t} + \frac{\partial(q_{\text{излучения}}(t))}{\partial t}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = a_x^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + a_y^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} + a_z^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial z^2} + \frac{\partial A(x)}{\partial t} + \frac{\partial^2 Q_{\text{окр}}}{\partial t^2}, \quad (9)$$

где  $a_x, a_y, a_z$  – коэффициенты теплопередачи;  $A(x)$  – источник тепла;  $Q_{\text{окр}}$  – тепло, отводимое от иглы.

Решение ищем численными методами, используя пакет Comsol Multiphysics.

Для решения используем модель иглы. Учтем ее симметричность относительно продольной оси и рассмотрим половину продольного сечения иглы. Разбиваем сечение на 398000 элементов с учетом пристеночной области. Задаем начальную температуру в элементах и тепловые потоки.

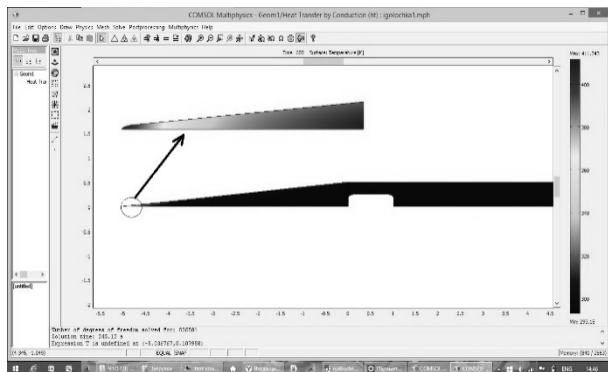


Рис. 2

Результаты численного моделирования представлены на рис. 2 (результаты моделирования теплообмена при работе иглы в пакете Comsol Multiphysics) и на рис. 3 (зависимость температуры нагрева острия иглы от времени работы: представлены данные для 0; 0,5; 1 и 5 мм от конца иглы).

$$q_{\text{конвекции}} = Sa(t_{\text{и}} - t_{\text{в}}), \quad (7)$$

$$q_{\text{излучения}} = Sc_1((t_{\text{и}})^4 - (t_{\text{в}})^4), \quad (8)$$

где  $S$  – площадь поверхности иглы;  $a$  – коэффициент теплоотдачи;  $t_{\text{и}}$  – температура иглы;  $t_{\text{в}}$  – температура воздуха;  $c_1$  – коэффициент теплоотдачи излучением.

Уравнение теплового баланса для описываемого процесса нагрева иглы в результате шитья:

Задача Коши для рассматриваемой модели формулируется в виде:

$$\lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = q + \alpha(T)(T_f - T), \quad (10)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности стали;  $\alpha(T)$  – коэффициент теплоотдачи;  $T$  – температура иглы;  $T_f$  – температура окружающего воздуха;  $q$  – тепловой поток.

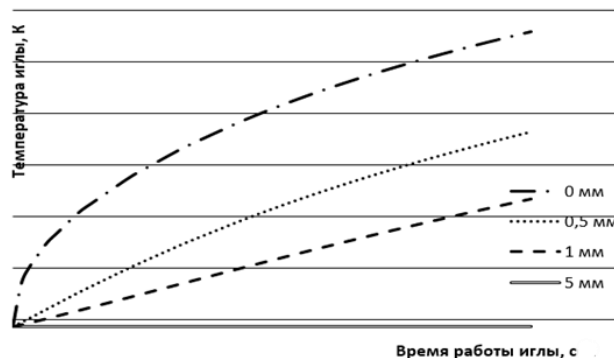


Рис. 3

Графически представлено изменение температуры нагрева острия иглы в градусах Кельвина от времени работы иглы при шитье камвольной ткани. Самый значительный нагрев наблюдается в начале острия (0 мм от края). За 10 мин непрерывной работы иглы происходит нагрев острия

до 570 К. На расстоянии 1 мм от края температура нагрева не превышает 415 К, а на расстоянии 5 мм, где острое заканчивается, температура остается постоянной и равна температуре окружающего воздуха, что свидетельствует о значительном теплоотводе в лезвие и окружающее пространство.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, предлагаемая математическая модель процесса теплообмена, протекающего в швейной игле, позволяет рассчитывать температуру нагрева любой точки иглы. Это позволяет расчетным путем определять особенности функционирования и предлагать режимы работы, изменять конструкцию иглы, производить расчет работы иглы с антифрикционными покрытиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 4305339 США, D05B 71/00. Сборка вихревой трубы для охлаждения иглы швейной машины/ Р. Лесли. - Заявл. 28.09.79; опубл. 15.12.81.
2. Авторское свидетельство 1701767 СССР, D05B 71/04. Приспособление для охлаждения иглы швейной машины/ А.Г. Свиридов, С.Н. Шипин, Е.А. Санталова, В.В. Уточкина. - Заявл. 09.11.89; опубл. 30.12.91, Бюл. № 48. - 3 с.
3. Авторское свидетельство 250656 СССР, МКЛ2 Д 05 В 85/12. Способ снижения температуры нагрева игл на швейных машинах/ И.К. Гапошин, С.К. Яценко, Э.В. Муравьев. - Заявл. 28.04.66; опубл. 25.05.76, Бюл. № 19. - 1с.
4. Патент на полезную модель 93809 РФ, U1 МПК D05B 85/12. Игла для швейной машины./ С.А. Егоров, И.А. Свиридов, М.А. Шакуров. - Заявл. 30.12.2009; опубл. 10.05.2010, Бюл.№ 13. - 2 с.
5. Моисеев С.С., Жмакин Л.И., Козырев И.В. Измерение стационарных тепловых потоков при помощи тонкопленочных висмуттеллурических датчиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2010, №3. С. 109...111.
6. Голубков Д.В., Гусев В.А. Моделирование свойств текстильных материалов в ППП ANSYS // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2010, №1. С. 116...120.
7. Егорова Н.Е., Сидоров С.Г., Ясинский Ф.Н. Математическая модель гашения турбулентности

при помощи вязкоупругих пленок // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2003, №3. С. 112...115.

8. Энтин В.Я., Кикин А.Б. Численное моделирование процесса наматывания нити на бобину с целью ее вытягивания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2014, №2. С. 137...141.

9. Гарбарук В.Н. Прокалывание текстильных материалов иглой // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1975, № 5. С. 84...90.

## REFERENCES

1. Patent 4305339 SShA, D05B 71/00. Sborka vihrevoj trubj dlja ohlazhdenija igly shvejnoj mashiny/ R. Lesli. - Zajavl. 28.09.79; opubl. 15.12.81.
2. Avtorskoe svidetel'stvo 1701767 SSSR, D05B 71/04. Prispособenie dlja ohlazhdenija igly shvejnoj mashiny/ A.G. Sviridov, S.N. Shipin, E.A. Santalova, V.V. Utochkina. - Zajavl. 09.11.89; opubl. 30.12.91, Bjul. № 48. - 3 s.
3. Avtorskoe svidetel'stvo 250656 SSSR, MKL2 D 05 V 85/12. Sposob snizhenija temperatury nagreva igl na shvejnyh mashinah/ I.K. Gaposhin, S.K. Jashhenko, Je.V. Murav'ev. - Zajavl. 28.04.66; opubl. 25.05.76, Bjul. № 19. - 1s.
4. Patent na poleznuju model' 93809 RF, U1 MPK D05B 85/12. Igla dlja shvejnoj mashiny./ S.A. Egorov, I.A. Sviridov, M.A. Shakurov. - Zajavl. 30.12.2009; opubl. 10.05.2010, Bjul.№ 13. - 2 s.
5. Moiseev S.S., Zhmakin L.I., Kozyrev I.V. Izmerenie stacionarnyh teplovyh potokov pri pomoshhi tonkoplenochnyh vismuttellurovyh datchikov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. - 2010, №3. S. 109...111.
6. Golubkov D.V., Gusev V.A. Modelirovanie svojstv tekstil'nyh materialov v PPP ANSYS // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. - 2010, №1. S. 116...120.
7. Egorova N.E., Sidorov S.G., Jasinskij F.N. Matematicheskaja model' gashenija turbulentsnosti pri pomoshhi vjazkouprugih plenok // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. - 2003, №3. S.112...115.
8. Jentin V.Ja., Kikin A.B. Chislennoe modelirovanie processa namatyvanija niti na bobinu s cel'ju ee vytjagivanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. - 2014, №2. S. 137...141.
9. Garbaruk V.N. Prokalyvanie tekstil'nyh materialov igloj // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. - 1975, № 5. S. 84...90.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 06.04.16.

## ЭФФЕКТИВНОЕ ЭНЕРГО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

### EFFECTIVE POWER AND HEAT SUPPLY AUTONOMOUS TEXTILE INDUSTRIES

*Р.М. АЛОЯН, А.Б. ПЕТРУХИН, Н.В. ВИНОГРАДОВА, В.Н. ФЕДОСЕЕВ*  
*R.M. ALOYAN, A.B. PETRUKHIN, N.V. VINOGRADOVA, V.N. FEDOSEEV*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: a.petruhin@mail.ru

*В статье рассматривается комплексный подход к обеспечению теплового режима объектов автономных текстильных производств, который одновременно способствует повышению качества микроклимата помещений при минимальных энергетических затратах. Предлагается использование "рекуператора тепла" в комплексе с воздушным тепловым насосом, разработанным в Ивановском государственном политехническом университете.*

*This article discusses an integrated approach to the thermal control objects Autonomous textile industries, which contribute to improving the quality of indoor air at minimal energy costs. It is proposed the use of "heat recovery" in conjunction with an air heat pump, developed in Ivanovo State Polytechnic University.*

**Ключевые слова:** система, теплообмен, энергоэффективность, микроклимат, энергосбережение, технологии, теплогенерация, тепловые насосы.

**Keywords:** system, heat exchange, energy efficiency, microclimate, energy saving, technology, thermal generation, heat pumps.

Современные малоэтажные строения, особенно функционирующие в режиме автономного производства (текстильное, швейное и т.д.), нуждаются в повышении их энерго- и тепловой эффективности. Исследователями и проектировщиками недостаточно изучены особенности формирования их теплового режима, не в полной мере используются достижения и возможности нетрадиционной энергетики, особенно разностные движения потоков теплоты и массы в автономных строениях с применением микрокомпьютерной управляемой техники [1], [3], [4], [6], [8].

Проблема энергоэффективного потребления, которая уже была определяющим показателем, сегодня уступает место комплексному изучению энергосберегающих решений, одновременно способствующих

повышению качества микроклимата помещений производственного и непромышленного назначения с учетом экологии региона.

Качество микроклимата в помещениях различного назначения уверенно выходит на первый план по сравнению с энергосбережением [5], [7]. Наиболее востребованы следующие направления энергетически эффективных и экологоприемлемых технологий, реально существующие в наших условиях:

- энергоэффективное отопление строений (учитывается весь комплекс энергопотерь);
- пассивное энергоотопление строений (нетрадиционная энергетика);
- "умное" строение (компьютерные технологии, оптимизация потоков тепла и массы в помещениях и конструкциях).

К энергоэффективному отоплению строений можно отнести строения с низким энергопотреблением, сверхизоляция ограждающих конструкций, герметичные окна, утепленные двери – все, что работает на минимум энергопотерь.

При пассивном энергоотоплении строений используются нетрадиционные, возобновляемые источники энергии (грунт, воздух, солнечная энергия, вода и т.д.). Потребление энергии от возобновляемых источников существенно ниже и экономичней традиционных источников.

Таким образом, энергоэффективное отопление строений – это такое отопление, которое достигается за счет инновационных решений, современных технических идей и является приемлемым с экономической точки зрения.

Создавая теплогенерацию для малоэтажных строений на современном этапе, учитывая при этом природную среду, мы получаем возможность создания более высоких комфортных условий жизнеобеспечения и климатизации строений, особенно для текстильных и швейных малых производств. На наш взгляд, есть две причины, стимулирующие развитие малоэтажных производств, создавая современную теплогенерацию и микроклимат:

1) это потребительские качества строения, создающие комфортный климат в помещении для работы, учитывая конкурентные отношения других предприятий;

2) минимизация условий, создающих вред окружающей среде.

В погоне за экономией средств на отопление и воздухообмен в помещениях и малоэтажном производстве вкладывается масса средств в утепление и герметизацию, и не учитывается то, что из-за недостатка кислорода и наличия повышенной влажности трудно длительное время находиться в таком помещении. При решении этой проблемы необходимо, по-видимому, обеспечивать вентиляцию помещений. Наилучшим вариантом является устройство энергосберегающей вентиляции, так как естественная вентиляция, через окна и двери, приводит к расходу тепла и не создает соответствующих условий для качественного воздухообмена в жилых и производственных помещениях, которые трудно переоценить. Качество воздуха – это здоровье и самочувствие человека. По нормам на каждого человека в каждый час должно приходиться не менее  $30 \text{ м}^3$  свежего воздуха.

Решить задачу обеспечения помещения соответствующей нормам вентиляцией, не допуская при этом холодный воздух в него, можно с помощью рекуператора тепла. Это вентиляционное устройство, в котором осуществляется обмен тепла между воздухом помещения и уличным воздухом. Воздух помещения отдает свое тепло уличному, в итоге свежий воздух попадает в помещение уже нагретым.

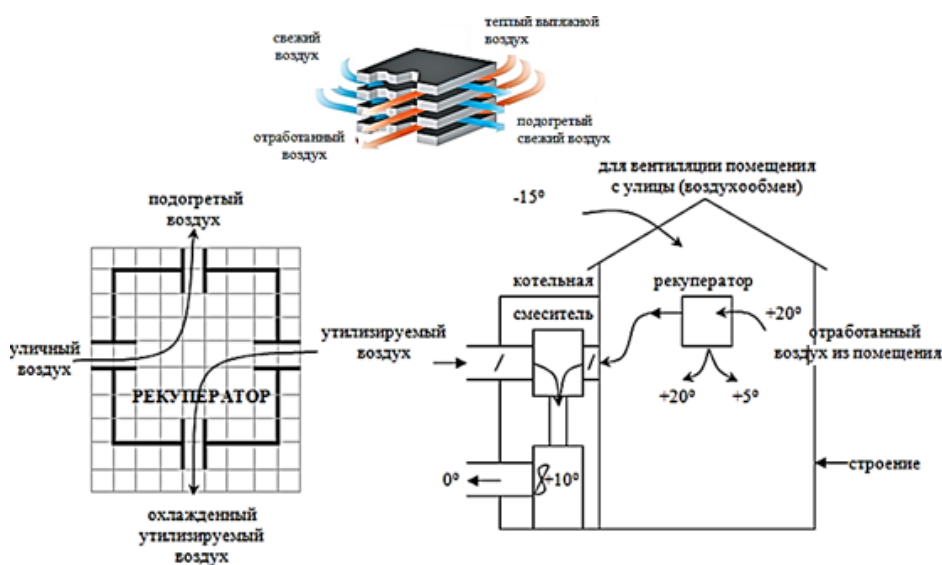


Рис. 1



Как пример считаем достаточно эффективным использование рекуператора тепла в комплексе с воздушным тепловым насосом, разработанным в Ивановском государственном политехническом университете (рис. 1) [2], [9]. В этом случае установка рекуператора тепла решает проблемы воздухообмена и микроклимата в условиях совместной работы с воздушным тепловым насосом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Функциональное моделирование как организационный инструмент проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 2. С. 2...5.
2. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 15...18.
3. Алоян Р.М., Татиевский П.Б., Федосеев В.Н. Практика использования информационно - аналитических технологий (ИАТ) для принятия управленческих решений в режиме "Интеграл". – 2013, №1-2. С. 56...58.
4. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий // Изв. вузов. Экономика, финансы и управление производством. – 2011, № 03(09). С. 92...95.
5. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Классификация синтетических геоматериалов и их применение в современном строительстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С. 14...19.
6. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 3. С. 46...48.
7. Петрухин А.Б., Матрохин А.Ю., Карева Т.Ю., Гусев Б.Н. Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С. 30...35.
8. Алоян Р.М., Татиевский П.Б., Федосеев В.Н., Зайцева И.А. Оценка степени риска инве-

стиционных проектов по развитию технопарка Ивановского региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 5...10.

9. Филатов С.А., Дильман М.Д., Ионов М.С. Эффективность использования топливных насосов для теплоснабжения малоэтажной застройки // Тепловая энергетика. – 2011, № 11. С. 12...19.

#### REFERENCES

1. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Oparina L.A., Stavrova M.V. Funkcional'noe modelirovanie kak organizacionnyj instrument proektirovanija, stroitel'stva i jekspluatacii energojeffektivnyh zdaniij // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 2. S. 2...5.
2. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Opyt prakticheskoj realizacii ukrepljenja svjazej nauki IVGPU s proizvodstvom v uslovijah razvitija infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S.15...18.
3. Alojjan R.M., Tatievskij P.B., Fedoseev V.N. Praktika ispol'zovanija informacionno - analiticheskikh tehnologij (IAT) dlja prinjatija upravlencheskich reshenij v rezhime "Integral". – 2013, №1-2. S. 56...58.
4. Petruhin A.B., Oparina L.A. Formirovanie integral'nogo pokazatelja jenergeticheskoj jeffektivnosti zdaniij // Izv. vuzov. Jekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. – 2011, № 03(09). S. 92...95.
5. Petruhin A.B., Oparina L.A. Klassifikacija sinteticheskikh geomaterialov i ih primenenie v sovremenom stroitel'stve // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 14...19.
6. Petruhin A.B., Alojjan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Integral'nyj pokazatel' jenergojeffektivnosti kak osnova organizacionnogo mehanizma stroitel'stva i jekspluatacii jenergojeffektivnyh zdaniij // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 3. S. 46...48.
7. Petruhin A.B., Matrohin A.Ju., Kareva T.Ju., Gusev B.N. Strategija nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespečenija vypuska tkanej i izdelij iz natural'nyh i sinteticheskikh volokon // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S.30...35.
8. Alojjan R.M., Tatievskij P.B., Fedoseev V.N., Zajceva I.A. Ocenka stepeni riska investicionnyh proektov po razvitiju tehnoparka Ivanovskogo regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 5...10.
9. Filatov S.A., Dil'man M.D., Ionov M.S. Jefferktivnost' ispol'zovanija toplivnyh nasosov dlja teplosnabzhenija malojetazhnoj zastrojki // Teplovaja jenergetika. – 2011, № 11. S. 12...19.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 06.04.16.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ РЕБРИСТЫХ ПЛАСТИН  
С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПЕРВОЙ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ  
ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВЫСОТОЙ И ШИРИНОЙ  
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ РЕБЕР**

**OPTIMIZATION OF RECTANGULAR RIBBED PLATES  
WITH THE CONSTRAINT OF THE FIRST NATURAL FREQUENCY  
IN THE MANAGEMENT OF THE HEIGHT AND WIDTH  
OF CROSS-SECTION OF THE RIBS**

*Р.П. МОЙСЕЕНКО, О.О. КОНДРАТЕНКО*  
*R.P. MOISEENKO, O.O. KONDRATENKO*

(Томский государственный архитектурно-строительный университет)  
(Tomsk State University of Architecture and Construction)  
E-mail: GALIA2007@sibmail.com.

*Представлен алгоритм оптимизации прямоугольных ребристых пластин при заданной первой частоте собственных колебаний. В качестве параметров управления приняты ширина и высота прямоугольного поперечного сечения ребер. Сформулировано новое свойство оптимальности при варьировании высотой и шириной поперечного сечения ребер. На основе свойства оптимальности составлен итерационный алгоритм, имеющий достаточно устойчивую сходимость. Примеры показывают, что может быть получена существенная экономия материала.*

*The algorithm optimization of the rectangular ribbed plates with limitation of the first frequency vibration is presented. As parameters of management a width and height of rectangular cross-sectional of ribs are accepted. New property of optimality is set forth at varying in high and breadthways cross-sectional of ribs. On the basis of property of optimality an iteration algorithm is made, having steady enough convergence. Examples show that can be got substantial economy of material.*

**Ключевые слова:** пластина, ребро, частота собственных колебаний, свойство оптимальности.

**Keywords:** plate, rib, frequency of eigentones, property of optimality.

Поставленная задача имеет теоретическое и практическое значение при проектировании цехов текстильных предприятий со станками, передающими на плиты перекрытия динамическую нагрузку. В литературе представлены работы по оптимизации ребристых пластин при управлении только высотой поперечного сечения  $h_p$  или его шириной  $b_p$  [1], [2]. Впервые ставится задача одновременного варьирования геометрическими параметрами  $h_p$  и  $b_p$  ребер ( $k$  – число ребер).

*Постановка задачи.* Рассматривается прямоугольная тонкая пластина постоянной заданной толщины  $h$  с шарнирными опорами. Пластина подкрепляется односторонними ребрами прямоугольного поперечного сечения, как показано на рис. 1 (расчетная схема ребристой пластины).

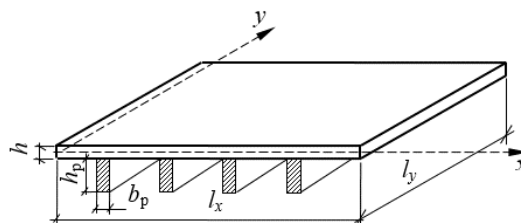


Рис. 1

Материал – упругий, однородный, изотропный. Относительная ширина сечения ребер  $V = b_p / l_x$ . Относительная высота поперечного сечения ребер  $H = h_p / h$ . Минимизация веса ребер проводится при ограничении первой частоты собственных колебаний пластины:

$$\omega_1 = \bar{\omega}. \quad (1)$$

Значение  $\bar{\omega}$  задается из спектра частот собственных колебаний пластины без ребер. Практически условие (1) реализуется с помощью уравнения частот собственных колебаний [3]:

$$D^* = 0, \quad (2)$$

где  $D^*$  – определитель линейных алгебраических уравнений, получаемых энергетическим методом при аппроксимации прогибов  $w$  рядом [4]:

$$w = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} \sin\left(\frac{i\pi x}{l_x}\right) \sin\left(\frac{j\pi y}{l_y}\right). \quad (3)$$

Ряд (3) удовлетворяет граничным условиям на шарнирных опорах. Первый номер частоты собственных колебаний контролируется при решении уравнения (2) использованием наибольшего корня. Общий метод решения поставленной задачи оптимизации основан на применении особых свойств оптимальных конструкций [5]. Это свойство формулируется с помощью метода Лагранжа [6].

*Решение задачи.* Функция цели – это минимум веса ребер:

$$F = \sum_{i=1}^k V_i H_i - \min. \quad (4)$$

Функция Лагранжа в соответствии с ограничением (2) записывается в виде [6]:

$$L = \sum_i V_i H_i - \lambda D^*. \quad (5)$$

Минимум функции  $L$  (5) достигается при условиях:

$$\frac{\partial L}{\partial V_i} = H_i - \lambda \frac{\partial D^*}{\partial V_i} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial H_i} = V_i - \lambda \frac{\partial D^*}{\partial H_i} = 0. \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7) получается условие:

$$\frac{\partial^2 D^*}{\partial V_i \partial H_i} = \frac{1}{\lambda} = \text{const}. \quad (8)$$

Таким образом, получено условие оптимальности (8) ребристой пластины при варьировании высотой и шириной поперечных сечений ребер. Алгоритм использования условия оптимальности (8) аналогичен алгоритмам, представленным в статьях [1], [2]. Для организации вычислительного процесса параметры  $H_i$  и  $V_i$  выражаются по формулам:

$$H_i = c_i H, \quad (9)$$

$$V_i = d_i V. \quad (10)$$

1. В первом приближении задаются числа  $c_i = 1$ ,  $d_i = 1$  и значение параметра  $V = V_0$ .

2. Условие (2) записывается в развернутом виде:

$$\left| U_0 + V H^3 \sum_{i=1}^k d_i c_i^3 U_i - \bar{\lambda} \left( T_0 + V H \sum_{i=1}^k c_i d_i T_i \right) \right| = 0, \quad (11)$$

где  $\bar{\lambda} = \rho h l_x^2 \bar{\omega}^2 / D$ ;  $U_i$  – матрица потенциальной энергии деформации  $i$ -го ребра;  $T_i$  – матрица кинетической энергии  $i$ -го ребра;  $U_0$  – матрица потенциальной энергии деформации пластины без ребер;  $T_0$  – матрица кинетической энергии пластины без ребер;  $D$  – цилиндрическая жесткость пластины.

Из уравнения (11) определяется наибольший корень  $N$ .

3. При известных значениях  $B$  и  $N$  вычисляются производные (8):

$$\frac{\partial^2 D^*}{\partial V_i \partial H_i} = D_{BH}^{(i)}.$$

Вторая производная от  $D^*$  вычисляется по специально составленной программе, основанной на использовании формулы дифференцирования определителей [7].

4. Вычисляется среднее значение вторых производных (8):

$$D_{BH} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k D_{BH}^{(i)}.$$

5. Вычисляются новые значения коэффициентов  $c_i$  и  $d_i$  по формулам:

$$c_i^{(t+1)} = c_i^t + \alpha \frac{D_{BH}^{(i)} - D_{BH}}{D_{BH}}, \quad (12)$$

$$d_i^{(t+1)} = d_i^t + \beta \frac{D_{BH}^{(i)} - D_{BH}}{D_{BH}}, \quad (13)$$

где  $t$  – номер итерации;  $\alpha < 1$  – коэффициент для вычисления высоты поперечного сечения ребра [8];  $\beta < 1$  – коэффициент для вычисления ширины поперечного сечения ребра.

6. При известных значениях  $c_i$ ,  $d_i$  и  $N$  из уравнения (11) определяется  $B$ .

7. Возврат к пункту 3.

*Пример 1.* Рассматривается пластина с четырьмя ребрами, как показано на рис. 2 (расчетная схема ребристой пластины на примере 1).

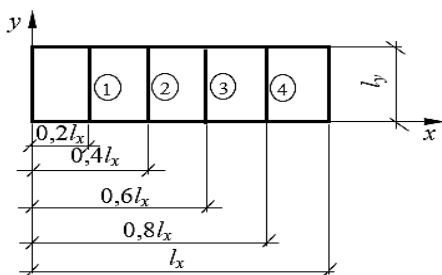


Рис. 2

Расчеты проведены при  $m = 7$ ,  $n = 5$  по выражению (3),  $\alpha = 0,005$ ,  $\beta = 0,001$ . Спектр собственных значений пластины без ребер:  $\lambda_1^0 = 100$ ,  $\lambda_2^0 = 169$ ,  $\lambda_3^0 = 324$ ,  $\lambda_4^0 = 625$ ,  $\lambda_5^0 = 1156$ .

Ограничение (1) принято в виде  $\lambda_1 = \bar{\lambda} = 1000$ .

*Последовательность выполнения алгоритма*

1.  $c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = 1$ ;  $d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = 1$ ;  $B_0 = 0,03$ .

2. При составлении выражения (11) использованы известные формулы, по которым определяются матрицы  $U_0, T_0, U_i, T_i$  [9]. Уравнение (11) решается численным методом с определением максимального корня.

3. При заданных по пункту 1 параметрах имеем  $N = 3,145975$ . Проведено 10 итераций. Получены следующие результаты:  $c_1 = c_4 = 1,002668$ ;  $c_2 = c_3 = 0,997332$ ;  $d_1 = d_4 = 1,000533$ ;  $d_2 = d_3 = 0,999466$ ;  $D_{BH}^{(1)} = D_{BH}^{(2)} = D_{BH}^{(3)} = D_{BH}^{(4)} = 4,4684$ .  $B = 0,02992$ ;  $N = 3,145975$ . Функция цели (4) по первому приближению:  $F(1) = 0,377517$ . Функция цели (4) после 10 итераций:  $F(10) = 0,3765$ . Сравнение значений функции цели показывает, что при малом количестве ребер начальное приближение является оптимальным.

*Пример 2.* Рассматривается пластина, показанная на рис. 3 (расчетная схема ребристой пластины на примере 2).

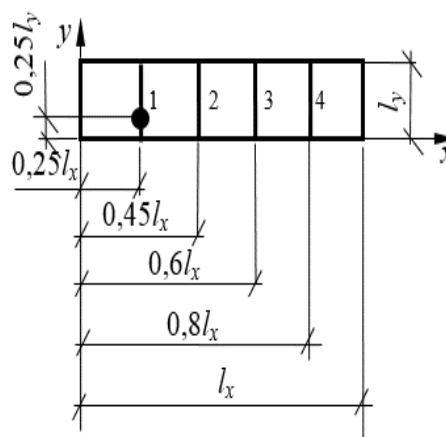


Рис. 3

Коэффициенты равны:  $m = 7$ ,  $n = 5$ ,  $\alpha = 0,005$ ,  $\beta = 0,001$ . Сосредоточенная масса равна половине массы пластины без ребер. Спектр собственных значений пластины без ребер:  $\lambda_1^0 = 41,637$ ,  $\lambda_2^0 = 122,73$ ,  $\lambda_3^0 = 277,465$ ,  $\lambda_4^0 = 548,428$ ,  $\lambda_5^0 = 625$ . Огра-

ничение (1) принято в виде  $\lambda_1 = \bar{\lambda} = 600$ . Проведено 150 итераций. Результаты расчета представлены в табл. 1, 2 (табл. 1 – параметры оптимальной ребристой пластины; табл. 2 – вторые смешанные производные от определителя).

Т а б л и ц а 1

$B_0$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$B$	$H$
0,03	1,409126	0,809522	0,9136	0,86775	0,009448	3,897725
0,04	1,401738	0,81342	0,9147	0,87013	0,012637	3,573775
0,05	1,3946	0,8205	0,9088	0,876	0,015853	3,345125
$B_0$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$F(1)$	$F(150)$
0,03	1,081825	0,962	0,98272	0,97355	0,47	0,15
0,04	1,080347	0,96268	0,98294	0,974	0,5718	0,1826
0,05	1,08	0,9641	0,9817	0,9752	0,669	0,214

Т а б л и ц а 2

$B$	$D_{BH}^{(1)}$	$D_{BH}^{(2)}$	$D_{BH}^{(3)}$	$D_{BH}^{(4)}$
0,03	1,1786	1,171	1,1914	1,17
0,04	1,5666	1,5575	1,5817	1,5571
0,05	2,23	2,16	2,33	2,16

Сравнение значений  $F(1)$  и  $F(150)$  показывает, что экономия материала составляет 68%. Большой процент экономии объясняется тем, что в примере 2 специально рассматривается пластина с асимметричной формой поперечных колебаний. В этом случае оптимальное распределение материала ребер резко отличается от равномерного распределения, принимаемого в качестве начального по методу итераций.

## ВЫВОДЫ

1. Результаты примера 2 показывают, что значение  $B_0$ , принимаемое в первой итерации, влияет на величину  $F$ , но не влияет на оптимальное распределение материала между ребрами. На это свойство оптимальной ребристой пластины указывают значения коэффициентов  $c_i$ ,  $d_i$ . При всех значениях  $B_0$ , принятых в примере 2, коэффициенты  $c_i$ ,  $d_i$  практически одинаковы.

2. Полученное свойство оптимальности (8) обеспечивает устойчивый итерационный процесс. Выбор коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  влияет на сходимость итераций. Этот вопрос обсуждается в специальной литературе [8].

3. Разработанный алгоритм оптимизации ребристых пластин является наиболее простым по сравнению с другими методами оптимизации (метод штрафных функций, градиентный метод).

4. Экономия материала в реальных конструкциях зависит от асимметрии расчетной схемы ребристой пластины и может составлять десятки процентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеенко Р.П. Свойства ребристых пластин минимального веса при заданной первой частоте собственных колебаний // Изв. вузов. Строительство. – 2003, № 2. С. 16...19.
2. Моисеенко Р.П., Ботьева И.А. Оптимизация прямоугольных ребристых пластин с заданной первой частотой собственных колебаний при управлении высотой ребер // Строительная механика и расчет сооружений. – 2011, № 3. С. 66...69.
3. Моисеенко Р.П. Оптимизация ребристых тонких пластин при заданной первой частоте собственных колебаний. – Томск: Изд-во Томского гос. архит.-строит. ун-та, 2007.
4. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. – М.: Машиностроение, 1978.
5. Ляхович Л.С. Особые свойства оптимальных систем и основные направления их реализации в методах расчета сооружений. – Томск: Изд-во Томского гос. архит.-строит. ун-та, 2009.
6. Лазарев И.Б. Основы оптимального проектирования конструкций. Задачи и методы. – Новосибирск: Изд-во СГАПС, 1995.
7. Большой энциклопедический словарь. Математика. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1998.
8. Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике. – М.: Наука, 1973.

9. Доннелл Л.Г. Балки, пластины и оболочки. – М.: Наука, 1982.

#### REFERENCES

1. Moiseenko R.P. Svojstva rebristyh plastin minimal'nogo vesa pri zadannoj pervoj chastote sobstvennyh kolebanij // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2003, № 2. S.16...19.

2. Moiseenko R.P., Bot'eva I.A. Optimizacija prjamougol'nyh rebristyh plastin s zadannoj pervoj chastotoj sobstvennyh kolebanij pri upravlenii vysotoj reber // Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij. – 2011, № 3. S. 66...69.

3. Moiseenko R.P. Optimizacija rebristyh tonkih plastin pri zadannoj pervoj chastote sobstvennyh kolebanij. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo gos. arhit.-stroit. un-ta, 2007.

4. Alfutov N.A. Osnovy rascheta na ustojchivost' uprugih sistem. – М.: Mashinostroenie, 1978.

5. Ljahovich L.S. Osobyje svojstva optimal'nyh sistem i osnovnye napravlenija ih realizacii v metodah rascheta sooruzhenij. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo gos. arhit.-stroit. un-ta, 2009.

6. Lazarev I.B. Osnovy optimal'nogo proektirovanija konstrukcij. Zadachi i metody. – Novosibirsk: Izd-vo SGAPS, 1995.

7. Bol'shoj jenciklopedicheskij slovar'. Matematika. – М.: Bol'shaja Rossijskaja Jenciklopedija, 1998.

8. Myshkis A.D. Lekcii po vysshej matematike. – М.: Nauka, 1973.

9. Donnell L.G. Balki, plastiny i obolochki. – М.: Nauka, 1982.

Рекомендована кафедрой строительной механики. Поступила 15.08.16.

УДК 677.076.4

**ВЛИЯНИЕ ПИКСЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕТКАНЫХ СТРУКТУР  
НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА\***

**INFLUENCE OF DIGITAL IMAGES PIXEL CHARACTERISTICS  
OF NONWOVEN STRUCTURES  
ON THE ACCURACY OF THEIR COMPUTER ANALYSIS RESULTS**

*С.В. ЕРШОВ, Е.Н. КАЛИНИН*  
*S.V. ERSHOV, E.N. KALININ*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: ttp@ivgpu.com

*В статье представлены результаты исследования влияния пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа. Для достижения поставленной цели проведен анализ скорости вычислений по определению направленности волокон в нетканых структурах и исследовано изменение выходных данных при анализе углеродных нетканых структур в разработанном нами программном комплексе в зависимости от разрешения загружаемых изображений. Установлено, что для нетканых структур с невысокой плотностью волокон достаточным с точки зрения точности результатов и быстродействия является разрешение изображений в 1024×768 точек. Для нетканых материалов с высокой плотностью волокон требования к разрешению изображений более высокие, и допустимый размер таких изображений должен быть в пределах от 1536×1152 до 1024×768 точек.*

*The article presents the results of influence investigation of digital images resolution of nonwoven structures on the accuracy of their computer analysis results. To achieve this goal computing speed analysis to determine fiber orientation in nonwoven structures was carried out and the output data changes in the analysis of carbon nonwoven structures using our developed software system depending on the*

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на выполнение проекта по теме «Развитие методов определения направленности волокон в углеродных нетканых структурах» по программе международного научно-образовательного сотрудничества «Михаил Ломоносов» (задание №11.763.2016/DAAD).

*resolution of uploaded images were investigated. It is found that for nonwoven structures with low fiber density in terms of results accuracy and performance the adequate image resolution is 1024×768 pixels. For nonwovens with high fiber density the requirements for image resolution are higher and permissible size of the images must be in the range from 1536×1152 to 1024×768 pixels.*

**Ключевые слова:** углеродные нетканые структуры, направленность волокон, метод анализа изображений, разрешение цифровых изображений.

**Keywords:** nonwoven structures, fiber orientation, image analysis, digital image resolution.

Более высокая пиксельная характеристика (разрешение) изображений волокнистой структуры в цифровой форме обеспечивает более точное представление оригиналов нетканого материала. Однако, переходя к компьютерному анализу изображений нетканых структур с целью определения направленности волокон и прогноза физико-механических свойств материала, становится очевидным, какое важное практическое значение приобретает вопрос эффективного использования вычислительных ресурсов компьютерных систем. При работе с высоким разрешением ресурсоемкость вычислений выше и на их выполнение затрачивается значительное количество машинного времени. Особенного внимания вопрос заслуживает при работе с большими массивами обрабатываемых изображений.

Целью работы является поиск допустимого разрешения цифровых изображений нетканых структур для их компьютерного анализа, что позволит сократить время обработки и обеспечит требуемую точность результатов.

Разработанный нами ранее программный комплекс для определения направленности волокон в нетканых структурах, в котором реализован метод анализа изображений, основанный на преобразовании Фурье, позволил с высокой степенью точности провести анализ волокнистых структур нетканого материала и выполнить достоверный прогноз их физико-механических свойств [1...3]. Цифровые изображения углеродных нетканых структур были получены нами с использованием

оптического микроскопа высокого разрешения и имели формат 2048×1536 точек (пикселей). Такая высокая четкость изображений позволила достоверно определить направленность волокон, коэффициент анизотропии, средний угол и величину отклонения направленности волокон от среднего значения для исследуемых образцов нетканого материала.

В соответствии с целью работы, задаваясь вопросом эффективного использования вычислительной мощности компьютерных систем, нами был проведен анализ зависимости скорости вычислений по определению направленности волокон в нетканых структурах от разрешения загружаемых в программный комплекс изображений. Анализ выполнен для трех компьютерных систем на базе процессоров с одним, двумя и четырьмя ядрами (рис. 1). Численные значения результатов анализа приведены в табл. 1.

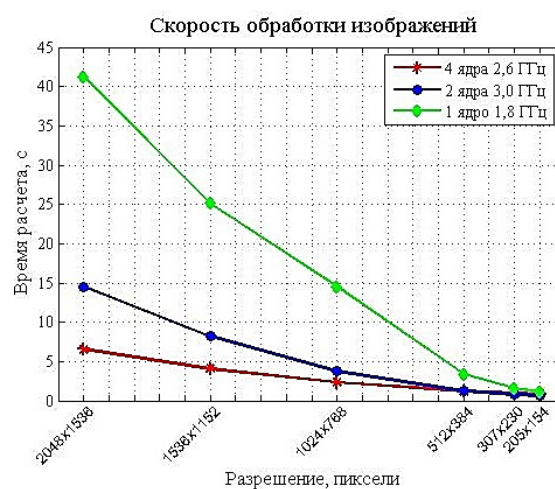


Рис. 1



Количество ядер в процессоре	Разрешение изображения, пиксели					
	2048×1536	1536×1152	1024×768	512×384	307×230	205×154
	Скорость обработки изображений, с					
1 ядро/1,8 ГГц	41,23	25,11	14,53	3,35	1,60	1,06
2 ядра/3,0 ГГц	14,5	8,22	3,76	1,25	0,75	0,64
4 ядра/2,6 ГГц	6,56	4,08	2,31	1,21	0,90	0,82

Из рис. 1 видно, что при работе с изображениями нетканой структуры время расчета значительно сокращается при уменьшении разрешения обрабатываемых изображений для всех трех типов процессоров. При уменьшении разрешения с 2048×1536 до 205×154 пикселей, то есть со 100% до 10%, скорость расчета увеличилась для одного ядра более чем на 4000%, для двух ядер – более чем на 2000%, для четырех ядер – на 800%.

Однако при уменьшении разрешения четкость изображений нетканой структуры ухудшается, и даже возможно искажение визуальных данных, что в большинстве случаев не позволит четко выделить линии волокон в структуре нетканого материала.

Принимая высокую точность результатов анализа изображений углеродных нетканых структур технического назначения, полученных для оригинального разрешения изображений в 2048×1536 точек

[3], за исходную, нами проведено исследование изменения выходных данных при анализе изображений углеродных нетканых структур в разработанном нами программном комплексе в зависимости от разрешения загружаемых в программный комплекс изображений. Для шести разных образцов нетканого материала из углеродных волокон нами определены основные структурные параметры, а именно направленность волокон и коэффициент анизотропии, при этом для анализа каждого образца использованы разрешения изображений, приведенные в табл. 1, которые передают изменение размера в 100% исходного изображения до 75, 50, 25, 15 и 10% соответственно. Результаты расчета направленности волокон в исследуемых образцах для выбранных разрешений приведены на рис. 2...7, численные значения результатов анализа изображений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Изображение нетканого материала	Разрешение изображения, пиксели					
	2048x1536	1536x1152	1024x768	512x384	307x230	205x154
	Коэффициент анизотропии/Отклонение от исходного значения					
Образец 1	1,50/0%	1,49/0,53%	1,47/2,03%	1,39/7,36%	1,27/15,44%	1,22/18,32%
Образец 2	1,75/0%	1,73/0,90%	1,71/2,17%	1,56/10,34%	1,43/18,10%	1,18/32,31%
Образец 3	1,75/0%	1,74/0,67%	1,74/0,54%	1,62/7,60%	1,39/20,59%	1,34/23,56%
Образец 4	1,43/0%	1,42/0,55%	1,32/7,62%	1,24/13,04%	1,17/18,16%	1,18/17,29%
Образец 5	2,11/0%	2,09/1,02%	2,08/1,44%	1,86/11,74%	1,57/25,56%	1,48/30,07%
Образец 6	1,78/0%	1,77/0,86%	1,68/5,50%	1,58/11,12%	1,35/23,95%	1,33/25,11%

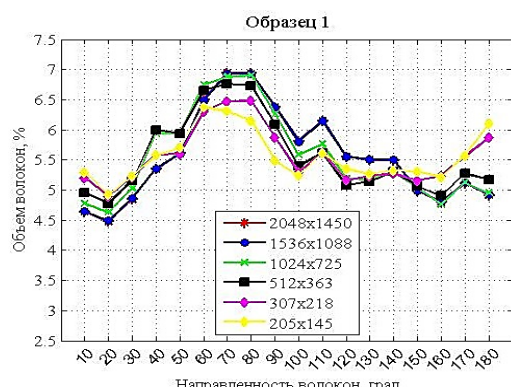


Рис. 2

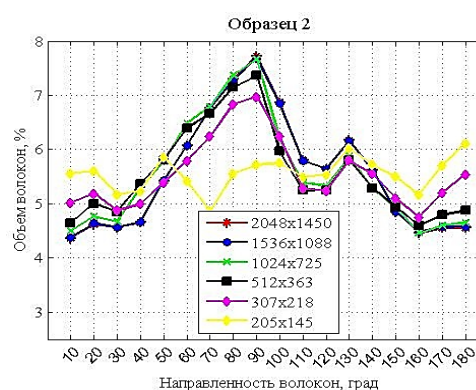


Рис. 3

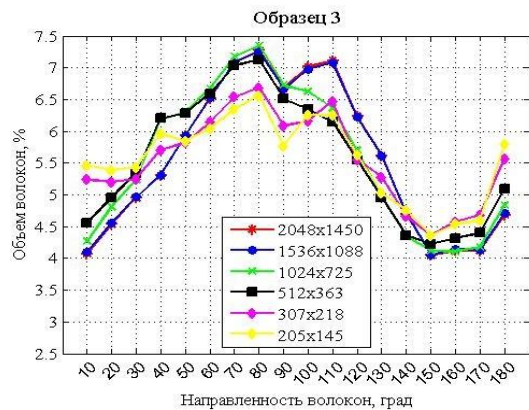


Рис. 4

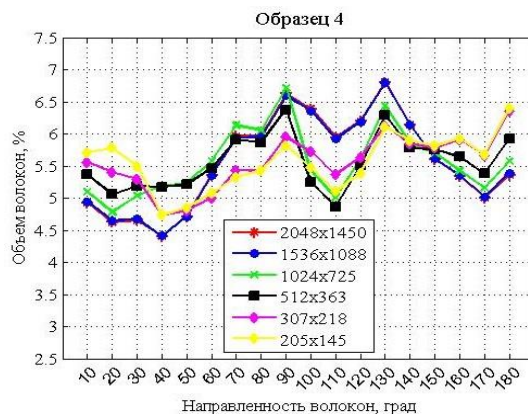


Рис. 5

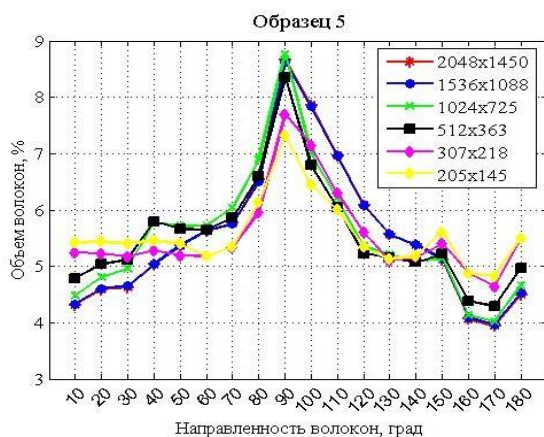


Рис. 6

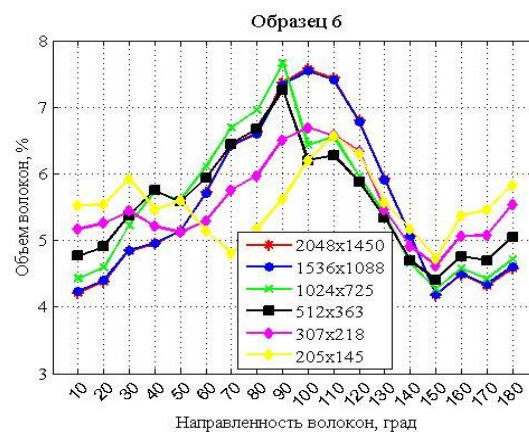


Рис. 7

Результаты проведенного анализа показывают, что размер изображений нетканой структуры оказывает существенное влияние на точность расчетов по определению направленности волокон в нетканом материале, а следовательно, и на достоверность прогноза его физико-механических свойств. Из полученных нами данных, приведенных в табл. 2, следует, что при разрешении, меньшем, чем  $1024 \times 768$  точек, то есть когда размер изображения меньше 50% от исходного разрешения в  $2048 \times 1536$  точек, погрешность вычислений составила порядка 10% и ошибка продолжала расти с дальнейшим уменьшением размера изображений нетканой структуры. При изменении разрешения с  $2048 \times 1536$  точек до  $1024 \times 768$  точек, то есть со 100% до 50%, среднее значение погрешности по всем шести образцам составило порядка 3%.

Следует отметить, что при анализе образцов 4, 5, 6 нетканого материала, имеющих высокую плотность волокон, для разрешения изображений от  $1024 \times 768$  точек и менее до  $307 \times 230$  точек наблюдалось большее отклонение результатов расчета от исходных значений, чем для образцов 1, 2 и 3, имеющих невысокую плотность волокон.

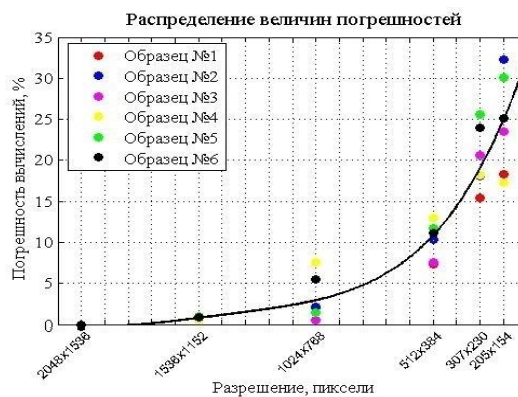


Рис. 8

Такой результат объясняется большим искажением визуальных данных, а именно потерей границ между волокнами, для образцов нетканого материала с высокой плотностью волокон при уменьшении размера изображений.

С целью более наглядного представления динамики изменения погрешности вычислений в зависимости от изменения размера изображений углеродных нетканых структур при определении направленности волокон и коэффициента анизотропии нами построено экспоненциальное распределение величин погрешностей по всем шести образцам нетканого материала для рассматриваемых размеров изображений (рис. 8).

## ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что размер изображений нетканых структур оказывает существенное влияние на точность расчетов по определению направленности волокон в нетканом материале, а следовательно, и на достоверность прогноза его физико-механических свойств.

2. Уменьшение размера изображений нетканых структур многократно сокращает время расчета, но при этом ухудшается четкость изображений, и при разрешениях меньше  $512 \times 384$  точек наблюдается искажение визуальных данных, что в большинстве случаев не позволяет четко выделить линии волокон в структуре нетканого материала.

3. Из расчета отклонений выходных данных от исходных значений, соответствующих результатам расчета для разрешения  $2048 \times 1536$  точек, установлено, что для нетканых структур с невысокой плотностью волокон достаточным с точки

зрения точности результатов и быстродействия является разрешение изображений в  $1024 \times 768$  точек. Для нетканых материалов с высокой плотностью волокон требования к разрешению изображений более высокие, и допустимый размер таких изображений должен быть в пределах от  $1536 \times 1152$  до  $1024 \times 768$  точек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т.* Определение направленности волокон в углеродных нетканых структурах средствами преобразования Фурье // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №6. С. 105...110.
2. *Ершов С.В., Калинин Е.Н.* Разработка программного комплекса для анализа направленности волокон в углеродных нетканых структурах // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2015, №1. С. 12...17.
3. *Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т.* Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6. С. 189...193.

## REFERENCES

1. Ershov S.V., Kalinin E.N., Tidt T. Opredelenie napravlenosti volokon v ugleodnyh netkanyh strukturah sredstvami preobrazovaniya Fur'e // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №6. S. 105...110.
2. Ershov S.V., Kalinin E.N. Razrabotka programmno kompleksa dlja analiza napravlenosti volokon v ugleodnyh netkanyh strukturah // Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. – Cherepovec: ChGU, 2015, №1. S. 12...17.
3. Ershov S.V., Kalinin E.N., Tidt T. Analiz napravlenosti ugleodnyh volokon v real'nyh netkanyh strukturah tehničeskogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №6. S.189...193.

Рекомендована кафедрой наземных транспортных средств и технологических машин. Поступила 21.10.16.

**ФУНКЦИОНАЛ "ЭЛЕКТРОННОГО АССИСТЕНТА"  
ИТР ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА –  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОМОЩИ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОПРОСОВ**

**DEFINING THE SYSTEM FUNCTIONALITY OF "ELECTRONIC ASSISTANT"  
FOR ENGINEER OF TEXTILE PRODUCTION**

*Г.Г. СОКОВА, Л.Ю. КИПРИНА, М.В. ИСАЕВА, А.И. ИГЕЛЬ*  
*G.G. SOKOVA, L.YU. KIPRINA, M.V. ISAEVA, A.I. IGEL*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)

E-mail: : sokoffg@mail.ru; LsKipr@gmail.com; mary-is@rambler.ru; anastaciaigel@mail.ru

*"Универсальные" информационные системы управления предприятием не в полной мере отвечают запросам текстильных предприятий, так как их базовый функционал инвариантен к конкретному промышленному производству. Автоматизированная система управления для текстильного предприятия должна включать специализированные модули, используемые в качестве "электронных помощников" для реализации производственных задач. В статье представлена структура подсистемы "электронного ассистента" и ее информационный функционал.*

*"Universal" enterprise information management systems do not fully meet the needs of textile enterprises, as their basic functionality is invariant to the particular features of industrial production. Automated control system for textile enterprises should include specific modules to be used as "electronic assistants" for the implementation of production tasks. The article presents the structure of the subsystem "electronic assistant" and its functionality.*

**Ключевые слова:** автоматизация управления текстильным предприятием, подсистема электронной помощи.

**Keywords:** textile manufacture management automation, subsystem of electronic assistance.

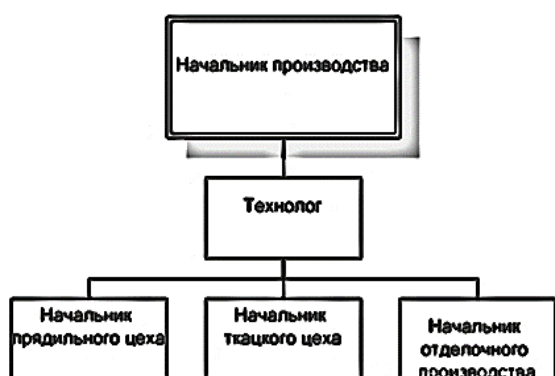
Применение информационных технологий является одной из составляющих успеха любого современного промышленного производства. В текстильной отрасли легкой промышленности на сегодняшний день практически повсеместно либо уже внедрены автоматизированные системы управления предприятием, либо активно идет процесс внедрения подобных систем. Однако предлагаемые "универсальные" информационные системы не в полной мере отвечают запросам текстильных предприятий, так как их основной функционал инвариантен к конкретному промышленному производству. Вследствие

этого решение технологических задач, которые зачастую хотелось бы автоматизировать в первую очередь, отходит на второй план.

Отсутствие возможности получения оперативной информационно-технологической помощи специалистами текстильного производства, поскольку нет информации в базовой конфигурации любой ERP-системы, является одной из проблем внедрения и эксплуатации автоматизированных систем управления. Например, оптимизация работы ИТР предприятия за счет автоматизации процедур поиска технической информации в справочной и нормативной документации или рас-

чета необходимых параметров дает возможность значительно повысить производительность труда технологов, начальников производств, цехов, мастеров производственных участков.

Ранее в работах [1], [2...7] уже рассматривалось текущее состояние проблемы прохождения потоков информации на типовом текстильном предприятии, где установлено, что в варианте "как есть" данный процесс является крайне неэффективным и требует оптимизации за счет формирования единого информационного пространства, при этом основные модули системы управления данными, учитывающей особенности всего



производственного процесса, определены в [3], [9], [10]. Анализ представленных на рынке программных продуктов – стандартных ERP-систем и имеющегося в них набора функций, показывает, что они во многом не соответствуют потребностям ИТР текстильных предприятий. ERP-система, как нам видится, должна включать специализированные модули, выполняющие и помогающие в реализации производственных задач.

Иерархия управления производством будет совпадать с иерархией информационного функционала "электронного ассистента" (рис. 1 – укрупненная иерархия руководства текстильного предприятия).

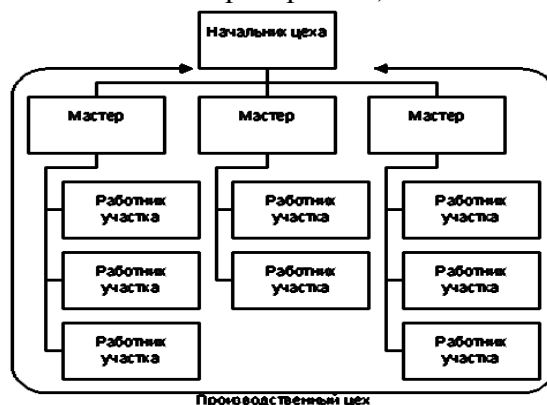


Рис. 1

Рассмотрим, какой информацией оперируют руководители различного уровня на типовом текстильном предприятии, для того, чтобы определить задачи и функционал "электронного ассистента ИТР".

– Для начальника производства потребуются: данные о явочной численности сотрудников, информация о работающем оборудовании, информация о всех видах ремонта оборудования во всех отделах производства, информация о сырье (объем, качество, ассортимент), отчет о выполнении сменного задания, выпущенной продукции, ее качестве; дополнительная информация, получаемая от подчиненных ему подразделений.

– Для технолога (например, ткацкого производства): информация о сырье по текущим заказам (ассортимент пряж, объемы), параметры заправки и настройки оборудования, информация со склада готовой продукции (ассортимент, объемы), результаты оценки качества продукции; дополни-

тельная информация от мастеров и начальников цехов. Дополнительная информация от работников (ткачей, прядильщиков) о проблемах при наработке опытных образцов (новый ассортимент).

– Для начальника цеха (ткацкого, прядильного, отделочного) информация ежедневной "планерки": распределение сменного задания по всем участкам, явочная численность в цехе, информация о работающем оборудовании в цехе, информация о всех видах ремонта оборудования на всех участках, данные по сырью (объем, качество, ассортимент), отчет о выполнении сменного задания, выпущенной продукции, о качестве продукции, поощрения и взыскания, отработанные дни, часы и пр.

В подчинении начальника цеха находятся сотрудники, также взаимодействующие с информационной системой предприятия. Рассмотрим возможный функционал для этих категорий пользователей.



– Для мастера производственного участка: информация по распределению сменного задания, о явочной численности, о работающем оборудовании, всех видах ремонта оборудования на участке, сырье (объем, качество, ассортимент), отчет о выполнении сменного задания, выпущенной продукции, качестве продукции; поощрения и взыскания, отработанные дни, часы и пр.

– На терминалах для работников участков должен осуществляться ввод-вывод данных: задания на смену (зона обслуживания, норма выработки), ввод отчета о выполнении задания (объем выпущенной продукции), сопутствующая информация (отработанные дни, часы, % от нормы выработки, бонусы, поощрения, взыскания).

Казалось бы, определенная доля из перечисленного функционала, в части учета (продукции, чел.-часов и пр.), на сегодняшний день уже реализована в системе "1С Предприятие". Однако этого мало, ИТР (мастерам, технологам) кроме функций учета требуется выполнение дополнительных функций, обеспечивающих оперативное принятие решения, например, выполнение технических расчетов: заправочного расчета, расчета паковок по переходам, расчет отходов и угаров, что требует использования специализированных САЕ-систем [11]. Построение заправочного рисунка, представление его в различных цветовых гаммах – в коллекциях тканей, что, опять

же, требует специальных программных продуктов – САЕ-систем [12]. Кроме того, для удобства пользования необходимо, чтобы электронный помощник имел базы данных, включающие в себя справочную и техническую информацию, необходимую как для расчетов, так и для текущей работы.

На основании вышеизложенного представляем на рис. 2 структурную модель программного модуля "электронного ассистента технолога ткацкого производства".

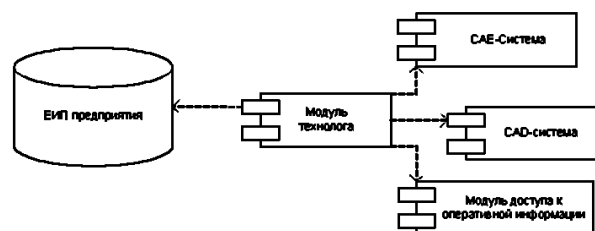


Рис. 2

Очевидно, что информация, необходимая для выполнения перечисленных задач, должна быть аккумулирована в единое информационное пространство (ЕИП) предприятия. При разработке или адаптации ERP-систем для текстильного производства должна быть предусмотрена интеграция модулей электронных помощников всех уровней по всем технологическим переходам. На рис. 3 приведена концептуальная схема взаимодействия подсистемы оперативной помощи с ЕИП предприятия.

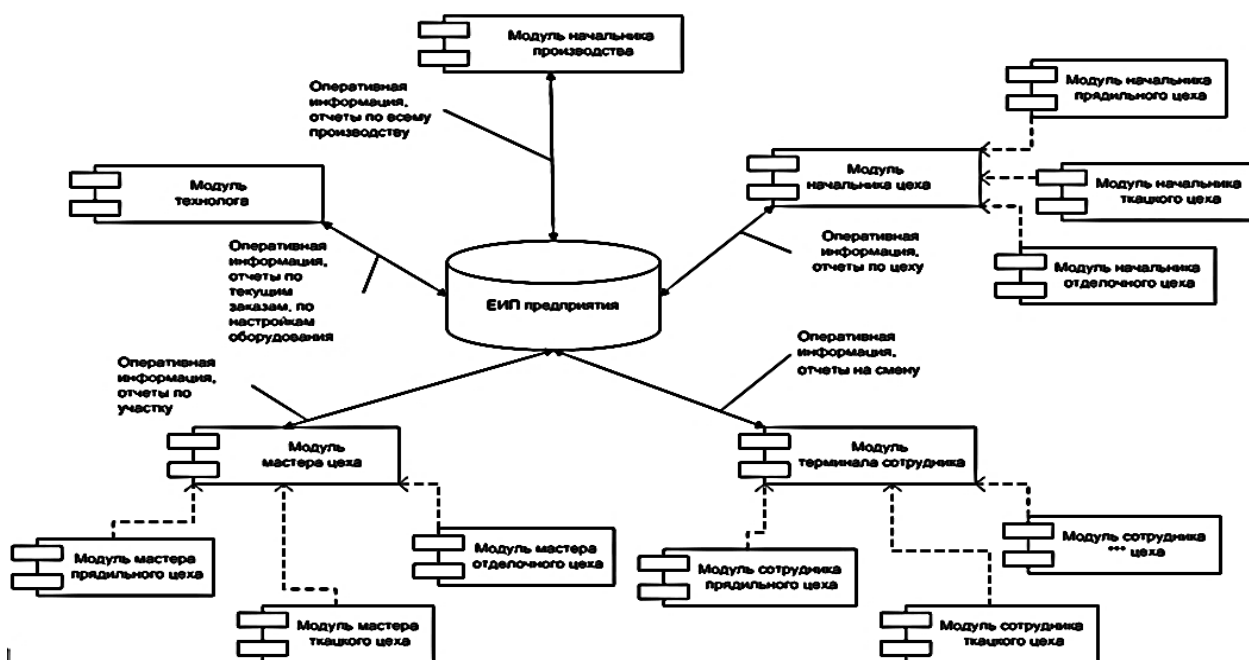


Рис. 3

Интегрированная в ЕИП предприятия подсистема оперативной помощи направлена на создание возможности работы с базами данных технологической информации на предприятии, в том числе технической и товарной документации, нормативно-правовых актов и пр., для централизованного хранения и выдачи информации по запросам.

## ВЫВОДЫ

Расширение функционала ERP-систем за счет интеграции подсистемы оперативной электронной помощи позволит значительно сократить время, требуемое для оформления и проверки имеющихся документов, усовершенствовать процесс разработки технологического процесса, ускорить процесс прохождения соответствующих информационных потоков на предприятии, что, несомненно, станет составной частью повышения эффективности работы предприятия в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Киприна Л.Ю., Сокова Г.Г. Информационно-аналитическая поддержка технологической подготовки текстильного производства // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та.– 2013, №2(31). С.64...67.
2. Сокова Г.Г., Землякова И.В. Процессные модели автоматизированной системы проектирования ткани // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009. № 21.
3. Сокова Г.Г., Землякова И.В. Метод формализованного представления процесса проектирования ткани по заданным параметрам, основанный на теоретико-множественных представлениях параметров тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 2.
4. Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю., Исаева М.В. Анализ бизнес-процессов текстильных предприятий на примере ООО "Зворыкинская мануфактура" (г. Кострома): систематизация информационных потоков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С. 5...7.
5. Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю., Исаева М.В. К вопросу о внедрении CALS-технологий на текстильных предприятиях // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012.
6. Киприна Л.Ю., Сокова Г.Г., Исаева М.В. Анализ информационных потоков технологических процессов текстильного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С. 9...12.
7. Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю., Исаева М.В. Информационно аналитическая поддержка технологической подготовки текстильного производства // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2013.

8. Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю. Оптимизация размещения заказа на предприятиях легкой промышленности // Стандарты и качество. – 2015, № 1.

9. Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю. Система поддержки принятия решений при автоматизированном размещении заказа на текстильных предприятиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 220...224

10. Игель А.И. Определение функционала программного продукта для управления предприятием текстильной промышленности на основе анализа существующих систем // Сб. мат. Межвуз. молодежной научн.-техн. конф.: Молодые ученые развитию текстильно-промышленного кластера (Поиск-2016). – ИВГПУ, 2016

11. Сокова Г.Г., Соркин А.П., Исаева М.В., Соков М.А. Автоматизированное проектирование переплетений технических многослойных сеток // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С.94...98.

12. Сокова Г.Г., Исаева М.В., Соков М.А. Автоматизированный расчет технических сеток // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 5. С. 143...147.

## REFERENCES

1. Kiprina L.Ju., Sokova G.G. Informacionno-analiticheskaja podderzhka tehnologicheskoy podgotovki tekstil'nogo proizvodstva // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta.– 2013, №2(31). S.64...67.
2. Sokova G.G., Zemljakova I.V. Processnye modeli avtomatizirovannoj sistemy proektirovanija tkani // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009. № 21.
3. Sokova G.G., Zemljakova I.V. Metod formalizovannogo predstavlenija processa proektirovanija tkani po zadannym parametram, osnovannyj na teoretiko-mnozhestvennyh predstavlenijah parametrov tkaney // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 2.
4. Sokova G.G., Kiprina L.Ju., Isaeva M.V. Analiz biznes-processov tekstil'nyh predpriyatij na primere ООО "Zvorykinskaja manufaktura" (g. Kostroma): sistematzacija informacionnyh potokov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 4. P.5...7.
5. Sokova G.G., Kiprina L.Ju., Isaeva M.V. K voprosu o vnedrenii CALS-tehnologij na tekstil'nyh predpriyatijah // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012.
6. Kiprina L.Ju., Sokova G.G., Isaeva M.V. Analiz informacionnyh potokov tehnologicheskix processov tekstil'nogo predpriyatija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 3. S. 9...12.
7. Sokova G.G., Kiprina L.Ju., Isaeva M.V. Informacionno analiticheskaja podderzhka tehnologicheskoy podgotovki tekstil'nogo proizvodstva // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2013.
8. Sokova G.G., Kiprina L.Ju. Optimizacija razmeshhenija zakaza na predpriyatijah legkoj promyshlennosti // Standarty i kachestvo. – 2015, № 1.

9. Sokova G.G., Kiprina L.Ju. Sistema podderzhki prinjatija reshenij pri avtomatizirovannom razmeshhenii zakaza na tekstil'nyh predpriyatijah // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. S.220...224

10. Igel' A.I. Opredelenie funkcionala programmno-go produkta dlja upravlenija predpriyatiem tekstil'noj promyshlennosti na osnove analiza sushhestvujushhijh sistem // Sb. mat. Mezhdvuz. molodezhnoj nauchn.-tehn. konf.: Molodye uchenye razvitiyu tekstil'no-promyshlennogo klastera (Poisk-2016). – IVGPU, 2016

11. Sokova G.G., Sorkin A.P., Isaeva M.V., Sokov M.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie perepletij

tehniceskijh mnogoslojnyh setok // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S.94...98.

12. Sokova G.G., Isaeva M.V., Sokov M.A. Avtomatizirovannyj raschet tehniceskijh setok // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, № 5. S. 143...147.

Рекомендована кафедрой информационных систем и технологий. Поступила 18.05.16.

УДК 677.11.051

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МЯТЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЛИННОГО ЛЬНОВОЛОКНА

### THE PROCESS OF THROTTLING IN THE PRODUCTION OF LONG FLAX FIBRE

*Л.В. МОЧАЛОВ, В.Г. ДРОЗДОВ, А.С. ЕФРЕМОВ*  
*L.V. MOCHALOV, V.G. DROZDOV, A.S. EFREMOV*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: mochalov-leo@mail.ru

*В статье проведен анализ мятьной машины как объекта автоматического управления. Построены схемы управления процессом мятья.*

*In article the analysis of the throttling machine as object of automatic control is carried out. Schemes of management of softening process are constructed.*

**Ключевые слова:** управление, регулятор, принцип Понселе, датчики, сигнал, технологические параметры.

**Keywords:** management, control, Poncele principle, sensors, signal, processing parameters.

Принцип управления мятьной машиной определяется ее анализом, как объектом управления (рис. 1 – схема мятьной машины как объекта управления) [1].

В качестве управляющего воздействия может выступать глубина захождения рифлей мятьных вальцов и сила их прижатия, выходная величина объекта – умин при со-

хранении прочности сырца, а возмущающие воздействия – технологические и структурные параметры льнотресты перед ее обработкой: влажность, отделяемость, разрывная нагрузка, среднее квадратическое отклонение рассеивания стеблей по комлям и вершинам, диаметр стеблей, плотность слоя. Любая система автоматического



управления обладает инертностью. В работе [2] доказано, что высокочастотная составляющая при изменениях диаметра стеблей преобладает и управлять процессом в функции диаметра стеблей практически невозможно. Если это системная составляющая, связанная, например с переработкой большой партии сырья другого сорта, то можно в ручном режиме произвести корректировку настройки агрегата под конкретный диаметр стеблей.

Поскольку система может эффективно реагировать только на низкочастотную со-

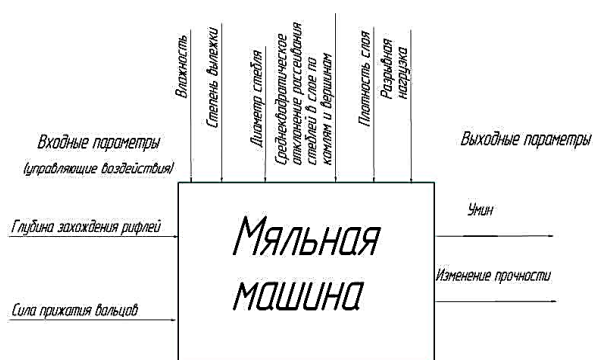


Рис. 1

ставляющую возмущающих воздействий (влажность, отделяемость, разрывная нагрузка), их влияние компенсировалось системой управления.

Величину умина измерять в потоке крайне сложно, поэтому организовать обратную связь по данному параметру практически невозможно. Следовательно, остается единственный вариант организации системы управления мяльной машиной на основе принципа Понселе, то есть реализация разомкнутой системы с управлением по возмущению.

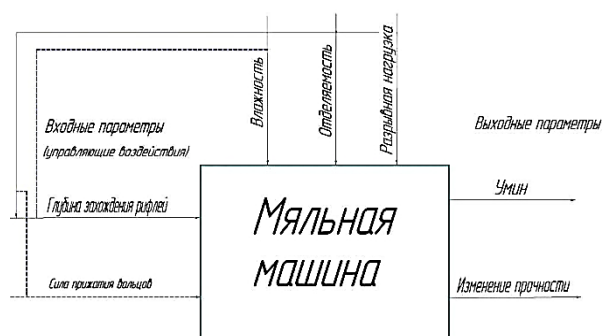


Рис. 2

Реализация данной системы предполагает использование датчиков контроля возмущающих воздействий. Возможность автоматического контроля в потоке обоснована для влажности, отделяемости и прочности льнотресты [3], [4].

С учетом этого система управления будет иметь вид, представленный на (рис. 2).

Таким образом, для эффективного управления процессом мятья достаточно модели, описывающей зависимость умина от отделяемости, прочности и глубины захождения рифлей при стабилизации технологической влажности. Эта модель может быть использована при разработке системы управления процессом мятья. Для более точного управления может быть использована сила прижатия вальцов. При отсутствии или нестабильной работе сушильной машины необходимо подключить третий контур для управления процессом мятья по влажности льнотресты [5].

Основным параметром для регулирования процесса промина стеблевого слоя является изменение глубины захождения рифлей мяльных вальцов. Эта регулировка в отечественных агрегатах выполняется механическим способом. Теоретически, данную регулировку необходимо осуществлять постоянно, без перерывов в работе, так как поступающая на МТА льнотреста имеет большой разброс по такому параметру, как отделяемость [6]. Влажность и прочность носят системный характер и их влияние можно автоматически скомпенсировать при их отклонении выше предельно допустимых значений.

Предлагаемый вариант системы компенсирует влияние возмущающих воздействий в режиме реального времени. В связи с этим предлагается структурная схема управления режимом процесса мятья с применением НС (рис. 3).

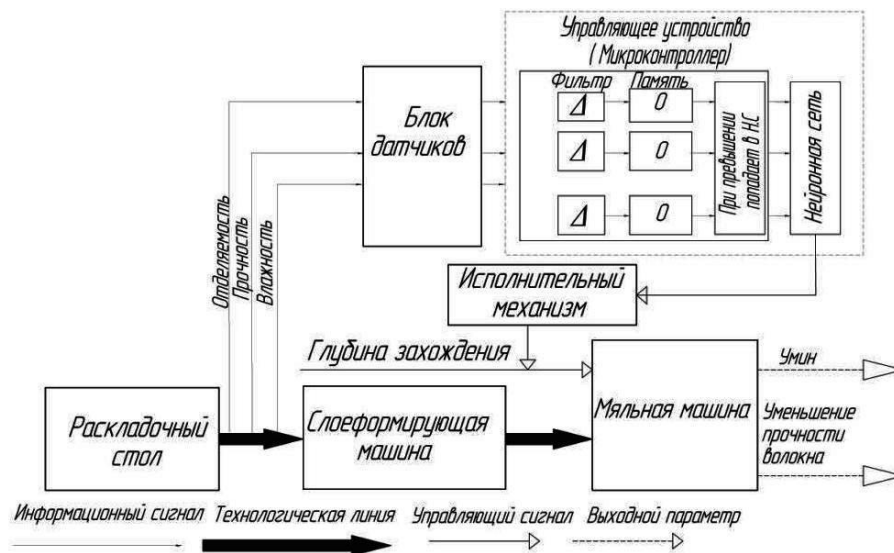


Рис. 3

Предлагаемая система включает ИК-Фурье спектрометр с тремя выносными датчиками, с помощью которых контролируется отделяемость, влажность и прочность, управляющее устройство и электро-механический привод (исполнительный механизм). Исполнительный механизм установлен непосредственно на мяльной машине, а датчики размещены до слоеформирующей машины. С датчиков сигнал поступает в управляющее устройство, в котором происходит обработка данных [7].

В связи с варьированием свойств сырья по показателям отделяемости, влажности, прочности установлен их средний доверительный интервал, который равняется  $\pm 0,82$  ед.,  $\pm 1,7\%$ ,  $\pm 0,79$  даН соответственно. В связи с инерционностью системы

в контроллерах предусмотрена фильтрация высокочастотной составляющей по контролируемым параметрам. Память позволяет сохранить поступившие данные из фильтра. Таким образом, выполняется следующее условие: если поступивший сигнал в фильтр с датчиков превышает заданный уровень (в данном случае заданный доверительный интервал), то данные записываются в память, а затем поступают в регулятор, построенный на базе нейронных сетей (НС) [8...10]. Этот информационный сигнал обрабатывается и передается на исполнительный механизм, оснащенный электроприводом, который регулирует глубину захождения рифлей [11]. Таким образом, система реагирует только на низкочастотные колебания входных параметров сырья.

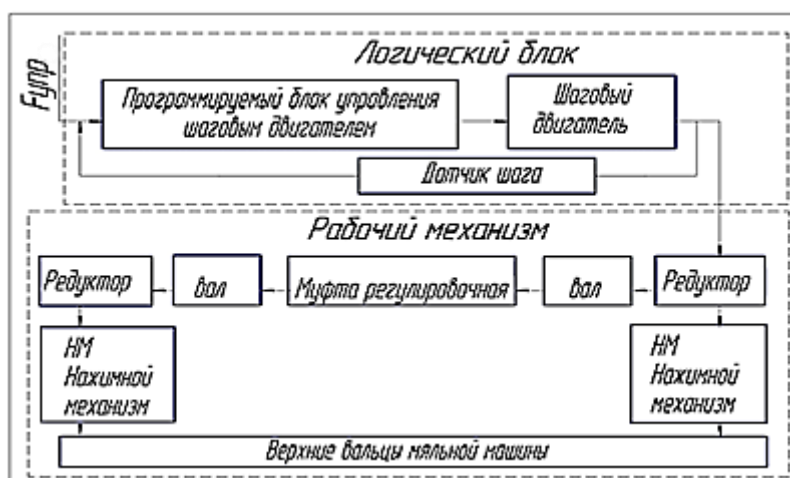


Рис. 4

## ВЫВОДЫ

Рассмотрим подробно структурную схему электромеханического привода, его работу и основные блоки. Структурная схема привода для регулирования глубины захождения рифлей мяльных вальцов приведена на рис. 4. Данная схема состоит из двух блоков: программированного блока управления и рабочего механизма (РМ). Первый блок обеспечивает управление шаговым двигателем.

Для повышения качества дискретного регулирования мяльной пары предложено применить локальную замкнутую систему. В таком дискретном приводе информация о действительном положении вала рабочего механизма РМ и скорости шагового двигателя поступает на вход автоматического регулятора, который обеспечивает заданный характер движения привода. Работу блока можно описать следующим образом: на вход сигнал управления  $F_{упр}$  в виде импульсов напряжения поступает на программируемый блок управления, который формирует заданную скорость, направление, информационный сигнал на обмотки управления, расположенные на статоре шагового двигателя. Программируемый блок управления питается от источника постоянного тока [12].

Второй блок РМ состоит из двух редукторов, двух валов, муфты и нажимного механизма и обеспечивает подъем верхних мяльных вальцов.

Шаговый двигатель приводит в движение валы редуктора, а редуктор – нажимной механизм и вал червяка левого редуктора. При помощи кинематической связи вал-муфта-вал, редуктор приводит в движение и нажимной механизм смежного вальца.

При помощи предлагаемой системы, включающей контроль параметров процесса промина и применение автоматизированного привода, производится управление режимом стеблевого слоя, что обеспечивает увеличение выхода длинного волокна при трепании за счет оперативного изменения глубины захождения рифлей мяльных пар непосредственно на работающей машине [12].

1. Проведен анализ мяльной машины как объекта автоматического управления.

2. Предложена схема управления процессом мятя с использованием принципа компенсации возмущения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Нетушила А.В.* Теория автоматического управления / Под ред. А.В. Нетушила. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1976.

2. *Дроздов Ю.В.* Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2004.

3. *Ефремов А.С., Дроздов В.Г.* Оптимизация процесса получения длинного волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С. С. 130...133.

4. *Ефремов А.С., Дроздов В.Г., Мозохин А.Е.* Обоснование возможности использования ИК-спектрометрии для автоматического контроля параметров льняной тресты в потоке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 6С. С.53...56.

5. *Мочалов Л.В., Ефремов А.С., Дроздов В.Г.* Определение основных возмущающих и управляющих параметров процесса мятя // Электронный журнал КГТУ. "Научный вестник КГТУ". – Кострома, 2010, № 2.

6. *Румянцева И.А., Мочалов Л.В., Солдатенко А.Н.* Особенности варьирования свойств тресты на льнище // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 6С. С. 49...52.

7. *Дроздов В.Г., Мочалов Л.В.* Разработка систем управления процессом мятя в зависимости от влажности и отделяемости льнотресты // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2010, №1(23). С. 70...72.

8. *Ефремов А.С., Мочалов Л.В., Дроздов В.Г.* Автоматизация технологического процесса мятя в зависимости от влажности и отделяемости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С. 118...120.

9. *Мочалов Л.В., Дроздов В.Г., Ефремов А.С.* Построение архитектуры нейронной сети для оптимизации процесса мятя // Электронный журнал КГТУ. "Научный вестник КГТУ". – Кострома, 2015, №2.

10. *Мочалов Л.В., Хомяков Е.С., Дроздов В.Г.* Двухкритериальная оптимизация процесса мятя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С. 23...25.

11. Патент на полезную модель РФ № 1211814. Привод для регулирования глубины захождения рифлей мяльных валков / Л.В.Мочалов, В.Г.Дроздов, А.А.Телицын., С.Е. Маянский – Опубл. 10.11.2012. Бюл. № 31.

12. Мочалов Л.В., Дроздов В.Г. Система автоматического управления положением вальцов // Научные труды молодых ученых КГТУ. – 2012. Вып. 14, ч. 1. С. 7...10.

#### REFERENCES

1. Netushila A.V. Teoriya avtomaticheskogo upravlenija / Pod red. A.V. Netushila. – Izd. 2-e, dop. i pererab.– M.: Vysshaja shkola, 1976.

2. Drozdov Ju.V. Razrabotka avtomaticheskoy sistemy kontrolja i upravlenija polozheniem sloja steblej pri poluchenii trepanogo l'na: Dis. ... kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2004.

3. Efremov A.S., Drozdov V.G. Optimizacija processa poluchenija dlinnogo volokna // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №6S. S. 130...133.

4. Efremov A.S., Drozdov V.G., Mozohin A.E. Obosnovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya IK-spektrometrii dlja avtomaticheskogo kontrolja parametrov l'njanoy tresty v potoke // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 6S. S.53...56.

5. Mochalov L.V., Efremov A.S., Drozdov V.G. Opredelenie osnovnyh vozmushhajushhih i upravljajushhih parametrov processa mjat'ja // Jelektronnyj zhurnal KGTU. "Nauchnyj vestnik KGTU". – Kostroma, 2010, № 2.

6. Rumjanceva I.A., Mochalov L.V., Soldatenko A.N. Osobennosti var'irovaniya svojstv tresty na l'nishhe // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, № 6S. S. 49...52.

7. Drozdov V.G., Mochalov L.V. Razrabotka sistem upravlenija processom mjat'ja v zavisimosti ot vlazhnosti i otdeljaemosti l'notresty // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2010, №1(23). S.70...72.

8. Efremov A.S., Mochalov L.V., Drozdov V.G. Avtomatizacija tehnologicheskogo processa mjat'ja v zavisimosti ot vlazhnosti i otdeljaemosti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 5. S.118...120.

9. Mochalov L.V., Drozdov V.G., Efremov A.S. Postroenie arhitektury nejronnoj seti dlja optimizacii processa mjat'ja // Jelektronnyj zhurnal KGTU. "Nauchnyj vestnik KGTU". – Kostroma, 2015, №2.

10. Mochalov L.V., Homjakov E.S., Drozdov V.G. Dvuhkriterial'naja optimizacija processa mjat'ja // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 23...25.

11. Patent na poleznuju model' RF № 1211814. Privod dlja regulirovaniya glubiny zahozhdenija riflej mjal'nyh valkov / L.V.Mochalov, V.G.Drozdov, A.A.Telicyn., S.E. Majanskij – Opubl. 10.11.2012. Bjul. № 31.

12. Mochalov L.V., Drozdov V.G. Sistema avtomaticheskogo upravlenija polozheniem val'cov // Nauchnye trudy molodyh uchenyh KGTU. – 2012. Vyp. 14, ch. 1. S. 7...10.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 24.04.16.

УДК 677.4.074:539.4

**ВЫЧИСЛЕНИЕ РЕСУРСА ВЫСОКОМОДУЛЬНЫХ  
И ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИТЕЙ  
ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ**

**CALCULATION OF HIGH-MODULUS  
AND HIGH-STRENGTH THREAD'S  
RESOURCE AT WEAVING LOOM PROCESS**

*В.П. ЩЕРБАКОВ, А.Е. ЦВЕТКОВА, Н.С. СКУЛАНОВА, Т.И. ПОЛЯКОВА, С.Л. ХАЛЕЗОВ  
V.P. SHCHERBAKOV, A.E. TSVETKOVA, N.S. SKULANOVA, T.I. POLYAKOVA, S.L. KHALEZOV*

(ООО фирма "Триинвест",  
Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности,  
Московский государственный университет технологии и дизайна,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ltd "Triinvest",  
Innovative Research and Production Center of Textile and Light Industry,  
Moscow State University of Technology and Design,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mai: ttp@ivgpu.com

*На основе теории длительной прочности рассмотрено накопление повреждений в основной высокомодульной нити на ткацком станке. Вычислена повреждаемость основной нити на станке Dornier при изготовлении ткани, выработанной из арамидной нити линейной плотности 29,4 текс.*

*Accumulation of high-modulus warp thread's damages during waving process based on long durability theory was considered. Warp thread damageability of the fabric contained aramide thread with linear density 29,4 tex while producing on Dornier loom was calculated.*

**Ключевые слова:** длительная прочность, критерий прочности, напряжение, повреждаемость, циклические нагрузки, ткацкий станок, линейное и нелинейное суммирование повреждений.

**Keywords:** long durability, criterion of durability, tension, damaging, cyclic stress, a weaving loom, linear and nonlinear accumulation of damages.

Одной из основных областей приложения механики нити является оценка прочности реальной нити в условиях ее переработки. Правильный выбор нити может быть

сделан для конкретных условий, при которых происходит формирование ткани или трикотажа на машине. До настоящего времени распространено ошибочное мнение,

что независимо от условий переработки существуют структуры нити, обеспечивающие ее максимальную прочность.

Под прочностью в широком смысле понимают способность материала противостоять хрупкому или вязкому разрушению и неограниченному изменению деформации. На практике под механической прочностью понимают наибольшее напряжение, которое предшествует разрушению тела.

На прядильных машинах формируется пряжа в области так называемой критической крутки, при которой достигается максимальная прочность пряжи. При этом учитываются в первую очередь условия формирования и наматывания пряжи: при уменьшении величины крутки относительно критической снижается прочность, обрывность пряжи растет. Но такая пряжа с критической круткой, успешно перерабатываемая в ткачестве, непригодна для вязания из-за перекоса петельных столбиков, возникающих вследствие высокой крутки.

Задание средней прочности и в некоторых случаях дисперсии часто считается достаточным для того, чтобы охарактеризовать прочность волокон и нитей. В действительности, эти данные совершенно недостаточны для суждения о реальной прочности. Например, на трикотажной машине в области формирования петли нагружается отрезок весьма малой длины. Стандартные испытания предусматривают определение прочности нити длиной  $\ell_0 = 500$  мм. Масштабный эффект описывается формулой, которая получена с использованием статистической теории прочности [1], [2]. Зависимость прочности нити  $P(\ell)$  от длины  $\ell$  при стандартной длине  $\ell_0$  представляется в виде:

$$P(\ell) = P_w \left( \frac{\ell_0}{\ell} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\alpha} \right).$$

Здесь  $P_w$ ,  $\alpha$  – параметры распределения Вейбулла;  $\Gamma(x)$  – гамма-функция Эйлера.

Понятно, что в процессе петлеобразования при выполнении операции кулирования прочность нити длиной несколько миллиметров превосходит  $P(\ell_0)$ .

В последнее время были разработаны и промышленно освоены новые волокна, обладающие высокой прочностью и имеющие более высокий модуль упругости по сравнению с традиционными текстильными материалами, например, для стеклянных нитей предел прочности равен  $\sigma_b = 2400$  МПа, модуль упругости  $E = 7,2 \cdot 10^4$  МПа; для угольных  $\sigma_b = 3000$  МПа,  $E = 4,5 \cdot 10^4$  МПа; для вязкозных  $\sigma_b = 220$  МПа,  $E = 5 \cdot 10^3$  МПа. На текстильных машинах слабая вязкозная нить успешно преобразуется в ткань и трикотаж, а для более прочной, стеклянной, необходимы специальные способы ткачества и вязания.

Следует учитывать условия нагружения нити в технологическом процессе. На ткацком станке или основовязальной машине нить основы закреплена на навое, свободный ее конец под действием берда или игольницы всегда придет в ту точку пространства, которая определена кинематикой исполнительных механизмов машины. Главную роль здесь приобретает величина удлинения. Поэтому научная идея о волокнистых композиционных структурах, как о средствах выхода из противоречия, связанного с тем, что рост прочности, как правило, сопровождается снижением вязкости разрушения и, следовательно, надежности материала, считается самой замечательной идеей материаловедения. Если же нить на кулирных трикотажных машинах нагружается в основном силами трения, то она может быть даже почти нерастяжимой, а процесс петлеобразования вполне возможен.

В механике деформируемого твердого тела известны два типа критериев макроскопического разрушения. Первый базируется на представлении о существовании некоторого порогового, критического напряжения, по достижении которого разрушение наступает мгновенно. Предельное для данного материала напряжение принимается за критерий прочности. На таком представлении явления прочности основаны все классические теории и критерии прочности и их модификации. Второй подход исходит из того, что материалы, нагруженные статическим напряжением, разрушаются со

временем, при этом время разрушения уменьшается с увеличением напряжения. Это явление называют "статической усталостью", "разрушением вследствие ползучести", "задержанным разрушением", "длительной прочностью" и т.п.

В текстильной технологии чаще всего приходится оценивать прочность нитей при напряжениях, определенным образом меняющихся во времени. Поэтому необходимо установить закономерности длительной прочности при одноосном напряженном состоянии при переменном нагружении.

Рассмотрим вначале случай, когда напряжения изменяются ступенчато. Располагая этими данными, можно установить, что при действии напряжения  $\sigma_1$  разрушение произойдет по прошествии времени  $t_*^{(1)}$ , напряжению  $\sigma_2$  соответствует время до разрушения  $t_*^{(2)}$  и т.д., на  $i$ -м шаге нагружения значению  $\sigma_i$  соответствует время  $t_*^{(i)}$ . Если окажется, что время действия напряжения  $\sigma_i$  больше или равно  $t_*^{(i)}$ , то произойдет разрушение. Если  $\Delta t_i < t_*^{(i)}$ , то разрушение не наступит, и за время  $\Delta t_i$  исчерпается лишь часть несущей способности нити, равная отношению  $\Delta t_i / t_*^{(i)}$ . Используем для обозначения отношения  $\Delta t_i / t_*^{(i)}$  давно установившийся термин "повреждаемость на первой, второй,  $i$ -й ступенях нагружения".

Экспериментальные исследования длительной прочности, проведенные при переменных режимах нагружения, показали, что во многих случаях разрушение происходит, когда сумма повреждаемостей становится равной единице:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_i}{t_*^{(i)}(\sigma_i)} = 1.$$

Этот экспериментально установленный факт называют условием (принципом) линейного суммирования повреждаемостей. Впервые этот принцип был сформулирован Бейли и поэтому его часто называют принципом Бейли [3].

Если напряжение в исследуемом интервале изменяется непрерывно, то, переходя от суммы к интегралу, получим

$$\int_0^{t_*} \frac{dt}{t_0 [\sigma(t)]} = 1, \quad (1)$$

где  $t_0$  – время до разрушения при постоянных напряжениях, равных мгновенным значениям  $\sigma(t)$ .

Одним из основных понятий развивающегося во времени процесса разрушения является долговечность – время, необходимое для разрушения образца при постоянном напряжении. При исследовании долговечности материала испытывают несколько одинаковых образцов при различных напряжениях и устанавливают время, необходимое для разрушения каждого образца. По результатам испытаний строят график зависимости времени до разрушения  $t_*$  при постоянном напряжении  $\sigma_0$  от величины этого напряжения.

При аппроксимации  $t_* = t_*(\sigma_0)$  часто используется степенная зависимость:

$$t_* = B\sigma_0^{-b}. \quad (2)$$

Испытанию подвергнута арамидная нить линейной плотности  $T = 29,4$  текс при трех уровнях нагрузок  $P_u$ . Напряжения  $\sigma$  в ГПа определены по формуле  $\sigma = P\rho/T$ , где  $\rho$  – плотность комплексной нити, г/см<sup>3</sup>. Общепринятым при решении задач выравнивания или сглаживания является метод наименьших квадратов:

$$\sum_{i=1}^n (t_{*i} - B\sigma_{0i}^{-b})^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

Общие методы парного регрессионного анализа даны в обширной литературе и здесь подробно не рассматриваются. Обычно подбор параметров нелинейной функции сводится к ее линейризации и в дальнейшем используется хорошо разработанный аппарат линейной регрессии. В частном случае степенная функция лине-

аризуется ее логарифмированием. Отметим требования, которые предъявляются к оценкам для неизвестных параметров по результатам опытов: состоятельность, несмещенность и эффективность. И здесь сталкиваемся с серьезными затруднениями нахождения параметров, когда нелинейная функция линеаризуется, а далее осуществляется подбор параметров линейной функции. В этом случае выбранные оценки не удовлетворяют требованию эффективности. Напомним, что оценка называется эффективной, если она обладает, по сравнению с другими, наименьшей дисперсией. В теории оптимизации задачи минимизации функций вида (3) занимают особое место. Как правило, именно для задач о наименьших квадратах разработаны специальные алгоритмы. В нашей же задаче с малой раз-

мерностью можно использовать универсальные методы безусловной численной оптимизации математических пакетов программ, например, MathCAD. Решение оптимизационной задачи дает  $B=3,334 \cdot 10^{20}$ ,  $b=7,858$ .

Определим изменение со временем степени накопленных повреждений в случаях, когда диаграмма циклов имеет вид трапеции, как, например, при зевобразовании на ткацком станке, а также циклов пилообразной формы (прибой утка к опушке ткани) [2].

В этом случае при условии Бейли (1) для степенного закона долговечности (2) функция повреждаемости после  $N$  циклов нагружения в течение времени  $t = N\Pi$  равна [1], [2]:

$$\omega(t) = \frac{N}{B} \int_0^{\Pi} \sigma^b(\xi) d\xi, \quad (4)$$

или

$$\omega(t) = \frac{N}{B} \left\{ \int_0^{t_1} (\sigma_1 + \dot{\sigma}\xi)^b d\xi + \sigma_2^b t_2 + \int_{t_1+t_2}^{2t_1+t_2} [\sigma_2 - \dot{\sigma}(\xi - t_1 - t_2)]^b d\xi + \sigma_1^b t_3 \right\}.$$

Выполняя интегрирование, получаем:

$$\omega(t) = \frac{N}{B} \left[ 2t_1 \frac{\sigma_2^{1+b} - \sigma_1^{1+b}}{(1+b)(\sigma_2 - \sigma_1)} + \sigma_1^b t_3 + \sigma_2^b t_2 \right]. \quad (5)$$

Если в (5) положить  $t_2=t_3=0$ , то получим циклы пилообразной формы. В этом случае формула для функции повреждаемости для времени  $t=2Nt_1$  будет иметь вид:

$$\omega(t) = \frac{2Nt_1}{B} \left[ \frac{\sigma_2^{1+b} - \sigma_1^{1+b}}{(1+b)(\sigma_2 - \sigma_1)} \right]. \quad (6)$$

Казалось бы, что нет необходимости подробно излагать основные положения известных теорий прочности волокнистых материалов. Но, к сожалению, в текстильной литературе до сих пор преобладают ошибочные интерпретации этих теорий, связанные прежде всего с понятиями линейности. Необходимо обратить внимание на построение исходной функции (4), полученной в виде произведения числа циклов  $N$  на повреждаемость за время  $\Pi$  одного

цикла. Такая структура  $\omega(t)$  возможна только вследствие принципа линейного суммирования в интеграле Бейли. А.А. Ильюшин построил соотношения нелинейной вязкоупругости с учетом степени накопленных повреждений [3], [4]. Полученная им формула в случае одноосного напряженного состояния приводит к предельному соотношению вида:

$$bB^{\frac{1}{b}} = \int_0^{t_*} (t_* - \tau)^{\frac{1}{b}-1} \sigma(\tau) d\tau, \quad (7)$$

являющемуся критерием длительной прочности и определяющим время до разрушения  $t_*$  при заданном законе нагружения  $\sigma(t)$  и экспериментально определяемой функции долговечности  $t_* = t_*(\sigma_0)$ . Понятно, что в отличие от принципа линейного суммирования Бейли полная повреждаемость за  $N$  циклов не может быть определена, как это обычно приходится видеть, в виде произведения числа циклов  $N$  на единичную повреждаемость  $\omega_1(t)$  в течение одного цикла.



Об этом не раз указывалось в периодической печати и в книгах по прочности волокнистых материалов, но до сих пор многие авторы игнорируют нелинейность, продолжая так же вольно обращаться с нелинейными критериями, в частности критерием В.В. Москвитина, как и с линейными.

Рассмотрим накопление повреждений в основной нити на ткацком станке. Технологический процесс формирования ткани характерен периодическим нагружением нити при ее движении от навоя до опушки ткани. Рассматривая изменение натяжения нити на тензограмме, отметим, что возрастание натяжения нити, как и спад его при высокой частоте нагружения, свойственной ткацким станкам, происходит с большой скоростью. Натяжение достигает двух локальных максимумов – при зевобразовании и прибое, один из которых – при прибое, является глобальным. Примем нагружение при зевоб-

разовании трапецеидальным, при прибое – пилообразным с частотой  $1/\Pi$ .

Если воспользоваться предельным условием А.А. Ильюшина при том же степенном законе долговечности, то получим для функции повреждаемости:

$$\omega(t) = \frac{1}{B^\alpha} \left[ \sum_{k=1}^N \int_{(k-1)\Pi}^{k\Pi} (t-\tau)^\alpha d\sigma_k(\tau) + \sigma_1 N^\alpha \Pi^\alpha \right]. \quad (8)$$

Проведем интегрирование, вычислим конечные суммы по формулам Каталана [5]:

$$2 \sum_{k=1}^N (N-k+1)^\alpha = \int_1^N (N-k+1)^\alpha dk + \int_0^{N-1} (N-k+1)^\alpha dk = \\ = (1+\alpha)^{-1} \left[ N^{1+\alpha} + (N+1)^{1+\alpha} - 2^{1+\alpha} - 1 \right] \quad (9)$$

и получим алгебраическое выражение для  $\omega(t)$ :

$$\omega(t) = \frac{1}{B^\alpha} \left\{ \frac{2K_{N,\alpha}}{1+\alpha} \left[ (\sigma_2 - \sigma_1) \Pi_Z^\alpha + (\sigma_3 - \sigma_1) \Pi_P^\alpha \right] + \sigma_1 (t_\Sigma - N t_{ZV})^\alpha + \sigma_2 N^\alpha t_{ZV}^\alpha \right\}. \quad (10)$$

Здесь введены обозначения:

$$K_{N,\alpha} = \left[ 1 - \frac{1}{2^\alpha} + \frac{2N^{2+\alpha} + (N+1)^{2+\alpha} - 2 \cdot 2^{2+\alpha} + \frac{2}{2^{2+\alpha}}}{2(2+\alpha)} + \right. \\ \left. - 2 \left( N - \frac{1}{2} \right)^{2+\alpha} + 2 \left( \frac{3}{2} \right)^{2+\alpha} - 2 \left( N + \frac{1}{2} \right)^{2+\alpha} + (N-1)^{2+\alpha} \right] \\ \left. + \frac{2 \left( N - \frac{1}{2} \right)^{2+\alpha} + 2 \left( \frac{3}{2} \right)^{2+\alpha} - 2 \left( N + \frac{1}{2} \right)^{2+\alpha} + (N-1)^{2+\alpha}}{2(2+\alpha)} \right];$$

$t_\Sigma$  – общее время движения индивидуальной точки нити основы от навоя до опушки ткани;  $t_{ZV}$  – время выстоя ремизки при зевобразовании;  $\Pi_Z, \Pi_P$  – время подъема (опускания) ремизки и соответственно время прибое.

Вычислим повреждаемость основной нити на станке Dornier при изготовлении ткани переплетения "рогожка" 3/3, выработанной из арамидной нити линейной плотности  $T = 29,4$  текс. Если заправочное натяжение нити  $P_1 = 115$  сН, натяжение при полном открытии зева  $P_2 = 150$  сН, при прибое

$P_3 = 360$  сН, то соответствующие напряжения, определенные по формуле  $\sigma = \frac{P}{T} \rho_{\text{нити}}$  ( $\rho_{\text{нити}}$  – плотность нити), равны:

$$\sigma_1 = 5,672 \text{ кгс/мм}^2, \sigma_2 = 7,398; \sigma_3 = 17,7.$$

Теперь перейдем к числовому расчету функции повреждаемости. При частоте вращения главного вала  $350 \text{ мин}^{-1}$ , длине заправочной линии от точки схода нити основы с навоя до опушки ткани  $1,5$  м, плотности ткани по утку  $259$  нитей на дециметр,

урботке по основе 3,5% имеем  $N=1250$  циклов. Зев является открытым, время выстоя ремизок в течение трех оборотов главного вала составляет 0,385 с, время прибора 0,029 с. Общее время движения индивидуальной точки нити основы от навоя до опушки ткани 641,25 с. Воспользовавшись формулой (10), получаем  $\omega(t_z)=0,086$ . Следовательно, можно считать, что нить в ткачестве исчерпала лишь часть своей прочности, причем не такую значительную, чтобы говорить о разрыве нити.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М., 2008.
2. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. – М.: "Рисо Принт", 2013.
3. Огибалов П.М., Ломакин В.А., Кишкин Б.П. Механика полимеров. – М.: Изд-во Московского университета, 1975.

4. Ильюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. – М.: Наука, 1970.

5. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1971.

#### REFERENCES

1. Shherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstil'nyh materialov. – М., 2008.

2. Shherbakov V.P. Prikladnaja i strukturnaja mehanika voloknistyh materialov. – М.: "Riso Print", 2013.

3. Ogibalov P.M., Lomakin V.A., Kishkin B.P. Mehanika polimerov. – М.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1975.

4. Il'jushin A.A., Pobedrja B.E. Osnovy matematicheskoy teorii termovjzkouprugosti. – М.: Nauka, 1970.

5. Gradshtejn I.S., Ryzhik I.M. Tablicy integralov, summ, rjadov i proizvedenij. – М.: Nauka, 1971.

Рекомендована кафедрой механических технологий волокнистых материалов МГУДТ. Поступила 21.11.16.

УДК 620.98.004.18:504.06

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ENVIRONMENTAL AND ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES  
IN TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY**

*Р.М. АЛОЯН, А.Б. ПЕТРУХИН, Н.В. ВИНОГРАДОВА, В.Н. ФЕДОСЕЕВ*  
*R.M. ALOYAN, A.B. PETRUKHIN, N.V. VINOGRADOVA, V.N. FEDOSEEV*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: a.petruhin@mail.ru

*В статье на примере текстильной и легкой промышленности обоснована актуальность вопроса использования возобновляемых источников энергии. Сформулирована оценка вступления России в Международное агентство по возобновлению источников энергии (International Renewable Energy (IRENA)).*

*In the article on the example of textile and light industry the urgency of the issue of renewable energy. Formulated assessment of Russia's accession to the International Agency for renewal sources of energy (International Renewable Energy (IRENA)).*

**Ключевые слова:** экологичность, энерготехнологии, ресурсосбережение, энергосбережение, технологии, энергоемкость, тепловые насосы.

**Keywords:** sustainability, energy technologies, resource saving, energy saving, technology, energy, heat pumps.

Все более актуальным становится вопрос об использовании в качестве энерго-снабжающего объекта такой вид энергии, как возобновляемые источники энергии (ВИЭ) [1...9], способные преобразовать энергию из таких низко потенциальных источников, как реки, водоемы, грунт, воздух и т.д. [7]. Среди вышперечисленных

наиболее выгодным, в наших климатических условиях, источником низко потенциальной энергии являются воздух и земля [3], [8]. Прежде всего это объясняется отсутствием каких-либо особых условий, например, наличие дорогостоящего оборудования, или обязательное наличие водо-ема.

Широкому распространению и возросшему внедрению всех форм возобновляемых источников энергии способствуют преимущества, получаемые из комбинированного подхода к возобновляемым источникам энергии и мерам по энергоэффективности.

Вклад, который вносят возобновляемые источники энергии в сохранение окружающей среды посредством ограничения влияния на природные ресурсы, на уменьшение вырубки лесов, опустынивание и сокращение биологического разнообразия, позволяет обеспечить экономический рост и социальную сплоченность, включая ликвидацию бедности и устойчивое развитие энергосбережения, его безопасность, региональное развитие и взаимную ответственность поколений.

Термин "возобновляемая энергия" означает все формы энергии, постоянно вырабатываемой возобновляющими источниками, которые, в частности, включают биоэнергию, геотермальную энергию, гидроэнергию, энергию океана, включая, энергию приливов и отливов, волновую энергию и тепловую энергию океана, солнечную энергию, энергию атмосферного воздуха и ветра.

Согласно распоряжению Председателя Правительства РФ Д. Медведева, текст которого опубликован на сайте Правительства России, Минэнерго дано поручение – начиная с 2015 г. осуществлять уплату членского взноса в бюджет Международного агентства по возобновлению энергии, а Министерству финансов поручено предусмотреть эти взносы при формировании проекта федерального бюджета на соответствующий год (Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2014 г. № 1657-р).

Международное агентство по возобновлению источников энергии (International Renewable Energy (IRENA)) – организация, основанная в 2009 г. для поддержки использования всех форм возобновляемых источников энергии. IRENA занимается распространением знаний и технологий в этой области, помогает обеспечить доступ ко всей необходимой информации по возобновлению источников энергии, в том

числе к техническим и технологическим решениям.

Организация была учреждена 26 января 2009 г. в Бонне по инициативе Германии. По состоянию на июль 2014 г. государствами – членами организации является 131 страна. Сегодня РФ официально признала, что возобновляемая энергия играет существенную роль в современном мире.

Для России в настоящее время это – площадка для обмена практиками и опытом технологических решений и законодательных механизмов, а также свидетельство того, что страна признает важность развития возобновляемой энергетики.

Так, сейчас в текстильной и легкой промышленности огромное количество предприятий работают в автономном режиме, снабжаясь теплом и электроэнергией централизованно от города по специальным коммуникациям, что крайне неэкономично. Почти все предприятия текстильной и легкой промышленности снабжены вентиляционными системами для целей воздухообмена. С учетом существующей вентиляционной системы появляется возможность получения тепла и горячей воды с помощью специального оборудования – теплового насоса [2], [9].

В этом случае тепловые насосы, использующие тепло выбрасываемого вентиляционными системами воздуха (технологическое тепло), температура которого составляет около 18...20° С и может не изменяться в течение года, могут быть установлены в каждом цехе – производстве, что позволит получать более высокий коэффициент преобразования тепла по сравнению с другими источниками низко потенциальной энергии, а также дешевую энергетику – дешевое тепло и горячую воду.

Опыт использования тепловых насосов в нашей стране пока невелик, однако условия для внедрения есть. Во-первых, с ростом цен на топливо и электроэнергию, повышение экологических требований возрастает целесообразность их использования. Во-вторых, в стране активнее развивается малоэтажное строительство. Затрачивая 1 кВт электрической мощности в приводе компрессионной установки, можно

получить 3...4, а при определенных условиях до 5...6 кВт тепловой мощности [1], [4...6].

## ВЫВОДЫ

Россия существенно отстает от большинства стран, которые предметно и не первый год уделяют повышенное внимание энергии ветра, солнечной энергии, геотермальных источников и др. Поэтому именно вступление в IRENA и последующий за этим обмен опытом и технологиями станет стимулирующим фактором развития возобновляемых источников энергии в России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Функциональное моделирование как организационный инструмент проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 2. С. 2...5.

2. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 1. С. 15...18.

3. Алоян Р.М., Татиевский П.Б., Федосеев В.Н. Практика использования информационно-аналитических технологий (ИАТ) для принятия управленческих решений // Интеграл. – 2013, №1-2. С. 56...58.

4. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий // Изв. вузов. Экономика, финансы и управление производством. – 2011, № 3(09). С.92...95.

5. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 3. С. 46...48.

6. Петрухин А.Б., Матрохин А.Ю., Карева Т.Ю., Гусев Б.Н. Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С. 30...35.

7. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и источников возобновляемой энергии. – М.: Москомархитектура: ГУП НИМЦ. 2001.

8. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Татиевский П.Б., Зайцева И.А., Андреева О.Р. Оценка степени риска инвестиционных проектов по развитию технопарка Ивановского региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 5...9.

9. Филатов С.А., Дильман М.Д., Ионов М.С. Эффективность использования топливных насосов для теплоснабжения малоэтажной застройки // Тепловая энергетика. – 2011, № 11. С. 12...19.

## REFERENCES

1. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Oparina L.A., Stavrova M.V. Funkcional'noe modelirovanie kak organizacionnyj instrument proektirovanija, stroitel'stva i jekspluatacii jenergojeffektivnyh zdanij // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 2. S. 2...5.

2. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Opyt prakticheskoj realizacii ukreplenija svjazej nauki IVGPU s proizvodstvom v uslovijah razvitija infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S.15...18.

3. Alojjan R.M., Tatievskij P.B., Fedoseev V.N. Praktika ispol'zovanija informacionno-analiticheskij tehnologij (IAT) dlja prinjatija upravlencheskij reshenij // Integral. – 2013, №1-2. S. 56...58.

4. Petruhin A.B., Oparina L.A. Formirovanie integral'nogo pokazatelja jenergeticheskoj jeffektivnosti zdanij // Izv. vuzov. Jekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. – 2011, № 3(09). S. 92...95.

5. Petruhin A.B., Alojjan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Integral'nyj pokazatel' jenergojeffektivnosti kak osnova organizacionnogo mehanizma stroitel'stva i jekspluatacii jenergojeffektivnyh zdanij // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 3. S. 46...48.

6. Petruhin A.B., Matrohin A.Ju., Kareva T.Ju., Gusev B.N. Strategija nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespečenija vypuska tkanej i izdelij iz natural'nyh i sinteticheskij volokon // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S.30...35.

7. Rukovodstvo po primeneniju teplovyh nasosov s ispol'zovaniem vtorichnyh jenergeticheskij resursov i istochnikov vozobnovljaemoj jenerгии. – М.: Moskomarhitektura: GUP NIMC. 2001.

8. Alojjan R.M., Fedoseev V.N., Tatievskij P.B., Zajceva I.A., Andreeva O.R. Ocenka stepeni riska investicionnyh proektov po razvitiju tehnoparka Ivanovskogo regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 5...9.

9. Filatov S.A., Dil'man M.D., Ionov M.S. Jefferktivnost' ispol'zovanija toplivnyh nasosov dlja teplosnabzhenija malojetazhnoj zastrojki // Teplovaja jenergetika. – 2011, № 11. S. 12...19.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 02.03.16.

## ЩЕЛЕВОЙ СВЕТОВОД С РАЗЪЕМНОЙ ТЕСЬМОЙ-МОЛНИЕЙ

## SLIT LIGHT GUIDE WITH A DETACHABLE BRAID-ZIP

Ю.А. ЩЕПОЧКИНА  
YU.A. SHCHEROSHKINA

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

*Щелевой световод – эффективное осветительное устройство. Для удобства изготовления, монтажа и демонтажа щелевого световода, а также регулирования диаметра и длины предложено выполнять его каналы, состоящими из эластичных участков, соединяемых между собой посредством тесьмы-молнии, расположенной поперек и/или вдоль канала. Участки световода могут быть легко изготовлены на традиционном швейном оборудовании и быстро собраны в протяженную конструкцию посредством разъемной тесьмы-молнии.*

*Slit light guide – efficient lighting device. Proposed to fabricate channels of a waveguide of the elastic sections. The sites connect among themselves a band of lightning. The braid-zipper is located across and/or along the canal. Portions of the optical waveguide can be easily manufactured on a traditional sewing equipment. They can be assembled in a long design.*

**Ключевые слова:** щелевой световод, текстильный материал, светоотражающее покрытие, тесьма-молния, швейное оборудование.

**Keywords:** slit light guide, textile material, reflective layer, zipper, sewing equipment.

Конструирование, исследование и усовершенствование осветительных устройств со щелевыми световодами для внутреннего освещения производственных помещений начало активно развиваться в 70-е годы XX века. Впоследствии новым направлением занимались многие научно-исследовательские, проектно-конструкторские, производственные организации (ВНИСИ, ПО "Ватра" и др.) и отдельные специалисты [1...3]. Это позволило устранить имеющиеся недостатки, присущие освещению с применяемыми в то время светильниками. По сравнению с электроосвещением помещений обычными светильниками эффективность применения щелевых световодов выражается в снижении расчетных годовых затрат на каждый киловатт установленной мощности устройств со световодами на 25...30%;

трудоемкости электромонтажных работ в 15...25 раз; количества световых точек, требующих обслуживания – в 10...50 раз; расхода материалов, необходимых для изготовления светильников – в 20...30 раз [4].

Щелевые световоды могут быть жесткими, изготовленными из тонкостенного оргстекла, металла, пластмассы (нами не рассматриваются) и мягкими, изготовленными из эластичных материалов со светоотражающей поверхностью. В таких осветительных устройствах световой поток от мощных ламп направляется по светоотражающим каналам щелевых световодов для освещения определенных участков помещений. Традиционный мягкий щелевой световод представляет собой цилиндрический полый канал, выполненный из эластичной пленки. Внутренняя поверхность

канала по всей его длине частично покрыта светоотражающим (зеркализованным) слоем. Остальная светопропускающая часть поверхности канала, свободная от отражающего слоя, выполняется в виде оптической светопроницаемой щели. Световой поток, излучаемый отдельной лампой или группой мощных ламп, установленных в одном вводном устройстве, направляется внутрь канала световода, например, с его торца. После многократных отражений световой поток, выходящий равномерно из оптической щели световода, поступает в помещение. На взгляд автора, мощным импульсом в создании и совершенствовании осветительных устройств со щелевыми световодами, еще более экономичными, является использование в качестве источников света светодиодных ламп, которые при значительно меньшем энергопотреблении способны обеспечить эффективное освещение. Светодиодные источники света более долговечны, безопасны, не требуют специальных охлаждающих систем.

В качестве материала для изготовления традиционных мягких световодов используют в основном светопропускающую полимерную пленку. Щелевые световоды длиной до 24 м при диаметре 0,25 м не сложны для изготовления. Раскрой щелевых цельных световодов из эластичного материала длиной 40...50 м при диаметре 0,6 м или длиной 80...90 м при диаметре 1,15 м представляет сложную техническую проблему. В связи с этим изготовление щелевого световода, состоящего из отдельных участков, является рациональным решением этой проблемы. Необходимо отметить, что срок службы полимерных пленок невелик. Со временем зеркализованные пленки становятся ломкими, швы, выполненные сваркой, нарушаются, в световоды проникает пыль.

В качестве альтернативы полимерным пленкам (за исключением оптической щели) для изготовления мягких световодов нами предлагается использовать легкие эластичные текстильные материалы со светоотражающим покрытием, например, возможно применение тканей на основе полиэстера. Развитие научного направления по

металлизации тканей [5] может быть полезным и при изготовлении светоотражающих материалов для щелевых световодов. Для удобства изготовления, монтажа и демонтажа световода, а также регулирования его диаметра и длины, нами предлагается выполнять каналы, соединяемые между собой посредством тесьмы-молнии [6].

Для изготовления мягкого световода из текстильных эластичных материалов необходимо выполнить раскрой его стенок, сшить нитью детали между собой с образованием канала, соединить их с разъемной тесьмой молнией и светопропускающей пленкой, например, полиэтиленовой, выполнив оптическую щель. Возможно применение опыта клеевой герметизации ниточных соединений [7] деталей световода. Тесьма-молния может быть расположена поперек и/или вдоль канала световода (рис. 1 – схема осветительного устройства со щелевым световодом: 1 – вводное устройство; 2 – источник света; 3 – переходный элемент; 4 – светопроницаемая перегородка; 5 – канал световода с участками а и б; 6 – концевая часть световода; 7 – оптическая щель; 8 – элемент крепления концевой части световода; 9 – светоотражающая поверхность; 10 – разъемная тесьма-молния).

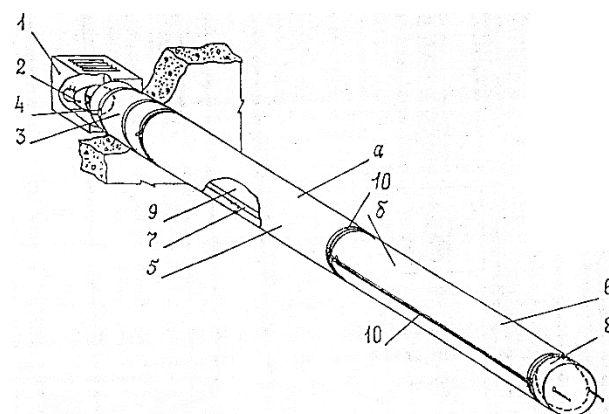


Рис. 1

Участки такого щелевого световода, например, длиной 2...6 м, могут быть легко изготовлены на традиционном швейном оборудовании и быстро собраны в протяженную конструкцию посредством разъемной тесьмы-молнии. Для удобства выполнения ремонтных работ участки световода

взаимозаменяемы. Любой поврежденный участок можно заменить, не разбирая всю конструкцию. Для подвески конструкции, например, под потолком помещения, в канал световода поперечно может быть установлено разрезное проволочное (пластмассовое) кольцо. Кольцо прикрепляется растяжками. Важным качеством такого разъемного щелевого световода является очистка его поверхности от пыли, например, путем простейшего встряхивания его участков при расстегнутой тесьме-молнии на открытом воздухе. Возможно выполнение съемной оптической щели из светопропускающей пленки с разъемной тесьмой-молнией, установленной с двух ее краев (рис. 2 – фрагмент участка щелевого световода: 1 – канал (ткань); 2 – светоотражающая поверхность (металлизированный слой); 3 – оптическая щель (полимерная светопропускающая пленка); 4 – разъемная тесьма-молния; 5 – притачанная тканая лента; 6 – разрезное кольцо (проволока, пластмасса); 7 – растяжка (проволока, шнур)).

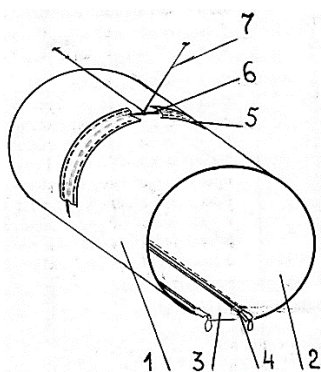


Рис. 2

Применение таких щелевых световодов в производственных помещениях, помимо вышеуказанных преимуществ, способно обеспечить качественное и надежное освещение.

Щелевой световод с разъемной тесьмой-молнией является важным очередным этапом в развитии осветительных устройств. В текстильной промышленности щелевые световоды целесообразны к использованию, в первую очередь, на льноперерабатывающих предприятиях (прядельные производства сухого способа прядения, ткацкие

производства, фильтр-камеры, производства нетканых льноматериалов).

## ВЫВОДЫ

Предложен щелевой световод, состоящий из участков с разъемной тесьмой молнией, существенно ускоряющий и облегчающий монтаж, демонтаж и ремонт осветительных устройств. Участки световода могут быть легко изготовлены на традиционном швейном оборудовании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Ю.Б., Бухман Г.Б., Пятигорский В.М. Новый принцип внутреннего освещения осветительными устройствами со щелевыми световодами // Светотехника. – 1976, № 2. С. 1...5.
2. Никитонкин В.Н. О целесообразности применения осветительных устройств со щелевыми световодами в текстильной промышленности // Светотехника. – 1981, № 11. С. 18...20.
3. Щепочкина Ю.А. Осветительные устройства со щелевыми световодами в производственных помещениях // Светотехника. – 1994, № 9. С. 25.
4. Пикман И.Я. Электрическое освещение взрывоопасных и пожароопасных помещений. – М.: Энергия, 1978.
5. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Металлизированные ткани для защитных костюмов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 79...84.
6. Патент на полезную модель № 117570. Российская Федерация. Щелевой световод. № 2011150798/07; заявл. 13.12.2011; опубл. 27.06.2012, Бюл. № 18. – 2 с.
7. Сурикова М.В., Метелева О.В., Коваленко Е.И. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 101...104.

## REFERENCES

1. Ajzenberg Ju.B., Buhman G.B., Pjatigorskij V.M. Novyj princip vnutrennego osveshhenija osvetitel'nymi ustrojstvami so shhelevymi svetovodami // Svetotehnika. – 1976, № 2. S. 1...5.
2. Nikitonkin V.N. O celesoobraznosti primeneniya osvetitel'nyh ustrojstv so shhelevymi svetovodami v tekstil'noj promyshlennosti // Svetotehnika. – 1981, №11. S. 18...20.
3. Shhepochkina Ju.A. Osvetitel'nye ustrojstva so shhelevymi svetovodami v proizvodstvennyh pomeshhenijah // Svetotehnika. – 1994, № 9. S. 25.
4. Pikman I.Ja. Jelektricheskoe osveshhenie vzryvoopasnyh i pozharoopasnyh pomeshhenij. – М.: Jenergija, 1978.



5. Sil'chenko E.V., Nikolaev S.D. Metallizirovannye tkani dlja zashhitnyh kostjumov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S.79...84.

6. Patent na poleznuju model' № 117570. Rossijskaja Federacija. Shhelevoj svetovod. № 2011150798/07; zajavl. 13.12.2011; opubl. 27.06.2012, Bjul. № 18. – 2 s.

7. Surikova M.V., Meteleva O.V., Kovalenko E.I. Soedinenie zashhitnyh materialov pri ispol'zovanii

samoklejushhegosja plenochnogo materiala // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 101...104.

Рекомендована кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов. Поступила 20.11.16.

УДК 332.145

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ МОЛОДЕЖИ КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ\*

### IMPROVING THE LIFE QUALITY OF YOUTH AS A FACTOR OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONS

*Е.Г. ЕРЛЫГИНА, С.В. ШТЕБНЕР, Н.Н. ПОЛЗУНОВА*  
*E.G. ERLYGINA, S.V. SHTEBNER, N.N. POLZUNOVA*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)  
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)  
Email: erlygina@mail.ru; shtebner@mail.ru; natalya.polzunowa@yandex.ru

*Качество жизни относят к главным критериям социально-экономического развития регионов. Повышение качества жизни влияет на уровень социально-экономического развития субъектов РФ, способствует укреплению политических позиций России. В работе рассмотрены различные методики исследования качества жизни. Методом корреляционно-регрессионного анализа установлена зависимость влияния качества жизни молодежи на социально-экономическое положение регионов размещения легкой промышленности.*

*Quality of life among the main criteria of socio-economic development of regions. Improving the quality of life, affects the level of socio-economic development of constituent entities of the Russian Federation, contributes to strengthening political positions of Russia. The paper discusses the various techniques of quality of life studies. The method of correlation-regression analysis dependence of the influence of the quality of life of youth in the socio-economic situation of the regions of light industrial accommodation.*

**Ключевые слова:** качество жизни, развитие регионов, корреляционно-регрессионный анализ.

**Keywords:** quality of life, regional development, correlation and regression analysis.

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ ("Механизм повышения эффективности влияния государственной молодежной политики на региональное развитие"), проект № 15-12-33004а/Ц.

Качество жизни является одним из важнейших показателей, признанных Организацией Объединенных Наций, отражающих уровень развития стран и регионов.

Понятие "качество жизни" является сложной комплексной характеристикой, включает в себя совокупность показателей, характеризующих не только материальный уровень жизни населения, но и духовно-нравственное, социальное качество жизни. В научной экономической литературе существует несколько определений термина "качество жизни молодежи".

Качество жизни молодежи – интегральное понятие, характеризующее в количественно измеряемых единицах различные стороны жизнедеятельности (образ, стиль жизни) молодежи и различных ее групп; состояние самого субъекта (демографические параметры, физическое и психическое здоровье); условия жизнедеятельности субъекта (уровень жизни молодого поколения) [1].

Оценка качества жизни строится на основе комплексного учета различных показателей, фиксирующих фактическое состояние тех или иных аспектов условий жизни и ситуации в различных социальных сферах [2]. Для оценки показателей используют следующие источники информации: Росстат, Минздрав России, Минфин Рос-

сии, ЦБ РФ, сайты региональных органов власти, другие открытые источники. На сегодняшний день существуют различные методики исследования качества жизни (табл. 1).

Современное региональное развитие Российской Федерации определяется социально-экономическими различиями между регионами. Повышение качества жизни молодежи влияет на уровень социально-экономического развития субъектов РФ, способствует укреплению политических позиций России [3].

Лидирующие позиции в рейтинге регионов по качеству жизни (рис. 1 – лидеры рейтинга регионов по качеству жизни – 2015 [4]) занимают Москва и Санкт-Петербург, высокие показатели у Московской области, Республики Татарстан, Краснодарского края, Белгородской области.



Рис. 1

Таблица 1

Наименование исследования	Назначение	Организация исследования	Методика исследования
Индекс качества жизни	Измеряет достижения стран мира и отдельных регионов с точки зрения их способности обеспечить своим жителям благополучную жизнь	Организация по экономическому сотрудничеству и развитию	Показатели: здоровье, семейная жизнь, общественная жизнь, материальное благополучие, политическая стабильность и безопасность, климат и география, гарантия работы, политическая свобода, гендерное равенство
Рейтинг качества жизни в регионах (на основе интегрального рейтингового балла)	Определяет фактическое состояние тех или иных аспектов условий жизни и ситуации в различных социальных сферах	Рейтинговое агентство "РИА Рейтинг"	Показатели: уровень доходов населения, жилищные условия населения, обеспеченность объектами социальной инфраструктуры, экологические и климатические условия, безопасность проживания, демографическая ситуация, здоровье населения и уровень образования, освоенность территории и развитие транспортной инфраструктуры, уровень экономического развития, развитие малого бизнеса
Индекс развития человеческого потенциала	Характеризует развитие человека в странах и регионах мира	Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН)	Показатели: ожидаемая продолжительность жизни, уровень грамотности населения страны, уровень жизни, оцененный через ВНД (валовой национальный доход) на душу населения

На современном этапе развития России социально-экономическую политику страны непосредственно реализуют регионы путем внедрения и реализации инвестиционных проектов, отбор которых осуществляется с помощью качественной оценки степени рисков на основе применения методов инвестиционного анализа [5]. В качестве основной характеристики уровня развития регионов РФ рассмотрим интегральный рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ (рис. 2) [6].



Рис. 2

При составлении данного рейтинга используются показатели масштаба экономики, эффективности экономики, бюджетной сферы, социальной сферы. Одним из основных показателей экономического развития РФ является Индекс промышленного производства в регионах.

Динамика промышленного производства в региональном разрезе характеризуется высоким уровнем неравномерности. Индекс промышленного производства изменялся в диапазоне от 154,6% в Ростовской области до 85,8% в Чукотском автономном округе. Среди регионов-лидеров нет ни одного региона, где отраслевая специализация связана с легкой промышленностью.

Тем более, что легкая промышленность по итогам года показала отрицательную динамику. Устаревшее оборудование и технологии, длительная зависимость от импортного сырья и отсутствие возможности получать доступные кредиты на развитие предприятий свело на нет возможность реализации экспортного потенциала. В 2015 г. все направления легкой промышленности показали сокращение объемов выпуска продукции, за исключением производства тканей всех видов (+14,7%) [6].

Регионы, замыкающие рейтинг по целому ряду показателей, занимают последние места. Эти регионы характеризуются низкими доходами населения, низким уровнем экономического развития, высокими показателями безработицы. Регионы с низким рейтингом социально-экономического развития требуют особенного внимания к качеству жизни молодежи. И тогда создание региональных площадок в форме Студенческих объединений [2] позволит молодежи продвигать в своем регионе уникальные технологии, упростит взаимодействие студентов с потенциальными работодателями, даст возможность молодым специалистам работать над построением своей карьеры, что положительно скажется на динамике показателей, определяющих социально-экономическое положение региона.

Для изучения связи между качеством жизни молодежи и социально-экономическим положением регионов размещения легкой промышленности воспользуемся методом корреляционно-регрессионного анализа. Данный метод объединяет корреляционный анализ и регрессионный анализ, является основным в изучении взаимосвязей явлений.

Для оценки силы связи в теории корреляции применяется следующая шкала: слабая – от 0,1 до 0,3; умеренная – от 0,3 до 0,5; заметная – от 0,5 до 0,7; высокая – от 0,7 до 0,9; весьма высокая (сильная) – от 0,9 до 1,0.

При исследовании зависимости социально-экономического положения субъектов РФ от качества жизни используем факторы, отражающие уровень развития российских регионов размещения легкой промышленности.

В качестве зависимого показателя  $Y$  выбираем интегральный рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ [6], в качестве показателя  $X$  – сводный рейтинговый балл рейтинга регионов по качеству жизни [4]. Оценка связи между фактором  $X$  и результативным признаком  $Y$  осуществляется с помощью парных коэффициентов корреляции (табл. 2 – матрица парных коэффициентов корреляции).

Т а б л и ц а 2

Показатель \ Год	2013		2014		2015	
	У	Х	У	Х	У	Х
У	1	1	1	1	1	1
Х	0,805677	1	0,818893	1	0,98345	1

Полученные многофакторные модели устанавливают наличие зависимости влияния качества жизни на социально-экономическое положение регионов размещения легкой промышленности.

Для исследования динамики уровня развития регионов были использованы данные за 2013-2015 гг. Для каждого года

анализируемого периода построены статистические многофакторные модели, которые приведены в табл. 3 (многофакторные статистические модели зависимости социально-экономического положения регионов размещения легкой промышленности от качества жизни).

Т а б л и ц а 3

Период	Аналитический вид модели	Коэффициент множественной корреляции	Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	Характер связи
2015	$y = 0,92x + 2,51$	0,76	0,59	сильная
2014	$y = 1,28x - 12,38$	0,81	0,67	сильная
2013	$y = 1,29x - 12,30$	0,81	0,65	сильная

## ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных результатов показывает, что характер влияния анализируемых факторов во времени соответствует экономическим представлениям и, как показывает анализ матриц коэффициентов парной корреляции по каждому году, ни один из факторов не изменяет направления своего влияния. Развитие приведенного аппарата оценивания видится в дополнении его показателями математической статистики, в частности, случайными величинами, имеющими вероятностный характер [5], что позволит прогнозировать рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ.

2. Проведенное исследование подтверждает гипотезу о влиянии качества жизни молодежи на уровень социально-экономического развития субъектов РФ, показывает возможность использования этих методов для непрерывного мониторинга влияния качества жизни на социально-экономическое положение субъектов РФ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Словари и энциклопедии на Академике. URL: <http://dic.academic.ru/> (дата обращения: 12.05.2016).
2. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Опыт практической реализации

укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 1. С. 15...18.

3. Ведехин А.Ю., Филимонова Н.М. Идентификация проблем реализации молодежной политики // Российское предпринимательство. – 2012, № 18. С.30...34.

4. Рейтинг регионов РФ по качеству жизни. URL: [www.riarating.ru/](http://www.riarating.ru/) (дата обращения: 15.02.2016).

5. 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. С. 5...9.

6. Рейтинг социально-экономического положения субъектов. URL: <http://www.riarating.ru/> (дата обращения: 12.02.2016).

## REFERENCES

1. Sloviri i jenciklopedii na Akademike. URL: <http://dic.academic.ru/> (data obrashhenija: 12.05.2016).
2. Alojan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Opyt prakticheskoj realizacii ukrepljenja svjazej nauki IVGPU s proizvodstvom v uslovijah razvitija infrastrukturoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S.15...18.
3. Vedehin A.Ju., Filimonova N.M. Identifikacija problem realizacii molodezhnoj politiki // Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2012, № 18. S. 30...34.
4. Rejting regionov RF po kachestvu zhizni. URL : [www.riarating.ru/](http://www.riarating.ru/) (data obrashhenija: 15.02.2016).

5. Alojjan R.M., Tatievskij P.B., Fedoseev V.N., Zajceva I.A. Ocenka stepeni riska investicionnyh proektov po razvitiju tehnoparka Ivanovskogo regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 5...9.

6. Rejting social'no-jekonomicheskogo polozhenija sub"ektov. URL : [http://www.riarating.ru/\(data obra-shhenija: 12.02.2016\)](http://www.riarating.ru/(data obra-shhenija: 12.02.2016)).

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга. Поступила 21.11.16.

УДК 378.1

## ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МОЛОДЫМИ КАДРАМИ\*

### ISSUES OF THE DEVELOPMENT OF TEXTILE INDUSTRY OF YOUNG CADRES

*H.B. МОРГУНОВА, Р.В. МОРГУНОВА, Н.М. ФИЛИМОНОВА*  
*N.V. MORGUNOVA, R.V. MORGUNOVA, N.M. FILIMONOVA*

(Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)  
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs)  
E-mail: nmorgunova@mail.ru; morgunovarv@mail.ru; natal\_f@mail.ru

*В статье рассмотрены вопросы необходимости привлечения молодежи в текстильную отрасль для формирования человеческого потенциала, адекватного текущим и перспективным целям и задачам отрасли. Определены проблемы, препятствующие трудоустройству молодых людей на предприятиях отрасли, обоснованы варианты их решения.*

*The need to involve young people in the textile industry for the formation human capital is considered in the article that is adequate current and future goals and objectives of the industry. Problems impeding employment of young people in the enterprises of the sector are identified and options for their solutions are grounded.*

**Ключевые слова:** молодежь, безработица, мотивация, ценности, текстильная промышленность.

**Keywords:** youth, unemployment, motivation, values, textile industry.

Текстильная отрасль является важным многопрофильным и инновационно-привлекательным сектором экономики. По уровню потребления продукция текстильной отрасли близка к уровню потребления продовольственных товаров (особенно в кризисных периодах, связанных со снижением покупательной способности населения), что и определяет ее значимость. Отрасль может и должна играть важную роль

в обеспечении экономической безопасности страны, в решении проблемы занятости населения, повышении жизненного уровня людей. Ведущие мировые страны оказывают инвестиционную поддержку развитию отрасли, даже учитывая сложившееся разделение труда. Одни страны продают сырье, другие его перерабатывают, третьи производят конечную продукцию, четвертые продают. России необходимо определить свои приоритеты и на этой основе

\* Работа подготовлена при поддержке фонда РГНФ проект № 15-12-33004а/Ц "Механизм повышения эффективности влияния государственной молодежной политики на региональное развитие".

сформировать портфель проектов, имеющих рыночную перспективу с учетом требований национальной безопасности.

Вытеснение российского товаропроизводителя с внутреннего рынка не очень существенно замедлилось из-за экономических санкций, не произошло существенного роста спроса на российский текстиль. Принятая программа поддержки легкой промышленности на 2016 г., утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 января 2016 г. № 85, содержит меры, направленные на финансовую поддержку, очень незначительную в масштабах отрасли, технологическую поддержку, протекционистские по отношению к российским товарам меры [1]. Объем программы составляет всего 1,475 млн. руб., что несоразмерно проблемам отрасли.

Со стратегической точки зрения необходимо учитывать, что текстильная отрасль технологически тесно связана с аграрным сектором. Существует очевидная синергетическая связь, очень значимая для РФ. Восстановление и развитие важнейших направлений сельскохозяйственного производства повысит платежеспособный спрос внутри страны и емкость внутреннего рынка, что критически важно в условиях кризиса.

*Гипотеза:* для решения проблем текстильная промышленность в большей степени, чем другие отрасли, нуждается в притоке рабочей силы молодых возрастов.

Для исследования проблемы применялись научные методы проблемно-хронологического анализа выделенных аспектов, что позволило выявить тенденции привлечения или причины нежелания рабочей молодежи идти работать в отрасль.

Это обусловлено стадией жизненного цикла отрасли. Выделяются четыре стадии жизненного цикла отрасли:

– этап инициации, первоначальной разработки, когда отрасль относительно нова, идет апробация бизнес-идей, риски инвесторов велики, но оправданы значительными доходами в случае успеха;

– этап стремительного роста наступает, если отрасль оказалась успешной, сбыт продукции отрасли расширяется, растут

инвестиционные ресурсы, в том числе за счет других отраслей, в отрасль входит множество новых игроков;

– этап зрелости, когда темпы роста оборотов замедляются, сбыт больше зависит от темпов экономического роста в стране. Этот этап выявляет стратегический характер отрасли "оборонительная" или "циклическая";

– этап стабильности, часто переходящей в упадок, когда спрос на продукцию существенно снижается, бизнес покидает отрасль.

Принято считать, что текстильная отрасль в России, как большинство отраслей промышленности, находится в стадии упадка. Однако, если рассматривать ситуацию более глубоко, скорее, отрасль переживает возрождение, вернувшись на этап первоначальной разработки, но уже в новом качестве. Структура производимой продукции на вновь создающихся и немногих оставшихся в действии предприятиях существенно изменилась, по сравнению с периодом зрелости в советское время. Нужен приток свежих идей, новый взгляд молодого поколения на требования к текстильным товарам. Для этого нужны как молодые специалисты, так и молодые рабочие. В уже упоминавшейся государственной программе поддержки отрасли нет ни одного мероприятия, направленного на подготовку и переподготовку кадров отрасли. Очевидно, необходима специальная программа, направленная на обеспечение отрасли квалифицированными кадровыми ресурсами. Первым шагом должно стать создание отраслевой рабочей группы для проведения мониторинга и прогнозирования потребностей в кадрах в сфере текстильной отрасли и по результатам этого исследования целесообразно сформировать уже постоянно действующий совет по развитию технического и профессионального образования и подготовке кадров отрасли. Возможным решением является создание современного межрегионального центра по подготовке и переподготовке кадров для отрасли. Всего скорее, это может быть в центре подготовки кадров – в г. Иванове,

где имеются квалифицированные кадры высших учебных заведений отрасли.

Движущей силой процесса должно стать формирование государственного образовательного заказа на подготовку специалистов. Для обеспечения целенаправленной подготовки необходимо создать работающие профессиональные стандарты по приоритетным специальностям текстильной отрасли, обеспечить внедрение независимой системы сертификации квалификаций выпускников технического и профессионального образования по направлениям подготовки отрасли.

Проведение этих мероприятий даст эффект, если в отрасль и на обучение придет молодежь. Однако молодые люди не стремятся работать в промышленности, более доходной и престижной считается деятельность в сферах государственной службы, финансов, права и массовой культуры. Лишь незначительная часть молодых людей становится квалифицированными рабочими. При этом большинство этих рабочих живет в семьях с доходом около черты бедности, то есть по сути – это воспроизводство низкокачественной социально-профессиональной структуры населения.

Кроме нежелания самих молодых людей существует и другая сторона проблемы, причем проблема эта носит глобальный характер. Безработица среди молодежи превышает аналогичные показатели в других возрастных группах, это наблюдается как в развитых, так и в странах с низким уровнем экономического развития. Молодым сложнее найти работу, для "закрепления" приходится "соглашаться на крайне низкую зарплату". Некоторые работодатели используют это как возможность – эксплуатировать молодежь. В качестве примера можно рассмотреть бесчисленное количество "промоутеров" в продажах, "консультантов" в банках, где молодежь привлекают возможностью получить постоянную работу, но в качестве условия закрепления выступает практически бесплатная работа в течение одного и даже более месяцев. Чаще всего молодого сотрудника, если и трудоустраивают далее, то на гораздо менее оплачиваемую, чем говорилось в начале,

работу. Молодые люди теряют уверенность в своих силах, у них нарастает негативное отношение к более старшим поколениям, которые не дают им работать и зарабатывать средства для достойной жизни.

Данные Федеральной службы государственной статистики свидетельствуют, что хотя уровень безработицы в России по результатам обследования за декабрь 2014 г. – февраль 2015 г. составлял 5,9 %, при том что январь и февраль, всегда сложные в экономическом отношении из-за падения спроса после декабрьского пика [2]. Однако среди молодежи в возрасте до 25 лет доля безработных составляет 22,9 %. В феврале в возрастной группе от 15 до 24 уровень безработицы составил 15,8 %. Уровень безработицы молодежи в 3,3 раза выше безработицы в возрастной группе от 30 до 49 лет. 26,5% безработных уже в категории застойной безработицы, т.е. ищут место в течение года и более [3].

Одной из причин такого положения является низкий уровень информированности молодых о возможных местах работы [4]. Исследование, проведенное авторами среди бакалавров – выпускников направления "Менеджмент", показало, что даже относительно развитые студенты не используют большинство источников получения информации по вакансиям, не изучают требования к работе, не ведут активного поиска работы, посещая профессиональные выставки, форумы, мероприятия, в которых участвуют интересующие их работодатели. Причинами такого пассивного подхода по результатам опроса явилась неуверенность молодых людей в своих силах, отсутствие профессиональной практики, боязнь собеседования. При этом объективных причин для такой неуверенности нет. Участвовавшие в исследовании студенты имели уровень успеваемости выше среднего по их учебным группам, часть их является медалистами по окончании средней школы, более половины имеет сертификаты и грамоты, подтверждающие участие и занятые места в различных научных и научно-практических мероприятиях в различных вузах страны.

Причиной данной ситуации, по нашему мнению, является выраженная тенденция сохранения детской инфантильности в более старших возрастах. В университетах сейчас учится поколение, выросшее в новых, экономически более благоприятных условиях, нежели перестроечное поколение [5]. Родители имели возможность растить детей, не требуя от них участия в семейном бюджете в части доходов, не возлагая на них ответственность за их собственную жизнь.

Сформированная в "тепличном периоде" система ценностей молодежи нуждается в активной корректировке в сторону ценности ответственности перед обществом за свой вклад в его развитие и полной ответственности за свою жизнь. Методом такой корректировки является активизация привлечения к работе над личностным ценностным профилем квалифицированных преподавателей, психологов, коучей. Наш опыт работы показывает, что создание специализированных курсов самоменеджмента в учебных заведениях, привлечение старшеклассников в эти школы создаст предпосылки для формирования более ценных для развития страны потребностей молодых людей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение правительства РФ от 26 января 2016 г. № 85-р. URL: 3. <http://government.ru/media/files/ntLlzwWx5liKngAEeiwM9YxkNte7W8Db.pdf>

2. Безработица, Россия–2015 URL: <http://drugoenmnie.info/bezrobotitsa-rossiya-2015/>

3. Молодежь России: тенденции, перспективы / Под ред. И. М. Ильинского, А. В. Шаронова. – М.: Молодая гвардия, 1993.

4. Чупров В.И. Развитие молодежи: концептуализация понятия // Молодежь России: социальное развитие / Отв. ред. В. И. Чупров. – М.: Наука, 1992.

5. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2015, № 1. С. 15...18.

#### REFERENCES

1. Rasporjzhenie pravitel'stva RF ot 26 janvarja 2016 g. № 85-r. URL: 3. <http://government.ru/media/files/ntLlzwWx5liKngAEeiwM9YxkNte7W8Db.pdf>

2. Bezrobotica, Rossija–2015 URL: <http://drugoenmnie.info/bezrobotitsa-rossiya-2015/>

3. Molodezh' Rossii: tendencii, perspektivy / Pod red. I. M. Il'inskogo, A. V. Sharonova. – M.: Molodaja gvardija, 1993.

4. Chuprov V.I. Razvitie molodezhi: konceptualizacija ponjatija // Molodezh' Rossii: social'noe razvitie / Otв. red. V. I. Chuprov. – M.: Nauka, 1992.

5. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Opyt prakticheskoy realizacii ukreplenija svjazej nauki IVGPU s proizvodstvom v uslovijah razvitija infrastrukturnoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.– 2015, № 1. S.15...18.

Рекомендована кафедрой менеджмента и маркетинга. Поступила 12.05.16.



**УПРОЧНЕНИЕ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ  
ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ  
НЕТКАНЫМ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ  
И ПЕНОСТЕКОЛЬНЫМ ЩЕБНЕМ**

**HARDENING OF THE SOIL BASIS  
FOR CONSTRUCTIONS  
BY NONWOVEN GEOTEXTILE FABRIC  
AND FOAM GLASS GRAVEL**

*А.Б. ПЕТРУХИН, Л.В. ЗАКРЕВСКАЯ, А.И. ГАНДЕЛЬСМАН*  
*A.B. PETRUKHIN, L.V. ZAKREVSKAYA, A.I. GANDELSMAN*

(Ивановский государственный политехнический университет,  
Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)  
(Ivanovo State Polytechnical University,  
Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)  
E-mail: lvzak@mail.ru; artem33.96@mail.ru

*В статье рассмотрены технологические и конструктивные вопросы упрочнения грунтового основания с помощью нетканого геотекстильного материала и щебня пеностекла.*

*The article discusses the technological and constructive questions of strengthening of subgrade by using non-woven geotextile material and gravel foamed glass.*

**Ключевые слова:** армированное основание, глинистые грунты, геотекстиль, пеностекло, тиксотропия.

**Keywords:** reinforced base, clay soils, geotextiles, foam glass, thixotropy.

Значительную часть грунтовых оснований Владимирской и Ивановской областей, применяемых для нужд строительной отрасли, составляют пылевато-глинистые грунты с высоким процентным содержанием частиц размером менее 0,005 мм, имеющие в основе оксидно-химический состав. Свойства глинистых грунтов формируются в процессе возникновения грунтов, начиная с осадконакопления и кончая превращением осадка в породу. Строительные свойства глинистых грунтов определяются их составом, состоянием и структурными особенностями. На прочность глинистых грунтов в значительной степени влияет толщина водных оболочек, покрывающих глинистые частицы: чем толще водные оболочки, тем менее прочен глинистый грунт, и наоборот. При внешней нагрузке скелет будет разрушаться там, где связи окажутся наиболее слабыми. При увеличении

нагрузки разрушение может достигнуть участков с более прочными связями. Характерной особенностью глинистых грунтов является способность разупрочняться и приобретать свойства вязкой жидкости в результате приложения любого механического воздействия, например вибрации. По прекращении этого воздействия глинистые грунты со временем вновь упрочняются, иногда до первоначальной прочности.

Одним из способов улучшения прочностных и деформационных свойств оснований является применение армированного грунта, представляющего собой комбинацию грунта и геотекстиля. Введение армирующих элементов позволяет значительно улучшить прочностные и деформационные характеристики грунтов. Применение геотекстиля возможно в различных направлениях строительного производства: при строительстве автомобильных дорог, при

обустройстве временных дорог и подъездных путей на слабых неустойчивых грунтах (болотах, переувлажненных грунтах), при решении вопросов устойчивости склонов.

Из всего многообразия геотекстильных материалов было выбрано полотно на основе утилизации ПЭТФ, так как в настоящее время имеется большое количество бытовых отходов, причем значимость процесса их утилизации ежегодно возрастает. В работе были использованы не только геотекстильные материалы, но и отходы пеностеклового производства в виде щебня, фракции 50...70 мм. В табл. 1 представлены отдельные показатели компонентов укрепления грунта. В комплексном решении проблемы укрепления грунта и утилизации различного вида отходов были проведены

эксперименты по использованию отходов горнодобычи, в частности, доломита Мелеховского месторождения.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя, единицы измерения	Значение
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	100...140
Предел прочности при сжатии, МПа	0,6...0,9
Прочность на изгиб, МПа	9,28...0,43
Морозостойкость, циклов	50...70
Водопоглощение, % от массы	1...3
Теплопроводность, Вт/м·К	0,07
Угол внутреннего трения, град	45...48

В табл. 2 представлены отдельные свойства геотекстиля.

Т а б л и ц а 2

Отдельные свойства геотекстильного материала на основе переработки ПЭТФ, единицы измерения	Значение
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	400...800
Предел прочности при сжатии, МПа	40...65
Водопоглощение, % от массы	0,5...0,6
Морозостойкость, циклы	35...55
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,04...0,06

В составе доломитовых отходов, при тщательном изучении их микроструктуры, были обнаружены наноразмерные частицы (рис. 1), которые могут играть роль упрочняющих структурных добавок, влияющих на плотность упаковки. Глинистые грунты – это коллоидные системы, и наноразмерные частицы, вероятнее всего, должны приводить к развитию процесса перехода "золь-гель" и изменять пластичность укрепляемого грунта. Подбор оптимальной концентрации доломитовых отходов зависит

от состава глинистого грунта и ограничивается так называемым усвоением ими наноразмерных структур. Как показывают опытные данные (рис. 2), существует определенный концентрационный порог, когда увеличение концентрации не приводит к увеличению прочности. В случае доломитовых отходов он составляет 10...12%. Экспериментальные данные показывают, что максимальное увеличение прочности составляет 30%.

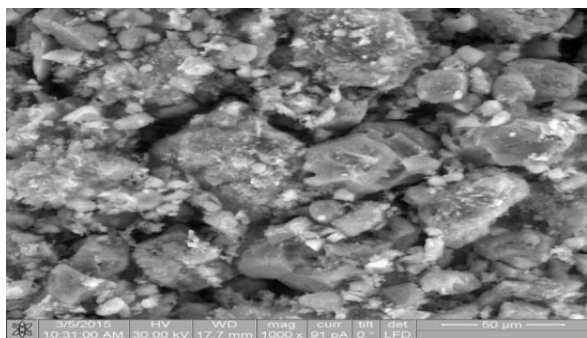


Рис. 1

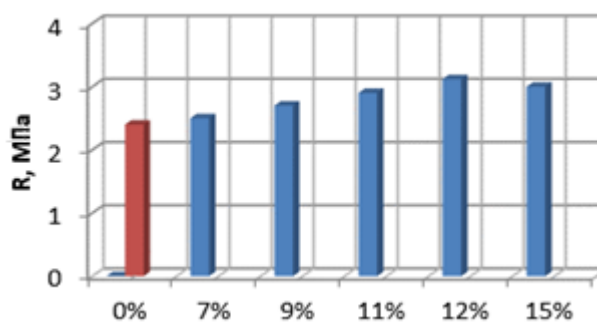


Рис. 2

Коэффициент температурного расширения щебня пеностекла близок к бетону, стали, керамике. Не дает усадки во время эксплуатации и, как следствие, отсутствие "мостиков холода" исключает морозное пучение.

Нетканый геотекстиль на основе вторичного ПЭТФ отличается высокими показателями прочности на растяжение и разрыв, стойкостью к динамическим нагрузкам и статическому напряжению. Нами была предпринята попытка разработки технологии получения геотекстиля из бытовых отходов полиэтилентерефталата (ПЭТФ) – "пластиковой тары". Но так как количество вторичного ПЭТФ увеличивается с каждым годом, то вопрос его переработки является острой проблемой, которая успешно решается при производстве текстильных изделий и, в частности, геоматериалов. ПЭТФ-волокно из вторичного сырья позволяет получить нетканый водонепроницаемый текстильный материал с требуемыми для этих целей свойствами.

Также была разработана технология получения геотекстиля (ПЭТФ) с улучшенными механическими показателями за счет

введения углеродных наноразмерных трубок (УНТ). Технология введения УНТ разработана в лаборатории ВлГУ и заключается в предварительном получении "концентрата" наночастиц во вторичном ПЭТФ с целью облегчения равномерного распределения в большей массе сырья. Расплаву подвергали десятую часть полимера с подачей в него водного раствора УНТ, обработанных ультразвуком, и затем затвердевшие гранулы полимера перемешивали с оставшейся частью исходного вещества методом кавитационного диспергирования.

Принцип работы установки основывается на разделении агломерированных УНТ за счет кавитационных эффектов, возникающих при прохождении потока жидкости через специально спрофилированный канал кавитатора.

При этом происходит образование газовых или парогазовых пузырьков, схлопывание которых сопровождается интенсивными ударно-волновыми процессами с возникновением локальных зон сверхвысоких давлений и температур, что приводит к равномерному распределению УНТ в объеме матрицы.

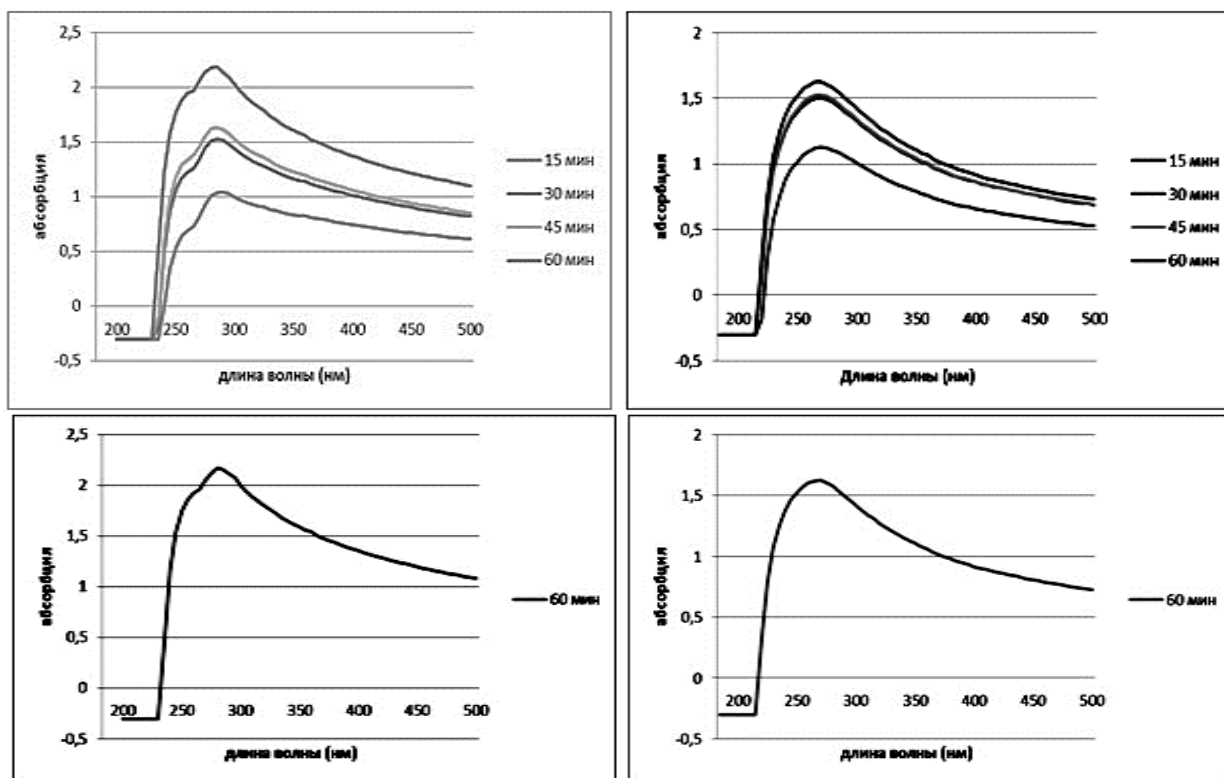


Рис. 3

Для изучения стабильности и долговечности полученных суспензий использовали метод ультрафиолетовой микроскопии, исследования проводились после 30 суток. Установлено, что степень поглощения УФ-излучения функциональными добавками с углеродными частицами и поликарбонатным эфиром не изменилась по сравнению с образцами, исследованными сразу после их получения (рис. 3).

Укладку геотекстиля рекомендуется выполнять строго перед засыпкой материала-наполнителя (щебня, гравия, песка, грунта). Таким образом, геотекстиль позволяет эффективно армировать поверхность склонов, предотвращать эрозию грунта и отводить грунтовые и дождевые воды со склона. Толщина отсыпаемого слоя в плотном теле должна быть не менее 20 см. При применении геотекстиля осуществляется разделение слоев разнофракционных материалов, происходит препятствование перемешиванию слоев на границе контакта, фильтрация поверхностных вод без задержки в основании, предотвращение заиливания при переменном уровне грунтовых вод, повышение сдвигоустойчивости нижележащих слоев за счет внедрения в конструкцию геотекстильного материала.

## В ы в о д ы

Использование предложенного авторами способа укрепления глинистого или любого слабого грунта дает возможность возводить сооружения на любом грунте – исключить деформации морозного пучения при работе основания.

1. Нехорошев А.В., Гусев Б.В., Баранов А.Т., Холпанов Л.П. Явления, механизм и энергетические уровни образования структурированных дисперсных систем // Доклады АН СССР. – 1981. Т. 258, №1. С. 149...153.

2. Гусев Б.В., Холпанов Л.П. К вопросу о блочной коллоидно-химической кристаллизации. – М.: Научный мир, 2008.

3. ГОСТ Р 53225–2008. Материалы геотекстильные.

4. Нарбут Р.М. Возведение зданий и сооружений на слабых глинистых грунтах. – Л.: 1975.

5. Семендяев Л.И. Проблема комплексной оценки устойчивости земляного полотна автомобильных дорог при индивидуальном проектировании в сложных условиях пересеченной местности. – М., 1995. (Автомоб. дороги: Обзорн. информ / Информавтор; Вып. 5).

## R E F E R E N C E S

1. Nehoroshev A.V., Gusev B.V., Baranov A.T., Holpanov L.P. Javlenija, mehanizm i jenergeticheskie urovni obrazovanija strukturirovannyh dispersnyh sistem // Doklady AN SSSR. – 1981. T. 258, №1. S.149...153.

2. Gusev B.V., Holpanov L.P. K voprosu o bločnoj kolloidno-himicheskoj kristallizacii. – M.: Nauchnyj mir, 2008.

3. GOST R 53225–2008. Materialy geotekstil'nye.

4. Narbut R.M. Vozvedenie zdaniy i sooruzhenij na slabych glinistyh gruntah. – L.: 1975.

5. Semendjaev L.I. Problema kompleksnoj ocenki ustojchivosti zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog pri individual'nom proektirovanii v slozhnyh uslovijah peresechennoj mestnosti. – M., 1995. (Avtomob. dorogi: Obzorn. inform / Informavtodor; Vyp. 5).

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства ИВГПУ. Поступила 29.11.16.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ  
НА ОСНОВЕ ТОРФОЦЕМЕНТА  
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**THE USE OF EFFECTIVE THERMAL INSULATION  
ON THE BASIS OF PEAT-CEMENT  
IN THE RECONSTRUCTION OF TEXTILE ENTERPRISES**

*H.M. ВИТАЛОВА*  
*N.M. VITALOVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: marabaev52@mail.ru

*В статье представлены результаты экспериментального исследования прочностных характеристик теплоизоляционных торфоцементных строительных материалов в зависимости от процентного содержания портландцемента, характера взаимодействия вяжущего с жидкой средой и технологии изготовления. Приводится теоретическое обоснование целесообразности применения торфа в качестве органического заполнителя. Даются графики зависимостей влияния количества вяжущего на прочность при сжатии и при изгибе при различной продолжительности времени выдержки. В заключение приводятся оптимальные состав торфоцемента и технологические параметры его получения.*

*In the article presented the results of experimental research of descriptions of durability of thermo-insulating peat-cement building materials depending on the percentage of portland-cement, character of co-operation binding materials a liquid environment and technologies of making. There are theoretical basis of expediency of application of peat as an organic filler. Are given the graphs of dependences of amount binding materials on bending strength and pressing at different duration of time of hardening. Finally, contained optimal composition of peat-cement and technological parameters of his receipt.*

**Ключевые слова:** торфоцемент, теплоизоляционные материалы, прочность при сжатии и изгибе.

**Keywords:** peat-cement, thermo-insulating building materials, bending strength and pressing.

Здания и сооружения текстильной промышленности г. Иванова и Ивановской области эксплуатируются более 100 лет. В связи с перевооружением предприятий новым оборудованием и физическим износом строительных конструкций необходимо производить их реконструкцию. Важными требованиями, предъявляемыми при реконструкции зданий, являются прочность, долговечность, простота возведения, высокая

теплоизолирующая способность материалов и конструкций. Одним из эффективных направлений решения задачи применения ресурсо- и энергосберегающих технологий в строительстве является производство и применение новых материалов, обладающих хорошими эксплуатационными характеристиками, невысокой стоимостью и экологичностью [1]. Примером таких строи-

тельных материалов могут служить торфоцементные плитные изделия теплоизоляционного назначения.

Для повышения механической прочности строительных материалов на основе торфа в качестве вяжущего следует применять портландцемент. Применение портландцемента позволяет получить легкий бетон средней плотности ( $600 \dots 750 \text{ кг/м}^3$ ) и теплопроводностью до  $0,08 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  конструкционного и конструкционно-теплоизоляционного типов. Так как цемент значительно увеличивает массу бетона, то его содержание доводится до минимума. Пористый заполнитель в этом случае вместе с цементным вяжущим дает оптимальную структуру, при которой механическая прочность достаточно высока [7].

В бетоноведении закон прочности материала оптимальной структуры описывается уравнением:

$$P_b = P_c^* / x^n, \quad (1)$$

где  $P_b$  – прочность цементного бетона оптимальной структуры, МПа;  $P_c^*$  – прочность цементного камня оптимальной структуры, МПа;  $x$  – отношение фактической величины  $V/C$  бетона к  $V^*/C$  цементного камня оптимальной структуры;  $n$  – показатель степени, отображающий влияние заполнителя, дефектов структуры на прочность бетона.

Из уравнения (1) следует, что для повышения прочности бетона следует уменьшить значение реального отношения  $V/C$  и показатель степени  $n$  [2]. Это достигается в основном фракционированием заполнителя, составлением плотных смесей и их механической активацией.

При разработке торфоцементного композиционного материала учитывались следующие факторы:

- для каждой разновидности вяжущего вещества имеются свои специфические особенности взаимодействия с заполнителем и водой;

- химический, минералогический и гранулометрический составы заполнителя и вяжущего вещества;

- характер процесса взаимодействия неорганического вяжущего вещества с жидкой средой обусловлен, во-первых, типом молекулярной связи, в данном случае являющейся ионной, во-вторых, тем, что компоненты находятся в высокодисперсном состоянии, и, в-третьих, тем, что заполнитель представляет собой вещество с содержанием органических примесей;

- торф, в силу своей природы, также обладает связующими свойствами в естественных условиях [6].

Для каждого вяжущего вещества имеются свои специфические особенности взаимодействия с водой и заполнителем – химические, минералогические, гранулометрические и так далее. Поэтому характер взаимодействия вяжущего с жидкой средой обуславливается тем, что образование коллоидов и кристаллогидратов свойственно только данному виду вяжущего. Оно обусловлено тем, что, во-первых, вяжущее находится в высокодисперсном состоянии, и, во-вторых, основным типом связи в них является ионный. Вследствие этого микронные частицы вяжущих веществ, преимущественно состоящих из ионных кристаллических решеток с высокой суммарной энергией связи, создают прочную связь. Вместе с этим сохраняется характерная для ионной связи способность к электростатическому взаимодействию с ионами заполнителя. Такая ионная связь обладает свойствами насыщенности, что определяет способность молекул соединяться в агрегаты [8].

Согласно общей теории твердения композита, в нем присутствуют две стадии. На первой стадии высокодисперсное неорганическое вяжущее вещество переходит в качественно измененную метастабильную систему. На второй стадии система переходит в относительно устойчивое камневидное вещество. По сравнению с исходным цементом, в состав затвердевшего вещества входит до 60% и более новообразований, и небольшая часть вяжущего не успевает претерпеть деструкционных изменений. Эти две стадии твердения цемента не изолированы друг от друга, а накладываются одна на другую без четких границ раздела [7].

На прочность торфоцементных изделий оказывает влияние влажность торфа. В среднем влажность торфа, используемого в качестве заполнителя для производства теплоизоляционных изделий, составляет 60...75%, для изготовления торфоцементных плит возникает необходимость в снижении начальной влаги до 40...45% [3].

Определение влияния вида вяжущего на физико-механические показатели торфяного композита проводили следующим образом. Изготавливались по 12 образцов-кубов с использованием портландцемента в соотношениях 1, 3, 5, 7% по массе к торфу с размерами 40×40×40 мм и балочек с размерами 40×40×160 мм. Образцы получали методом прессования с усилием 0,8 кН.

При прессовании воздух, находящийся в торфяной смеси, сжимается и способствует распределению влаги, а сам, будучи в защемленном состоянии, не успевает удалиться. С ростом продолжительности процесса прессования, некоторая часть вытесненного воздуха замещается водой, количество газовой фазы в массе уменьшается, а влажность возрастает. Для удаления избыточной воды нижняя плита формы была выполнена перфорированной.

Перед прессованием массу готовили путем перемешивания компонентов, а именно: во влажный торф добавляли вяжущее в необходимом весовом количестве [4].

Формовочную смесь готовили следующим образом. Крупные частицы торфа отделяли от мелких путем отсева на ситах. Формовочная смесь содержала частицы торфа размерами не более 5 мм. Отсортированный таким образом торф перемешивали с вяжущим при влажности 40...45%.

Отпрессованные образцы выдерживали в естественных условиях в течение 7 и 28 суток. После выдержки при комнатной температуре (18...20°С) и влажности 60...70% определяли предел прочности при изгибе и сжатии и водопоглощение.

На рис. 1 (влияние вяжущего на прочность торфоцементных образцов: 1 – прочность при изгибе, МПа; 2 – прочность при сжатии, МПа) приведены кривые зависимости предела прочности торфоцементных

образцов от процентного содержания вяжущего после 7-суточного твердения. Как видно из рис. 1, прочность образцов зависит от процентного содержания вяжущего. Причем эта зависимость не пропорциональная, а носит криволинейный характер.

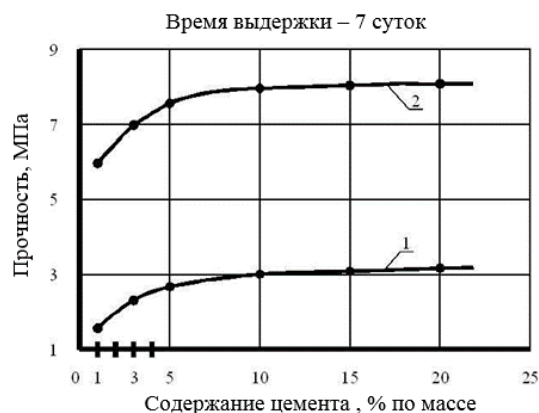


Рис. 1

Увеличение содержания цемента приводит к росту прочности торфоцемента как при изгибе, так и при сжатии. Однако параллельно с прочностью возрастает и плотность образцов. Торфоцементные изделия с содержанием до 20% вяжущего незначительно превышают по прочности образцы, в состав которых входит 5% цемента. Если разница в прочности у образцов, содержащих 5...10% цемента, составляет 30%, то дальнейшее повышение (до 20%) не дает существенного эффекта (рис. 1). Так, например, прочность при 5%-ном содержании цемента составляет 6,47 МПа, а при 20% – лишь 7,18 МПа. Повышение содержания вяжущего не дает желаемого результата по прочности как при изгибе, так и при сжатии. Кроме этого, введение в состав композита 20% по массе вяжущего повышает себестоимость готовых изделий.

Торф в составе торфоцемента выполняет две функции: является органическим мелким заполнителем и одновременно обладает вяжущими свойствами [9].

Торфяной заполнитель вследствие однородного строения частиц обладает хорошей текучестью, что является важной характеристикой при прессовании изделий. При увеличении давления прессования повышается



пористость торфяных частиц (сушка пор частиц торфа и пустот между ними), которая составляет примерно 68...72% по объему, то есть весьма значительна. Все эти факторы положительно влияют на использование торфоцемента в качестве теплоизоляционного материала [5].

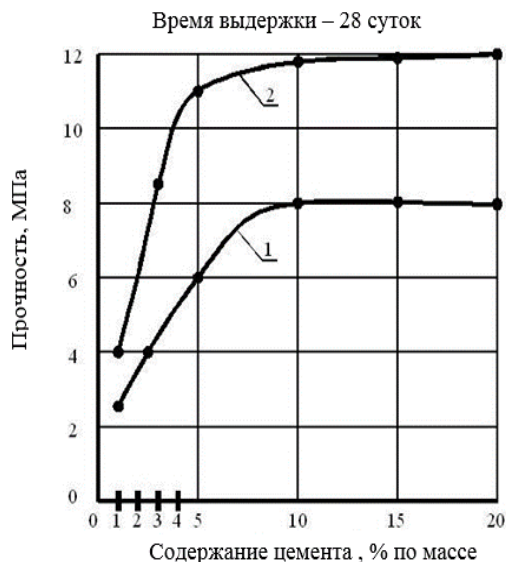


Рис. 2

Свойство торфа удерживать воду оказывает влияние на дальнейшее повышение прочности (рис. 2 – зависимость прочности торфоцементных образцов от содержания цемента: 1 – прочность при изгибе, МПа; 2 – прочность при сжатии, МПа). После 28-суточной выдержки в комнатных условиях прочность образцов как при изгибе, так и при сжатии повышается.

Из рис. 2 видно, что увеличение содержания цемента оказывает влияние на прочностные свойства торфоцемента. Зависимость прочности от содержания вяжущего носит криволинейный характер. Вначале рост прочности (до 5%) резко увеличивается, затем она возрастает, но незначительно. При 5%-ном содержании вяжущего прочность образцов при сжатии достигает значения 11,5 МПа, что является достаточно хорошим показателем (рис. 2, кривая 2).

Удовлетворительные показатели имеют образцы и при изгибе. Повышение прочности образцов при изгибе можно объяснить армирующими свойствами заполнителя.

## ВЫВОДЫ

Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности применения торфа в качестве заполнителя в составе композиционных торфоцементных строительных материалов теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного назначений. Оптимальный состав композита следующий: портландцемент – 5%, торфяной заполнитель – 95% (при 28-суточной выдержке).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик при применении геотекстиля в строительстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С.10...14.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2011.
3. Виталова Н.М. Применение торфа для изготовления композиционных теплоизоляционных плит // Промышленное и гражданское строительство. – 2010, №12. С. 71...73.
4. Виталова Н.М. Использование торфа для изготовления теплоизоляционных плит // Промышленное и гражданское строительство. – 2011, № 8. С. 68...71.
5. Виталова Н.М., Гуломджян П.П., Марабаев Н.Л. Физико-механические характеристики композиционных теплоизоляционных плит из торфа // XVII Междунар. научн.-техн. конф.: Информационная среда вуза. – Иваново, 2010. С. 88...91.
6. Виталова Н.М., Марабаев Н.Л. Исследование процесса структурообразования торфяного композита // XVIII Междунар. научн.-техн. конф.: Информационная среда вуза. – Иваново, 2011. С. 186...189.
7. Клименко М.И. Легкие бетоны на органических заполнителях. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1977.
8. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур. – М.: Химия, 1966.
9. Суворов В.И. Исследования по технологии получения теплоизоляционных материалов на основе торфа // Сб. ст.: Проблемы создания экологически чистых и ресурсосберегающих технологий добычи полезных ископаемых и переработки отходов горного производства. – Тула: ТуГУ, 1996. С. 185...186.

## REFERENCES

1. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Oparina L.A. Sravnitel'nyj analiz resurso- i jenergoberegajushhih harakteristik pri primenenii geotekstilja v stroitel'stve // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S.10...14.



2. Bazhenov Ju.M. Tehnologija betona. – M.: Izd-vo ASV, 2011.
3. Vitalova N.M. Primenenie torfa dlja izgotovlenija kompozicionnyh teploizoljacionnyh plit // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2010, №12. S. 71...73.
4. Vitalova N.M. Ispol'zovanie torfa dlja izgotovlenija teploizoljacionnyh plit // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2011, № 8. S. 68...71 .
5. Vitalova N.M., Gujumdzhjan P.P., Marabaev N.L. Fiziko-mehanicheskie harakteristiki kompozicionnyh teploizoljacionnyh plit iz torfa // XVII Mezhdunar. nauchn.-tehn. konf.: Informacionnaja sreda vuza. – Ivanovo, 2010. S. 88...91.
6. Vitalova N.M., Marabaev N.L. Issledovanie processa strukturoobrazovanija torfjanogo kompozita // XVIII Mezhdunar. nauchn.-tehn. konf.:

Informacionnaja sreda vuza. – Ivanovo, 2011. S.186...189.

7. Klimenko M.I. Legkie betony na organicheskih zapolniteljah. – Saratov: Izd-vo Saratovskogo un-ta, 1977.

8. Rebinder P.A. Fiziko-himicheskaja mehanika dispersnyh struktur. – M.: Himija, 1966.

9. Suvorov V.I. Issledovanija po tehnologii poluchenija teploizoljacionnyh materialov na osnove torfa // Sb. st.: Problemy sozdaniya jekologicheski chistyh i resursosberegajushhij tehnologij dobychi poleznyh iskopaemyh i pererabotki othodov gornogo proizvodstva. – Tula: TuGU, 1996. S. 185...186.

Рекомендована кафедрой строительных конструкций. Поступила 20.11.16.

УДК 332.1

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ

### THE MAIN ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE TEXTILE INDUSTRY IN RUSSIAN REGIONS

*T.B. ИГНАТОВА, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА*  
*T.V. IGNATOVA, N.A. GRUZINTSEVA*

(Южно-Российский институт управления (филиал)  
Российской академии народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации,  
Ивановский государственный политехнический университет)  
(South-Russian Institute of Management (branch)  
of Russian Academy of National Economy and Public Service  
under the President of Russian Federation,  
Ivanovo State Polytechnical University)  
E-mail: tignatova@uriu.ranepa.ru; gruzincevan@mail.ru

*В статье авторами сделан акцент на определении специфики развития текстильной промышленности в регионах Российской Федерации, которая характеризуется нестабильной динамикой роста/спада объемов производства и отсутствием высококвалифицированных управленческих и производственных кадров на текстильных предприятиях.*

*In the article the authors have focused on defining the specifics of the development of the textile industry in the regions of the Russian Federation, which is the unstable dynamics of growth/decline of production volumes and the lack of highly qualified managerial and manufacturing personnel in the textile factories.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, регион, рост/спад производства, кадры, государственная поддержка.

**Keywords: textile industry, region, growth/decline of production, personnel, state support.**

Анализ современного состояния отечественной текстильной промышленности приводит специалистов к необходимости определения основного вектора ее развития, направленного прежде всего на обеспечение экономической безопасности страны. Для реализации поставленной задачи, а также сохранения и развития отечественной текстильной промышленности необходимы государственная поддержка на федеральном и региональном уровнях, а также кардинальное технологическое обновление предприятий, выпускающих текстильную продукцию [1].

Следует отметить, что на динамику развития текстильных предприятий влияет сегментация производимой продукции и территориальное размещение производств. Основными территориями размещения базовых предприятий, определяющих промышленную и экономическую политику

отрасли, являются Центральный (54 предприятия) и Приволжский (30 предприятий) федеральные округа. Выпуск продукции легкой промышленности в структуре промышленного производства этих и других регионов составляет от 10 до 30 процентов. Российским текстильным лидером является Ивановская область, в которой сосредоточены две трети отечественных производственных мощностей по выпуску хлопчатобумажного текстиля и который наращивает мощности по выпуску экологически чистого ассортимента изо льна, обладающего уникальными природными свойствами, а также химических волокон [2].

Что касается других регионов, то по данным Росстата [3] за последнее время наблюдается неустойчивая тенденция производства текстильной продукции в регионах Российской Федерации (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Производство тканей, млн. м <sup>2</sup>	Годы				
	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Российская Федерация</b>	<b>3369</b>	<b>3609</b>	<b>3972</b>	<b>4164</b>	<b>3961</b>
Центральный федеральный округ	2611	2683	2972	3038	2904
Северо-Западный федеральный округ	148	147	142	134	130
Южный федеральный округ	153	100	118	140	115
Северо-Кавказский федеральный округ	8,5	8,7	12,1	46,0	15,4
Приволжский федеральный округ	372	568	587	660	598
Уральский федеральный округ	52,3	61,4	98,6	102	136
Сибирский федеральный округ	23,6	41,0	42,4	43,2	58,3
Крымский федеральный округ					3,9

Анализ данных табл. 1, показывает, что резкое колебание в диапазоне роста/спада (18...35%) объемов производства тканей по федеральным округам Российской Федерации связано прежде всего с сырьевой базой предприятий. Резкие спады производства отмечены в основном на хлопкопрядильных предприятиях, которые испытывают сильную зависимость от импортного сырья, используемого на условиях встречной или обычной торговли (например, в Ростовской области). В основном это предприятия Северо-Западного и Южного федеральных округов. На предприятиях, расположенных

в регионах, развивающих собственную сырьевую базу (например, производство льна и ненаркосодержащей конопли в Костромской области или полиэфирных волокон в Ивановской области), наблюдается рост объемов производства. К таким регионам можно отнести Центральный, Северо-Кавказский, Приволжский, Уральский и Сибирский федеральные округа [4].

Следующим негативным фактором, влияющим на динамику развития отечественной текстильной промышленности, является кадровая проблема, заключающаяся в дефиците высококвалифицированных

специалистов, управленческих кадров, основных и вспомогательных рабочих, задействованных на всех этапах технологической цепочки производства текстильной продукции [5]. К сожалению, в современной экономической ситуации в нашей стране текстильные предприятия нельзя отнести к стабильным и надежным работодателям, так как они не всегда могут выполнить взятые на себя обязательства по социальному обеспечению своих работников. Данное обстоятельство в основном вызвано высокой зависимостью предприятий от колебаний курсов иностранной валюты, необходимой для закупки сырья и импортного технологического оборудования с целью замены уже морально устаревшего.

Как было отмечено ранее, для решения вышеуказанных проблем необходима централизованная поддержка на федеральном уровне. Министерством промышленности и торговли Российской Федерации в 2008 г. была разработана "Стратегия развития легкой промышленности до 2020 г.", в рамках реализации которой региональные власти оказывают поддержку текстильным предприятиям. Так, например, постановлением губернатора Ростовской области была запущена программа стабилизации и развития текстильной и легкой промышленности в регионе, которая позволила сохранить производства на ЗАО РПФ "Виктория", ЗАО "Дон-Текс". В Ивановской области в связи с ростом спроса на полиэфирные текстильные материалы планируется строительство завода по производству полиэфирного волокна [5].

## ВЫВОДЫ

Подводя итоги, следует отметить, что для преодоления негативных тенденций необходимы меры по совершенствованию отраслевой организации и диверсификации текстильной промышленности в российских регионах, что невозможно осуществить без государственной поддержки.

1. *Игнатова Т.В., Рябова Т.Ф.* Механизмы достижения высокого уровня национальной экономической безопасности на основе формирования цивилизованной рыночной конъюнктуры // Пищевая промышленность. – 2016, № 5. С. 24...28.

2. *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...17.

3. Регионы России. Социально-экономические показатели // 2015: Стат. сб. / Росстат. – М., 2015.

4. *Петрухин А.Б., Матрохин А.Ю., Карева Т.Ю., Гусев Б.Н.* Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С. 30...35.

5. *Игнатова Т.В.* Факторы управления региональной экономической безопасностью в условиях международных санкций // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. – 2015, №3. С. 49...54.

## REFERENCES

1. *Ignatova T.V., Rjabova T.F.* Mehanizmy dostizhenija vysokogo urovnja nacional'noj jekonomicheskoy bezopasnosti na osnove formirovanija civilizovannoj rynochnoj kon'junktury // Pishhevaja promyshlennost'. – 2016, № 5. S. 24...28.

2. *Alojan R.M., Petruhin A.B., Novikova A.P.* Realizacija potencijala 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...17.

3. Regiony Rossii. Social'no-jekonomicheskie pokazateli // 2015: Stat. sb. / Rosstat. – M., 2015.

4. *Petruhin A.B., Matrohin A.Ju., Kareva T.Ju., Gusev B.N.* Strategija nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespečenija vypuska tkanej i izdelij iz natural'nyh i sinteticheskikh volokon // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S.30...35.

5. *Ignatova T.V.* Faktory upravlenija regional'noj jekonomicheskoy bezopasnost'ju v uslovijah mezhdu-narodnyh sankcij // Gosudarstvennoe i municipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS. – 2015, №3. S.49...54.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации ИВГПУ. Поступила 29.11.16.

**ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ В ОБРАЗЦЕ ИЗ СТАЛИ  
МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**INVESTIGATION OF STRESS-STRAIN STATE  
OF THE SURFACE LAYER OF SPECIMENS OF STEEL  
BY METHOD DIGITAL IMAGES CORRELATION**

*В.С. ФЕДОРОВ, А.М. УСТИНОВ, Д.Г. КОПАНИЦА, А.А. КЛОПОТОВ, А.И. ПОТЕКАЕВ*  
*V.S. FEDOROV, A.M. USTINOV, D.G. KOPANITSA, A.A. KLOPOTOV, A.I. POTEKAEV*

(Московский государственный университет путей сообщения,  
Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
Национальный исследовательский Томский государственный университет)  
(Moskow State University of Railway Engineering,  
Tomsk State University of Architecture and Building,  
National Research Tomsk State University)  
E-mail: artemustinov@bk.ru

*В работе представлены результаты исследования деформаций стальных образцов 120×60×60 мм на сжатие в испытательной машине Universal Testing Machine 4500 с использованием цифровой оптической системы Vic-3D. Выявлены особенности пространственно-временной локализации пластической деформации на приповерхностных слоях боковых граней деформированных образцов. Установлено, что на поверхности образцов в процессе деформации образуются пространственные структурные элементы деформаций с характерными размерами и их взаимным расположением в зависимости от степени деформации.*

*The work deals with the research results of deformations of steel samples with the sizes of 120×60×60 mm under compression by testing Universal Testing Machine 4500 with the usage of digital optical system Vic-3D. Distinctive features of spatial-temporal localization of plastic deformation on boundary layers of the deformed samples sides have been explored. It has been established, that spatial structural elements of deformations with characteristic sizes and their relative positioning, depending on the extent of deformation, are formed on the surface of samples in the process of deformation.*

**Ключевые слова:** макродеформация, структурные элементы деформации, поля деформаций поверхностного слоя, метод корреляции цифровых изображений.

**Keywords:** steel samples, compression, plastic deformation, boundary layers, spatial-temporal.

Изучение особенностей поведения стали с дефектами, возникающими при изготовлении или эксплуатации конструкций, является актуальной задачей, направленной на обеспечение их безопасности, особенно при упругопластическом деформировании.

Комплексное изучение деформационных полей на поверхности металлических

образцов в процессе пластической деформации позволяет получить важную информацию для прогнозирования условий разрушения деформируемых тел и разработать технические решения для повышения несущей способности и живучести конструкций [1]. Для получения экспериментальных

данных о полях деформирования поверхностного слоя использовали цифровую оптическую измерительную систему Vic-3D.

Изучение особенностей образования и эволюции структурных элементов деформации на поверхности кристаллических твердых тел при различных воздействиях позволяет получить фундаментальные знания, необходимые для выяснения природы деформации в объеме твердых тел [2]. В настоящее время существуют разные подходы для описания деформационных процессов на поверхности твердых тел. Так, в работах [3], [4] установлено, что поверхностные слои в кристаллических твердых телах представляют собой мезоскопические уровни пластической деформации при внешних механических нагрузках. Особенностью этих процессов является то, что на различных масштабных уровнях проявляются разные механизмы деформации. Все это приводит к тому, что твердое тело под нагрузкой проявляет себя как сложная иерархическая система элементов из разных масштабных уровней, которая эволюционирует в зависимости от внешней приложенной нагрузки, распределения внутренних полей напряжений и взаимодействия структурных элементов деформации на разных масштабных уровнях.

Поиск общих закономерностей при изучении деформационных явлений на поверхности твердых тел при нагружении являются актуальными.

Цель работы заключалась в проведении экспериментальных исследований стальных образцов при одноосном сжатии с регистрацией стереоскопических цифровых изображений боковой поверхности и на основе метода корреляции цифровых изображений, реализованного в системе Vic-3D, вычисления эволюции деформационных полей. Необходимо было выявить особенности локализации пластических деформаций в поверхностных слоях боковых граней образцов.

Для исследований был приготовлен образец параллелепипеда размером  $120 \times 60 \times 60$  мм из стали 09Г2.

Деформацию сжатием осуществляли на универсальной испытательной машине

Universal Testing Machine 4500. Скорость деформирования  $0,1$  мм/мин. Ось сжатия параллельна длинной стороне параллелепипеда.

Для измерений деформаций использовали цифровую оптическую систему Vic-3D, позволяющую получать данные по смещению микрообъемов на поверхности образца в трех взаимно-перпендикулярных осях в процессе его деформирования [5], [6]. Поля перемещений представляют собой проекции смещений локальных участков поверхности вдоль оси  $OX$  – поперечная деформация, вдоль оси  $OY$  – продольная деформация и вдоль оси  $OZ$  – поперечная деформация (рис. 1 – схема, иллюстрирующая формирование локальных смещений на поверхности образца при деформации; локальный участок  $A$  на поверхности образца в момент времени  $t_0$  и в момент времени  $t_1$  после деформации и проекции смещений участка  $A$  на оси  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$ ).

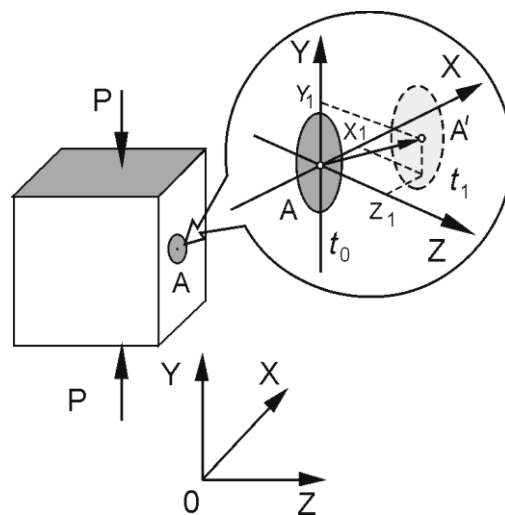


Рис. 1

На рис. 2 приведена деформационная кривая, полученная при сжатии образца. Обычно у поликристаллических металлов и сплавов при механическом воздействии на деформационных кривых  $\sigma = f(\epsilon)$  выделяют три или более стадий [7]. На представленной кривой (рис. 2 – кривая деформационного упрочнения стального образца (а) и в более крупном масштабе фрагмент участка аб (б) кривой  $\sigma = f(\epsilon)$ ) мы выделяем четыре стадии.

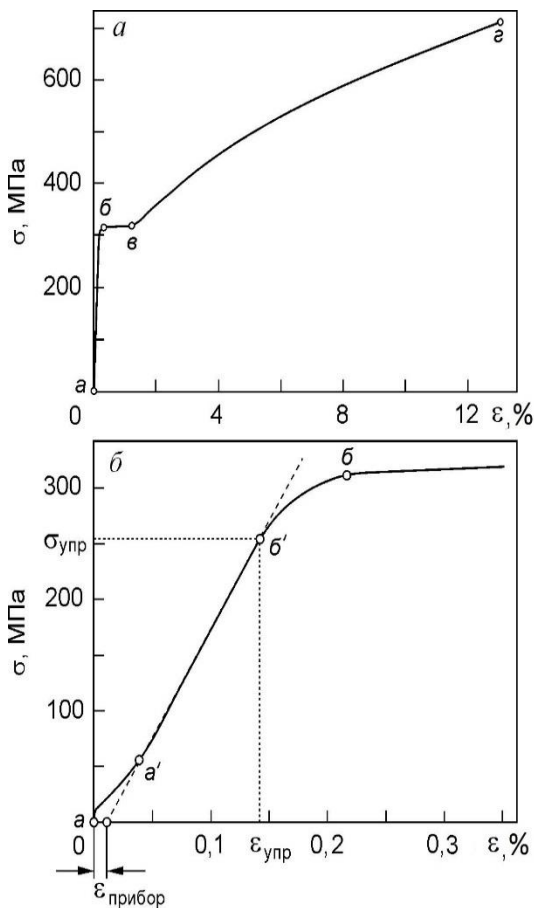


Рис. 2

Первая линейная стадия упругой деформации (стадия I) отражает линейный характер зависимости между нормальными напряжениями в поперечном сечении образца и деформацией (участок аб на кривой  $\sigma = f(\epsilon)$ , рис. 2-а). Далее следует переходная стадия (стадия II), которая соответствует переходу от упругой деформации к пластической стадии (участок б'б на кривой  $\sigma = f(\epsilon)$ , рис. 2-б). На последующей стадии III коэффициент упрочнения очень мал и уменьшается до значений, близких к нулю (участок бв на кривой  $\sigma = f(\epsilon)$ , рис. 2-а). На IV стадии деформационная зависимость имеет параболический характер (участок вг на кривой, рис. 2-а).

Представленная в более крупном масштабе упругая стадия I на зависимости  $\sigma = f(\epsilon)$  позволяет выделить на ней нелинейный участок а'а. Появление этого участка на деформационной кривой обусловлено на начальной стадии процессами

"притирки" образца к пластинам, деформирующим образец. Эту деформацию обозначим как  $\epsilon_{\text{приб}}$  и она соответствует величине порядка 0,01 %.

На рис. 3-а представлена картина распределения структурных элементов деформации микрообъемов приповерхностного слоя на боковой грани образца при деформации с участка а'а зависимости  $\sigma = f(\epsilon)$  (рис. 2-б). Анализ картин распределения деформационных полей приповерхностного слоя образца на первой стадии при деформации сжатием позволил хорошо выявить пространственные структурные элементы, внутри которых деформация имеет разный знак ( $\epsilon > 0$  и  $0 < \epsilon$ ) и величину (рис. 3-а). В начале стадии I эти элементы хаотически расположены на приповерхностном слое боковой грани образца. По мере увеличения нагрузки в упругой области до деформации 0,14 % (точка б' на рис. 2-б) картина распределения структурных элементов на боковой грани образцов (рис. 3-в) остается подобной соответствующим картинам, полученным на начальном участке зависимости  $\sigma = f(\epsilon)$  (рис. 3-а, б).

На стадии I зависимости  $\sigma = f(\epsilon)$  (рис. 2) происходит переход от упругой к однородной макропластической деформации. Характерной особенностью этой стадии является то, что одновременно с пластически деформированными зернами существуют упругодеформированные зерна. Доля пластически деформированных зерен увеличивается с ростом возникающего напряжения. В нашем случае на картинах, отражающих распределение структурных элементов по поверхности боковой грани, проявляется увеличение разницы между значениями деформации в областях с минимальными и максимальными значениями (рис. 2-б, в).

Анализ картин распределения деформационных полей в поверхностных слоях образца на стадии I при сжатии позволил хорошо выявить два характерных типа пространственных структурных элементов, в зависимости от того, как распределена деформация внутри них.



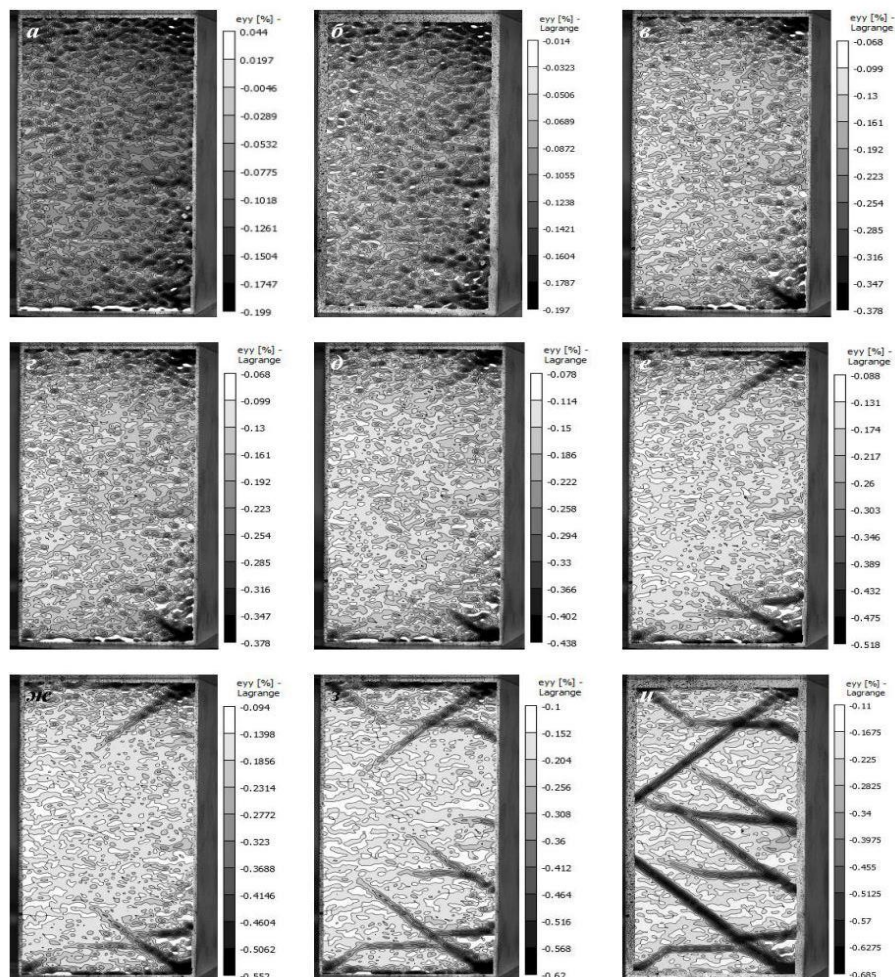


Рис. 3

Пространственные структурные элементы первого типа, в центре которых деформация наименьшая и увеличивается по мере удаления от центра этой области. Пространственные структурные элементы второго типа, в центре которых деформация наибольшая и уменьшается по мере удаления от центра этой области. На начальном этапе на стадии I деформационной кривой  $\sigma = f(\epsilon)$  эти элементы хаотически расположены на поверхностном слое боковой грани образца. Здесь наблюдается наличие структурных элементов, у которых упругая деформация  $\epsilon > 0$ , и структурных элементов, у которых  $0 < \epsilon$ .

С достижением возникающего внутреннего напряжения величины порядка 130 МПа структурные элементы, у которых  $\epsilon > 0$ , исчезают с поверхностного слоя образца. Наличие структурных элементов,

внутри которых  $\epsilon > 0$  и  $0 < \epsilon$ , зависит от многих факторов. Здесь доминирующими факторами неоднородного распределения полей напряжения в приповерхностных слоях является геометрия образца. И второе – стохастическое распределение разных по размерам и с разными анизотропными механическими свойствами зерен (для однофазного сплава) и распределения включений вторичных фаз в многофазных сплавах.

С ростом внешней приложенной нагрузки при деформации 0,14 % начинается переход от упругой стадии деформации к пластической (точка б', рис. 2). Это находит отражение на распределении деформационных структурных элементов при деформации, соответствующей точке началу перехода (рис. 3-г, д). На этих распределениях видно, что в углах образца на поверхности образуются области с более

высокими значениями деформации (концентраторы напряжения), чем во внутренних областях образца. По мере увеличения внешнего напряжения в области критических значений (участок б'б, рис. 2-б) наблюдается значительное увеличение в размерах макрополос локализованной деформации (рис. 3-е...з). Здесь важно отметить, что общие относительные деформации сжатия всего образца в конце стадии III составили  $\sim 0,23\%$ .

Таким образом, в результате аккомодация структурных элементов приводит к тому, что в процессе деформации сжатием мы наблюдаем на приповерхностных слоях образца на начальном этапе на стадии I структурные элементы, внутри которых  $\varepsilon > 0$  и  $0 < \varepsilon$  (рис. 3-а, б).

Когда с увеличением приложенной внешней нагрузки величина деформации достигает определенного уровня, в некоторой части сплава концентраторы напряжений достигают критических значений. В нашем случае это проявляется в образовании макрополос локализованной деформации. Внутренняя структура локализованных полос деформации представляет собой структурные пространственные элементы второго типа, в центре которых деформация наибольшая и уменьшается по мере удаления от центра этой области. Тогда как между полосами образуются области с малой величиной деформации.

Таким образом, переход от упругой стадии деформации (I область на деформационной кривой  $\sigma=f(\varepsilon)$ ) к пластической стадии деформации (области II и III) сопровождается переходом хаотического множественного распределения пространственных структурных элементов деформации в длинные полосы с характерным распределением на поверхности образца вдоль макрополос пластической деформации от углов и боковых граней образца в центр, затем их разветвлением и образованием новых полос локализованной деформации от боковых граней.

Были построены зависимости минимальных (рис. 4, кривая 1) деформаций  $\varepsilon_{\min}$  и максимальных деформаций  $\varepsilon_{\max}$  (рис. 4,

кривая 2) внутри структурных элементов от величины приложенного внешнего напряжения (а, б) и определена разница между этими значениями и деформацией  $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}$  (рис. 4-в).

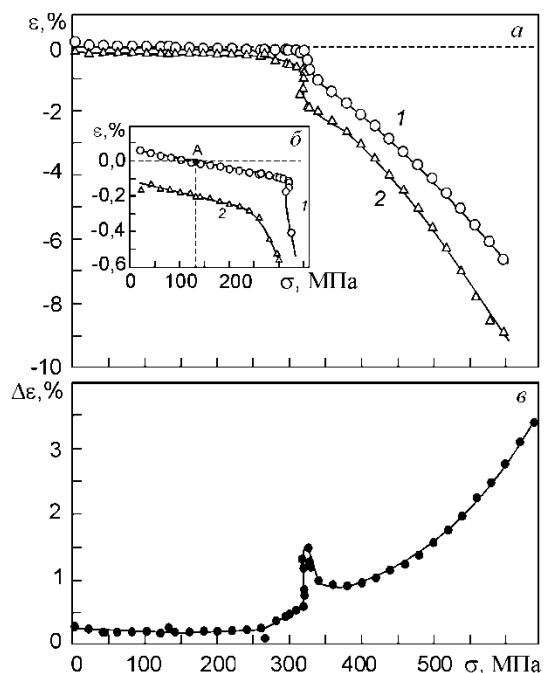


Рис. 4

С одной стороны, хорошо видно, что характерные точки на этих зависимостях коррелируют с особенностями на деформационной кривой  $\sigma=f(\varepsilon)$  (рис. 2 и 4). С другой стороны, при переходе между стадиями кроме изменения характера распределения структурных элементов в приповерхностном слое боковых граней образца наблюдается заметное увеличение разницы в величине деформаций внутри структурных элементов с минимальной и максимальной деформациями с увеличением приложенного внешнего напряжения. Причем эта разница увеличивается нелинейно, с ростом внешнего напряжения (рис. 4-в). Здесь необходимо отметить, что на площадке текучести  $\varepsilon_{\min}$  и  $\varepsilon_{\max}$  в зависимости от  $\sigma$  имеют разный характер максимальных деформаций и это коррелирует с разным характером распределений структурных элементов, внутри которых деформации имеют минимальные и максимальные значения.



## ВЫВОДЫ

Установлено, что переход от стадии к стадии на деформационных диаграммах сопровождается перераспределением деформаций в локальных местах приповерхностных слоев. При деформации образца переход от упругой стадии к пластической (от стадии I к стадии II) сопровождается образованием локальных областей с более высокими значениями деформаций микрообластей вдоль прямых линий от углов образца в центр. Переход на параболическую стадию (от стадии III к IV) сопровождается ростом площади областей с высокими значениями деформаций в центре образца.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин В.П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов. – М.: Наука, 1983.
2. Романова В.А., Балахонов Р.Р. Численное исследование деформационных процессов на поверхности и в объеме трехмерных поликристаллов // Физическая мезомеханика. – 2009. Т.12, №2. С.5...16.
3. Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. – М.: Наука, 1992.
4. Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. и др. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. – Новосибирск: Наука, 1990.
5. Ustinov Artem, Kopanitsa Dmitry, Abzaev Yuri, Klopotov Anatoly, Koshko Bogdan, Kopanitsa Georgy. Study of deformations evolution in near-surface layers of adhesive joints // Youth, Science, Solutions: Ideas And Prospects (YSSIP-2016): Proceedings of the III International Young Researchers Conference: Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects. – Tomsk: AIP Conference Proceedings, 2017.
6. Ustinov A.M., Kopanitsa D.G., Potekaev A.I., Klopotov A.A., Kopanitsa G.D. Macro-carriers of plastic deformation of steel Surface layers detected by digital image correlation // Advanced Materials In Technology

And Construction (AMTC-2015): Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Technology and Construction. – Tomsk: AIP Conference Proceedings, 2016.

7. Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Елсукова Т.Ф., Иванчин А.Г. Структурные уровни деформации твердых тел // Изв. вузов. Физика. – 1982, № 6. С.5...27.

## REFERENCES

1. Alehin V.P. Fizika prochnosti i plastichnosti poverhnostnykh sloev materialov. – M.: Nauka, 1983.
2. Romanova V.A., Balahonov R.R. Chislennoe issledovanie deformatsionnykh processov na poverhnosti i v ob"eme trehmernykh polikristallov // Fizicheskaja mezomehanika. – 2009. T.12, №2. S.5...16.
3. Ivanova V.S. Sinergetika. Prochnost' i razrushenie metallicheskih materialov. – M.: Nauka, 1992.
4. Panin V.E., Grinjaev Ju.V., Danilov V.I. i dr. Strukturnye urovni plasticheskoy deformatsii i razrushenija. – Novosibirsk: Nauka, 1990.
5. Ustinov Artem, Kopanitsa Dmitry, Abzaev Yuri, Klopotov Anatoly, Koshko Bogdan, Kopanitsa Georgy. Study of deformations evolution in near-surface layers of adhesive joints // Youth, Science, Solutions: Ideas And Prospects (YSSIP-2016): Proceedings of the III International Young Researchers Conference: Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects. – Tomsk: AIP Conference Proceedings, 2017.
6. Ustinov A.M., Kopanitsa D.G., Potekaev A.I., Klopotov A.A., Kopanitsa G.D. Macro-carriers of plastic deformation of steel Surface layers detected by digital image correlation // Advanced Materials In Technology And Construction (AMTC-2015): Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Technology and Construction. – Tomsk: AIP Conference Proceedings, 2016.
7. Panin V.E., Grinjaev Ju.V., Elsukova T.F., Ivanchin A.G. Strukturnye urovni deformatsii tverdykh tel // Izv. vuzov. Fizika. – 1982, № 6. S.5...27.

Рекомендована кафедрой металлических и деревянных конструкций ТГАСУ. Поступила 25.11.16.

**КУДРЯВИН ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**KUDRYAVIN LEV ALEKSANDROVICH**

Ректорат Московского государственного университета дизайна и технологии, руководство Текстильного института им. А.Н. Косыгина и кафедра проектирования и художественного оформления текстильных изделий с прискорбием сообщает, что 01.11.2016 г. скончался видный российский ученый-текстильщик Кудрявин Лев Александрович – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, академик Международной академии наук Высшей школы, Лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.

Л.А. Кудрявин родился в Москве 19 августа 1931 года.

В 1954 г. Лев Александрович с отличием окончил Московский текстильный институт и до 1960 г. работал на Тушинской чулочной фабрике, одной из крупнейших трикотажных фабрик в отрасли.

В 1960 г. Л.А. Кудрявин поступил в аспирантуру МТИ и в 1964 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 1975 г. – докторскую.

В 1978 г. Льва Александровича утвердили в ученном звании профессора. С 1984



по 2014 гг. он заведовал кафедрой технологии трикотажного производства (сегодня – кафедра проектирования и художественного оформления текстильных изделий), а в 1992 г. ему присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации".

В течение 55 лет Лев Александрович активно занимался учебно-педагогической и научной деятельностью. Л.А. Кудрявиным написано и издано 10 учебников и учебных пособий для студентов вузов текстильного профиля общим объемом более 200 печатных листов, которые получили широкое признание не только у нас в стране, но и за рубежом.

Л.А. Кудрявин был инициатором открытия подготовки специалистов по новым специальностям и специализациям, активно внедрял новые прогрессивные формы обучения студентов в тесном сотрудничестве с текстильной промышленностью.

Проф. Л.А. Кудрявин был крупным ученым в области текстильной технологии. Он – основоположник создания новой высокоэффективной технологии изготовления безузловых рыболовных сетематериалов. Его научные разработки нашли применение на Выборгской сетевязальной фабрике, для чего были специально закуплены машины в ФРГ. АО "Касимовсеть" по технологии

Льва Александровича в настоящее время выпускает стеклосети для подложек солнечных батарей космических аппаратов.

Львом Александровичем были выполнены новые разработки уникальных металлических сетематериалов для высокочастотных систем космической связи в виде гибких высокоэластичных отражательных поверхностей раскладывающихся антенн.

Под его руководством в технологических лабораториях МГТУ им. А.Н. Косыгина в 1992 г. создано и успешно работает до настоящего времени опытное производство, выпускающее по заказам промышленности эти материалы для систем спутниковой связи (ООО фирма "ТРИИНВЕСТ").

Результаты научных исследований Л.А. Кудрявина отражены в 120 статьях и 87 авторских свидетельствах и патентах. Им подготовлены 30 кандидатов технических наук и 2 докторанта.

Лев Александрович неоднократно принимал участие в международных научных конференциях и симпозиумах по текстильной технологии, выступал с докладами и читал лекции в вузах Германии, Польши, Венгрии, Болгарии. Он являлся членом диссертационных советов, членом экспертного совета ВАК России по химической технологии.

За выдающиеся успехи в научной и педагогической деятельности проф. Л.А. Кудрявин был награжден орденом "Знак Почета", медалями, нагрудным знаком "Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации", многими почетными грамотами и дипломами.

Светлая память о Льве Александровиче Кудрявине навсегда сохранится в сердцах его коллег-ученых, учеников, соратников и близких ему людей, всех тех, кому посчастливилось с ним работать.

**Ректорат Московского государственного университета дизайна и технологии.**

**Редколлегия и редакция журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".**

**УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ !**

*Журнал "Известия вузов. Технология текстильной промышленности" включен в Международную базу данных SCOPUS, имеет импакт-фактор РИНЦ, представлен в Научной электронной библиотеке (НЭБ), 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" (ВАК).*

*Коллектив редколлегии и редакция прилагают все усилия для того, чтобы как можно больше читателей смогли познакомиться с информацией, которую мы публикуем на страницах нашего журнала.*

*В номере, который находится сейчас перед вами, мы продолжаем традиции, заложенные ранее. В целях расширения аудитории читателей нашего журнала, стремясь сделать его более информационно доступным не только для русскоговорящих авторов и читателей, но и коллег, говорящих и пишущих на других языках, мы публикуем часть статей на английском языке в редакции авторов.*

*Заранее благодарим авторов и читателей за доверие и внимание, приносим извинения за возможные неточности и надеемся, что продолжающийся опыт таких публикаций позволит ученым как можно шире знакомиться с исследованиями своих коллег.*

*Редколлегия и редакция*

UDC 621:658.562; 677.05

**EXPERIMENTAL RESEARCH  
OF THE ANGULAR VELOCITY OF MAIN SHAFT OF LOOM STB**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ВАЛА ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ**

*YE.S. TEMIRBEKOV, A.A. JOMARTOV, B.O. BOSTANOV*  
*Е.С. ТЕМИРБЕКОВ, А.А. ДЖОМАРТОВ, Б.О. БОСТАНОВ*

(Almaty Technological University,  
Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Dzholdasbekov,  
Eurasian National University, Republic of Kazakhstan)

(Алматинский технологический университет,  
Институт механики и машиноведения им.У.А.Джолдасбекова,  
Евразийский национальный университет, Республика Казахстан)  
E-mail: temirbekove@mail.ru, legsert@mail.ru

*The paper presents the experimental research of the angular velocity of main shaft of loom STB. Measuring the angular speed of the main shaft of the loom STB conducted using an accurate measurement of time for which the shaft is rotated by one and the standard angle. For the experimental research were applied the photosensors with integrated amplifiers current, and as a recording device cytometer. To improve the analysis of the experimental results, we proposed to build a combined graph of the angular velocity of main shaft with timing diagram of mechanisms loom STB.*

*В статье приводятся экспериментальные исследования угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ. Измерения угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ проводятся с помощью точного замера времени, за которое вал поворачивается на один и тот же эталонный угол. Для экспериментального исследования применялись фотодатчики с встроенными усилителями тока, а в качестве регистрирующего прибора – частотомер. Для улучшения анализа экспериментальных результатов предлагается строить совмещенный график угловой скорости главного вала с циклограммой механизмов ткацкого станка СТБ.*

**Keywords:** loom STB, main shaft, timing diagram, photosensor, cytometer.

**Ключевые слова:** ткацкий станок СТБ, главный вал, циклограмма, фотодатчик, частотомер.

In the research of the dynamics of the loom STB is necessary to have information about the variation of the angular velocity of the main shaft and the influence of different factors.

These factors primarily include changes in the laws reduced moments of inertia of the moving parts of the loom [1], change of resistance forces, the mechanical characteristics of the engine, and others [2].

With the known the variation of the angular velocity  $\omega = \omega(\alpha)$  or  $\omega = \omega(t)$  of the main shaft of the loom can be estimated or uneven rotation, angular accelerations found necessary to analyze the dynamics of separate mechanisms.

For a more detailed analysis of the impact separate loom mechanisms on the character of the law of change of the angular velocity of the main shaft of the loom, the loom is necessary build a combined graphics cyclogram of the most loaded mechanisms [3].

Combined graphics with timing diagram mechanisms of loom allow: to determine variation of the angular velocity on the transient regimes motion of the loom together with the operation of the loom cyclogram mechanisms; to determine the influence of individual mechanisms, through their disconnection, on fluctuation in the angular velocity of the main shaft of the loom.

There are many different methods and devices for measuring the angular velocity of the rotating links for which different types of sensors [4...6] are used. The sensors can be in contact and non-contact, continuous and impulsive actions. According to the principle of work are divided into slide-wire gage, induction, photo sensors, vibration sensors, etc. Each of these types of sensors possesses certain advantages, depending on the sensor device is necessary to apply an appropriate range of measuring and recording equipment and mathematical apparatus for data processing. When choosing the type of sensor is necessary in each case assume from experimental conditions produced and accuracy obtained as a result of the experiment data.

Let us consider the method of measuring the average angular velocity of the main shaft of the loom STB with pulse encoder.

Regardless of the type of average speed pulse encoder is defined by the formula:

$$\omega_j = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t_j}, \quad (1)$$

where  $\Delta\alpha$  – given angle;  $\Delta t_j$  – measured period of time.

Equation (1) can be used to measure the velocity in a selected area if the angular displacement change linearly. Otherwise, there are difficulties associated with the calculation of truncation error as to decrease the angle of the rounding error increases. If on the main shaft is set slide-wire gage angular displacement sensor and ignore the effect of the use of the galvanometer, the angular displacement:

$$K_y y(t) = \alpha(t), \quad (2)$$

where  $y(t)$  – oscillogram records of angular movement of the shaft;  $\alpha(t)$  – measured displacement;  $K_y$  – scale records.

Let the expression (2) is considered as the first member of the differentiated polynomial interpolation Newton at equidistant points:

$$\omega_0 = K_y y_0^{(1)} = \frac{K_y}{h} (y_1 - y_0), \quad (3)$$

where  $h$  – step differentiation.

The error  $y_0^{(1)}$  is represented as the sum of the rounding and truncation errors. It can be shown that the total error is minimal, and when the condition  $h = h_{cp}$  is met:

$$\frac{h}{2} f^{(2)}(\eta) \approx \frac{1}{2h} \Delta^2 y_0 \approx \frac{\varepsilon_y}{h}, \quad (4)$$

where  $\frac{h}{2} f^{(2)}(\eta)$  – truncation error;  $\Delta^2 y_0$  – the absolute value of the second-order difference;  $\varepsilon_y$  – the absolute error, waveform rounding ordinates.

If the expression (3) is written in a different form which is convenient for the determination of the derivative at the midpoint,

then the sequence of computations is raised by one:

$$\omega_1 = K_y y^{(1)} = K_y \frac{y_2 - y_1}{2h} + O(h^{p+1}). \quad (5)$$

$$L_n^{(1)}(x) = f(x_0, x_1) + [(x - x_0) + (x - x_1)]f(x_0, x_1, x_2),$$

when the second term on the right is treated as the remainder. If  $x$  is considered symmetrically with respect to  $x_0, x_1$  it is the root of the equation  $(x - x_0) + (x - x_1) = 0$ , and the remainder term (5) vanishes.

In calculating the same derivative with a large number of expression produce a great

$$\alpha_2^{(1)} = K_y y_2^{(1)} = \frac{K_y}{h} \left[ \left( 1 + \frac{1}{r^p + 1} \right) (y_3 - y_1) - \frac{0,5}{r^p - 1} (y_4 - y_2) \right],$$

where  $r$  – the amount of increase in step;  $p$  – order accuracy of the calculation of derivatives.

$$\alpha_2^{(1)} = H_y y_2^{(1)} = \frac{K_y}{2h} [1,33(y_3 - y_1) - 0,166(y_4 - y_0)].$$

Here are the results of measurement of the angular velocity of the main shaft of the loom STB performed using precise measurement of time over which the shaft is rotated by one and the reference angle. The average angular velocity of shaft rotation in this angle is defined as the angle at the time of this rotation. Due to the smallness of the reference angle (less than  $5^\circ$ ), consider the angular velocity constant within said portion.

In the research of the main shaft rotation non-uniformity of this method applied to the integrated photo sensors current amplifiers, and as the cymometer CH3-33. On the main shaft of the loom was fixed disc with radial slits, which was formed with the help of the signal applied to the photo-sensor angular velocity Fig. 1. The angular velocity sensor 2 is a photoelectron pulse converter with integrated signal amplifier.

By rotating the main shaft uniformly arranged radial slits disc 1 turn open the way for

This increase results from the accuracy of the numerical differentiation formulas for Newton unequal intervals:

order of accuracy. However, they are bulky, require high-order and often can not be used because the waveform records are not very accurate. Therefore, you can use the low accuracy of the formula to further improve order accuracy, and then simplify the result Runge [7] according to the formula:

The interval  $[t_0, t_4]$  is divided into four equal parts  $t_0, t_1, t_2, t_3$  and are calculated at  $p=2, r=2$ :

a ray of light bulbs 4 and the photodiode 3 which converts the pulsed light signal into an electric, amplified current integrated cathode follower.

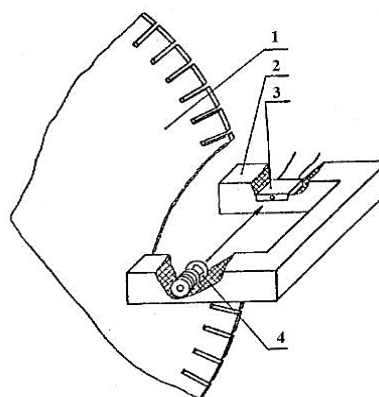


Fig. 1

The amplified signal is transmitted to the recording apparatus. When measuring the angular speed of the main shaft are two rigidly

connected to each other by means of the screw of sensor. In this case, strictly fix the angular distance between the sensors photodiodes relative to the rotational center of the main shaft. The slits except for one disc 1 are sealed. Since the disk is rigidly connected with the main shaft of the machine, each slit that corresponds to a well-defined position of the main shaft.

Opening the slit and in order to change the time interval between the pulses of the two sensors, it is possible to find the average values of the main shaft rotational speed close to instantaneous, according to the formula:

$$\omega = \frac{1}{\Delta t} \arctg \frac{\ell}{r_1}, \quad (6)$$

here  $\ell$  – the distance between the photo sensors;  $r_1$  – distance from center of rotation to the photodiode;  $\Delta t$  – time frame.

It is known that the accuracy of the system forming the signal, the higher the ratio the greater the distance between the sensors to drive slit width. The slit width is limited to the size of a light layer of the photodiode, the more accurately match these sizes, the smaller pulse time, which in this case is an absolute error.

On the other side, the average values of the angular velocity will be closer to the instantaneous ratio of less  $\ell$  than  $r_1$ , as follows from the formula (6).

The amount is limited only by the design features of the test mechanism and should be chosen as large as possible. The distance between the sensors on the one hand it is desirable to increase and the other decrease. It is known that the formation of the signal minimum allowable ratio of the distance between the sensors to the width of the slot is ten. From timing diagram work it can be concluded that the average speed within  $5^\circ$  of rotation of the main shaft will not affect the qualitative picture. Quantifying the evaluation showed that the error does not exceed 10% of the value of the instantaneous speed.

To measure the time interval between the pulses of the angular velocity sensor used electronic frequency CH3-33 who worked

pulses from one of the sensors and stops the pulse coming from the second sensor. For each of the positions of the main shaft was made 25 equally accurate independent measurements.

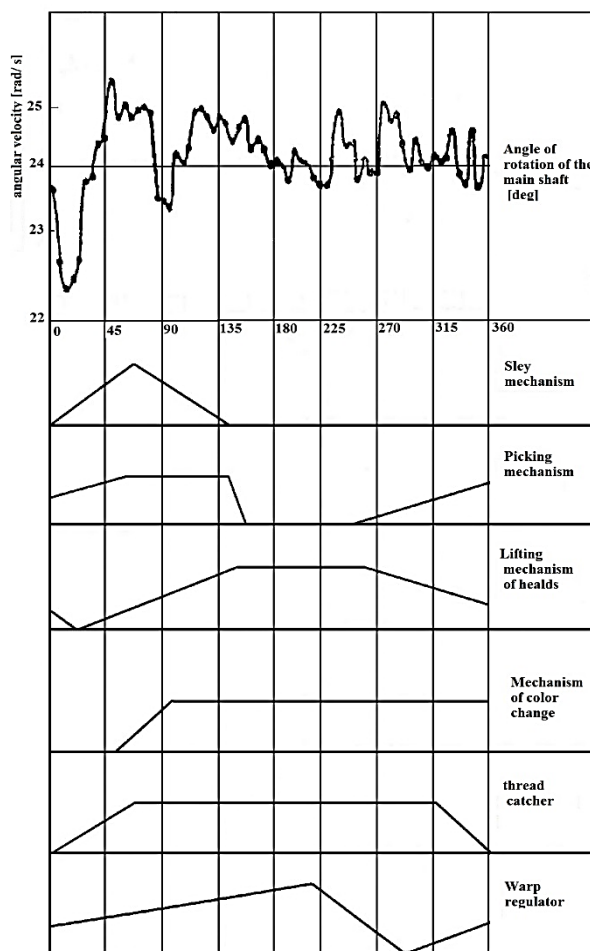


Fig. 2

An experimental determination of the angular velocity of the main shaft of the loom STB4-175KN with filling: warp №20 cotton, weft №8.

Fig. 2 shows combined with timing diagram separate mechanisms loom STB graph of the angular velocity of the main shaft  $\omega = \omega(\alpha_{m.sh})$ .

As seen from the combined graph  $\omega = \omega(\alpha_{m.sh})$  (Fig. 2), the greatest fluctuations of the angular velocity of the main shaft occurs in the range  $0...140^\circ$  of the timing diagram loom. On this site there is intensive work of sley mechanism, picking mechanism, lifting mechanism of healds, mechanism of



color change, thread catcher mechanism, warp regulator.

## CONCLUSIONS

1. Combined graph of the angular velocity of the main shaft with timing diagram mechanisms loom STB, is allowed identify the most loaded mechanisms and correct the course of experimental research according to timing diagram of loom STB.

2. To reduce the coefficient of rotation unevenness of the main loom STB, is proposed to: reduce clearances between the rollers and cams in sley mechanism; not to twist the torsion shaft of picking mechanism by an angle more than 30 degrees; not exceed the shed opening angle of lifting mechanism of healds at an angle greater than 22 degrees; reduce backlash in the gears of warp regulator.

## BIBLIOGRAPHY

1. *Темирбеков Е.С.* Конечно-элементное моделирование рычажных механизмов. Разработка мобильных подмостей. – Астана, Изд-во: ЦНТИ, 2007.

2. *Темирбеков Е.С., Бостанов Б.О.* Теоретические основы комбинированного вибровозбудителя с беговой дорожкой непрерывной кривизны. – Алматы: ИММаш, 2013.

3. *Уалиев Г.У., Джомартов А.А.* Динамика механизмов ткацких станков-автоматов СТБ. – Алматы, 2003.

4. *Коритыцкий Ю.И. и др.* Приборы и уста-

новки для исследования текстильных машин. – М.: Mashgiz, 1958.

5. *Джолдазбеков У.А., Уалиев Г.У., Гецелев В.Г.* Методические исследования по экспериментальным методам исследования машин. – Алма-Ата, 1975.

6. Тензометрия в машиностроении / Под ред. Р.А. Макарова. – М.: Машиностроение, 1975.

7. *Калиткин Н.Н.* Численные методы. – М., 1978.

## REFERENCES

1. Temirbekov E.S. Konechno-jelementnoe modelirovanie rychazhnyh mehanizmov. Razrabotka mobil'nyh podmostej. – Astana, Izd-vo: CNTI, 2007.

2. Temirbekov E.S., Bostanov B.O. Teoreticheskie osnovy kombinirovannogo vibrovobuditelja s begovoj dorozhkoj nepreryvnoj krivizny. –Almaty: IMMash, 2013.

3. Ualiev G.U., Dzhomartov A.A. Dinamika mehanizmov tkackih stankov-avtomatov STB. – Almaty, 2003.

4. Koritysskij Ju.I. i dr. Pribory i ustanovki dlja issledovanija tekstil'nyh mashin. – М.: Mashgiz, 1958.

5. Dzholdazbekov U.A., Ualiev G.U., Geceleev V.G. Metodicheskie issledovanija po jeksperimental'nyh metodam issledovanija mashin. – Alma-Ata, 1975.

6. Tenzometrija v mashinostroenii / Pod red. R.A. Makarova. – М.: Mashinostroenie, 1975.

7. Kalitkin N.N. Chislennye metody. – М., 1978.

Рекомендована кафедрой инженерной графики и прикладной механики АТУ. Поступила 30.03.16.

UDC 687.12.123

## THE ANALYSIS OF DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION

## АНАЛИЗ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

*L.T. SARTTAROVA, M.ZH. YERALIYEVA*

*Л.Т. САРТАРОВА, М.Ж. ЕРАЛИЕВА*

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: 25lazzat@mail.ru

*Different approaches to improve production processes in the apparel industry give reason to believe that modern software and hardware (such as CAD, ASTPP, AWP) do not solve the problem of making an informed decision about the launch*

*of the designed model in production. Decision should be based on the calculation of the optimal value of the series and schedules, different pricing models, groups of production. In this connection, the solution of this problem is one of the important ways to improve the technological preparation of production.*

*В работе проведен анализ различных подходов к совершенствованию производственных процессов в швейной отрасли, который дает основание полагать, что современные программно-технические средства (такие, как САПР, АСТПП и АРМ) не решают задачи принятия обоснованного решения о запуске проектируемой модели в производство. Решение должно приниматься по результатам расчета оптимальной величины серии и расписания запуска моделей разных ценовых групп. В связи с этим решение данной задачи является одним из актуальных направлений совершенствования технологической подготовки производства.*

**Keywords:** computer-aided engineering system, module, technological sequence, processing methods.

**Ключевые слова:** система автоматизированного проектирования, модуль, технологическая последовательность, методы обработки.

The advantage of automation is given to the design preproduction – is explained by the possibility of a good formalization of the tasks for which the developed CAD clothes. The main difficulty of automating the design process lies in the fact that the process, questions of its establishment and functioning are poorly formalized and exploring the area. Problems lie in the species diversity of garments with different materials, structures and technologies. Development of technical and scientific tasks is greatly simplified by using models and simulation methods of objects, processes and phenomena. Many of the technological preparations of manufacture of garments have a connection with the design system and solve problems, not only of designing technical diagrams processing nodes, but also the standard cost of time, the formation of technological sequence of operations, designing schemes of division of labor. Technological preparation of production systems is presented in "Grace", "Relic", "Comtense", "Assol", "Julivi" [1].

Module Assol technologist "CAD" automates the compilation and calculation of the technological sequences, charting the division of labor, reporting, and printing documents. Allows you to recruit new technological sequence (TA) from the ground or on the basis

of TA units and indivisible operations. The cost of the indivisible operations units and TA are automatically calculated based on the current tariff coefficients. Charting the division of labor (RT) performed in interactive mode, and consists in the distribution of indivisible operations on organizational operations (employee or group). TP content of sites or specific indivisible operations are transferred to the organizational copy operation from one directory to another, you can set the % occurrences, i.e. allocate indivisible operation between several employees.

In the process of complete circuits RT dynamically calculate all necessary parameters for institutional operations or a dedicated group of indivisible operations: time, cost, utilization, and also displays information about currently used in organizational operations equipment, etc.

Subsystem "Manufacturing" CAD "Grace" is designed for creating and maintaining the data without the equipment, specialties, freight rates, Handbook of indivisible and institutional operations, preparation of technological sequences, patterns of division of labor, timing and cost of manufacture. After charting the division of labor is created automatically schedule consistency, which reflects the degree of utilization of institutional opera-

tions, reveals the deviation of their duration and take the optimal corrective action; summary of the equipment; summary of the workforce; summary statement for the payroll.

Computer-aided design technology garments Eleandr designed to develop a sequence of manufacturing a new product, costing time to complete transactions and prices (in automatic mode), the formation of the output documents. CAD Eleandr also includes modules perform the division of labor, accounting and analysis work, the calculation of accessories. These modules can operate independently of each other, using information from the draft articles, developed in the basic module. The module design of the production process allows for automatic or manual mode, or combined to form several options in an organized and technological scheme of the flow (the division of labor) for given initial data. To analyze the organizational and technological solutions used flow diagram of matching time spent on organizational operations, with tact flow. Accounting module and analyzing the results of work designed to introduce operational information about the actual production, which allows us to estimate the load on each artist, to calculate wages and transmit the data to the accounting system. Calculation module hardware provides automatic calculation of each type of thread needed to manufacture the product.

AWM Program "Technologist" CAD Comtense designed to automate the work of technologists pilot and clothing shops and solves the following tasks: drafting process of the sequence (TA) manufacturer of garments, the valuation of time execution of operations, calculation of the value of individual transactions and TP as a whole division of TA on organizational operations in accordance with tact process (automatic, manual, or the combined method), making individual assignments working on the basis of technological sequence, calculation of consumption of sewing thread. Drawing TP manufacture of garments in the programs possible in three ways: by modifying the existing TAs for one type, "quick" set of TA operations and units available in the database (DB), a consistent set of

TP with simultaneous replenishment database production operations.

The module "Technologist" CAD "Relic" allows you to develop a technological sequence (the introduction of database technology operations), normalization of work on the basis of accumulated in the enterprise database, division of labor, the calculation of threads and accessories. The database is formed by an individual for a particular user, contains guides for the range, type of assembly units, facilities, tariff ratios, indivisible operations, assembly units, models [2], [3].

Advantages of the best from domestic CAD is a flexible modular approach to the organization. The modular structure of systems makes possible the acquisition and development of parts, which is an important factor for domestic enterprises in accordance with their financial and industrial interests in the current economic conditions. The number of CAD that incorporate features of the individual companies and are developing in accordance with their requests is limited.

Development of an automated workplace (AWP) technology is an important aspect in the development of CAD clothes. These systems should ensure the selection of materials for the package, depending on the price of the product, the choice of treatment methods taking into account the main characteristics of the materials in the package and drafting process of the sequence of processing products an important role in modern conditions of production, is the calculation of the optimal value of a series of models for different price segments of the market, taking into account the material cost of designing new products and then scheduling the launch of models of different price groups in the industry.

There is currently no data on workstations technologies for designing processes garments of different price groups. Analysis of existing systems has shown that the existing process modules CAD clothes act as an information guide technologist.

In the known CAD there are no engineering solutions in the process "model of the package of materials" – processing methods for the preparation of models of different price groups for production.

## CONCLUSIONS

1. Modern CAD clothing on the market, do not differ fundamentally in functions, but the difference is in the representation of features that allow you to design and technological preparation of production, ease of use and principles of working with databases.

2. In this connection, the solution of this problem is one of the important ways to improve the technological preparation of production.

## BIBLIOGRAPHY

1. Голубев М., Мишенин О.А., Пархоменко Ю.В. САПР технологических потоков швейного предприятия // В мире оборудования. – 2008, № 1. С.6...7.

2. Доценко А. САПР "Грация" в ОАО "Синар" // Одежда и текстиль. – 2003, № 6. С. 33...34.

3. Наумович С.В., Эгмет Л.А. Проектирование одежды с использованием САПР "Комтенс" // Швейная промышленность. – 2012, № 4. С.17...18.

## REFERENCES

1. Golubev M., Mishenin O.A., Parhomenko Ju.V. SAPR tehnologicheskikh potokov shvejnogo predpriyatija // V mire oborudovaniya. – 2008, № 1. S.6...7.

2. Docenko A. SAPR "Gracija" v ОАО "Sinar" // Odezhdha i tekstil'. – 2003, № 6. S. 33...34.

3. Naumovich S.V., Jegmet L.A. Proektirovanie odezhdy s spol'zovaniem SAPR "Komtens" // Shvejnjaja promyshlennost'. – 2012, № 4. S.17...18.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 18.06.16.

UDC 687.01

## PRINCIPLES OF PLANNING ECOLOGICAL PRODUCTS OF LIGHT INDUSTRY

### ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

N.S. MOKEEVA, E.K. NARIBAYEVA, K.K. ABILKALAMOVA, M.O. UTEULIYEVA  
H.C. МОКЕЕВА, Э.К. НАРИБАЕВА, К.К. АБИЛКАЛАМОВА, М.О. УТЕУЛИЕВА

(Novosibirsk Technological Institute (branch) Moscow State University of Design and Technology,  
Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Новосибирский технологический институт (филиал)  
Московского государственного университета дизайна и технологии,  
Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: kamilya.abilkalamova@mail.ru

*In an article descriptions of modern principles and conceptions of light industry's garments planning are given. Its classification is developed and described. It is offered as direction of development of ecological fashion in Kazakhstan is planning clothing from natural colored wool without dyes.*

*В статье приводится описание современных принципов и концепций проектирования изделий легкой промышленности. Разработана и описана их классификация. Предлагается направление развития экологической моды в Казахстане в виде проектирования одежды из неокрашенной шерсти, разделенной на естественные природные цвета.*

**Keywords: ecological fashion, modern principles of ecological clothing planning, classification, natural colors, not dyed wool.**

**Ключевые слова: экологическая мода, современные принципы проектирования экологической одежды, классификация, естественные цвета, неокрашенная шерсть.**

The concern of society ecological problems became one of the reasons of forming of new design conception, radically relooking methods and design values. This conception supposes plugging of designer project in a really existent cultural context taking into account ecological factors. Destruction of natural environment in various forms grew into a world process which consequences resulted in the necessity of cardinal changes for many areas of human activity. Planning and production of apparel products was not an exception.

The aim of the work is perfection of process of planning competitive ecologically oriented clothing, adhering to politics of import replacement.

Direction of "green" or "ecological" design is an attempt of harmonization of "human - nature" relations and bringing in them responsibility from the human side [1].

The basic principles of ecological goods and clothing production are [2]: using ecologically safe materials, which carbon track is minimized or in general is absent; using natural materials from the plants grown without chemical fertilizers; abandonment from testing on animals and from using natural fur and skin of animals; processing and secondary using raw material; safety of using good, absence of harm to the health; creation of style not subject to the changes of fashion tendencies; reduction of expense of electric power; increase of efficiency of water consumption; reduction of wastes of production.

The most important ecological problem in textile industry is the troop landing of liquid wastes of finishing production in the environment, because the most harmful untapped substances are accumulated exactly in them [3]. The new safe methods of fabrics dyeing consist are in using of natural dyes or in the safe method of pigments causing to the structure of material. The most harmless are natural dyes, because they are synthesized by nature. Their

application in textile industry is perspective and developing direction.

Other way of safe dyeing of materials is the technology of the waterless dyeing Air Dye, developed by the Californian company Air Dye Solutions, that supposes implantation of dyes in the fibers of fabric under constraint air. Fabric is first warmed up, and then exposed to the gas attack of dye. Advantage of such method is reduction of amount of the used water and extras of heavy metals [4].

Also the way of reduction of liquid wastes of finishing materials production is using of achronous fibers of natural colors. In a modern fashion natural colors are very valued and one of main constituents of ecological fashion. Other conception of ecological fashion is processing of productive wastes in new materials, allowing to get rid from the superfluous products of consumption - Recycling. As early as 1995 of mark of Armani Jeans started the line of Recycled Denim, a company Ralph Lauren started the line of Ralph Lauren Recycled Jeans [4]. The line of secondary synthetic is produced by brand of Stella McCartney, the main shoe brand Christian Louboutin created ecotrash shoes, Nike with the brand of New Balance created sneakers that on 95% consist of the processed plastic bottles [5].

Upcycling direction [4] supposes using as a feedstock for making of new garments imperfect bits and pieces, wastes, former in the use clothing.

Another way of decision of wastes problems was offered by the Indian technologist working on the August Fashion brand Sidkhartkha Upadkhya. Direct Panel on Loom technology is the machine-tool, connected to the computer that makes all component details of garment by designer preset parameter which is after sewn together. Technology saves raw materials, garments executed by such technology are unique and practically not subject to the printing-down [4].

Other direction of wastes reduction is Zero Waste method that means cutting out of fabric without wastes. The idea of the zero-waste cutting exists from old times, as an example folk suits. Dorothy Burnham in 1973 wrote first book about cutting without losses. Holly McQuilan and Timo Rissanen in every spring in New Zealand, and in autumn in New York organized exhibition of "YIELD: Making fashion without making waste" that presents designers who want to minimize affecting environment [5].

The innovations in materials area is also about harmonization of relations between human and surrounding environment. One of the perspective directions in this area Bio Couture - "growing" of materials. Bacteria which productive a cellulose were first got in 2007 by American scientists Malcolm Brown and David Nobles. Susanne Lee placed bacteria which productive a cellulose in the green tea and after a while time she found out material and made a jacket.

The process of growing lasted about three weeks. Now they work on perfection of functional and consumer properties of material [4].

Industry cannot ignore influence that its productive methods are rendered on the Earth. "Patagonia" company in 2015 produced the collection of jeans and they used only organic cotton, grown without application of pesticides, herbicides or synthetic fertilizers. Also at production they expended on 84% less water, on 30% less energy, and on 25% less carbon track of production. At the same time company provides workers the best salary and the best terms of labor, that is certificated by Fair Trade - society of trade [7].

The results of analysis of modern ecological conceptions of clothing creation can be divided into two large directions: ecological and ethical. Classification of principles of ecological products of light industry planning is presented in Fig. 1.

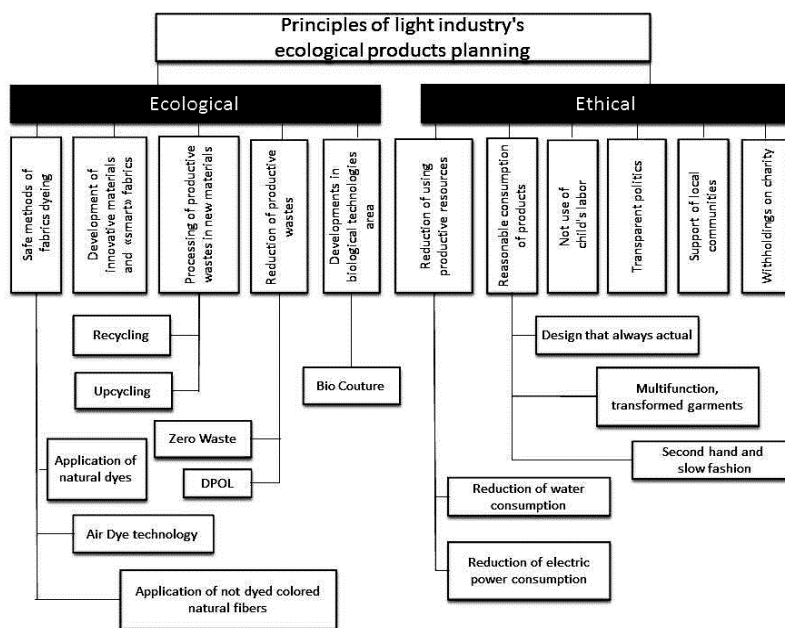


Fig. 1

Eco-design in Kazakhstan is at the beginning. It is necessary to spare so important attention to the ecological problems of design at products development, as to the artistic and technical problems. It is about moral life-span of garments, use of products and materials that is present in a wide enough order, and the consumption of that does not do damage to the environment, economically use of re-

sources, promoting to secondary application of material.

In according to all these conceptions was developed technology of sorting colored sheep wool which allows to get the natural colored fuzz that not needs in dyeing. This type of raw material in Kazakhstan is in a enough amount, a production and consumption of such products do not harm to the envi-

ronment, and the products made from such raw material will allow to replace an import the commodities produced in the country.

The problem of the not dyed colored wool production is engaged in enterprise of New Zealand, Australia and Great Britain. It is uses mainly by craftsman for making products of the folk applied arts.

It is known that from the point of view of physiological influence all colors and their combinations can be divided into two basic groups:

- A. the simple, clean, bright colors and contrasting combinations;

- B. the difficult, little saturated colors, and also achromatic, nuance combinations.

The colors of group "A" operate as strong, active irritants. They satisfy to the necessities of people with the healthy, untired nervous system. They are children, teenagers, young people, peasants, people of manual labour, people possessing seething temperament and open, direct nature.

The colors of group "B" calm than it is excited; they cause difficult, ambiguous emotions, need more protracted contemplation for their perception, satisfy a requirement in the thin and refined feeling, and such necessity arises up for the subjects of high enough standard of culture. The people of middle and elderly age prefer all these reasons of color of group "B", with the tired and thinly organized nervous system and intelligentsia [8].

## CONCLUSION

In this connection it is recommended to use the products made from wool of natural colors, at planning and production of everyday clothing for the people of middle, senior and elderly age.

In this work is offered classification of modern principles of planning of the ecologically oriented light industry products. In connection with that sheep wool in Kazakhstan is present in a enough amount, the use of natural colored wool does not harm to the environment, and the products made from such raw material allow to replace an import the commodities produced in the country.

1. *Малинин А.Г., Ушкина И.М.* Последствия дизайн-деятельности // *Мат. 47-й Междунар. научн.-техн. конф. преподавателей и студентов.* – Витебск, Витебский гос. технолог. ун-т, 2014.

2. *Мода без отходов. Часть 2* / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.be-in.ru/places/23036-new\\_green/](http://www.be-in.ru/places/23036-new_green/) - Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.11.2015).

3. *Калинников Ю.А., Ващурина И.Ю.* Природные красители и вспомогательные вещества в химико-текстильных технологиях – реальный путь повышения экологической чистоты и эффективности производства текстильных материалов [Электронный ресурс] // *Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева)* – 2002. - №1. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2002-1/77.pdf> - (Дата обращения: 15.11.2015).

4. *Eco-fashion: 5 sustainability-технологий* [Электронный ресурс]: Look at me. Интернет издание о креативных индустриях. – Режим доступа: <http://www.lookatme.ru/flow/posts/fashion-radar/122203-5-sustainability-technologies-> Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.11.2015).

5. *Мода без отходов. Часть 1* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://surfingbird.ru/surf/e8vuA5731#.VjoAHLfhDIU> - Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.11.2015).

6. *Экологичная ткань из древесной массы* [Электронный ресурс]: *Bemeto.ru* Первый русский эко – портал - Режим доступа: <http://www.bemeto.ru/ecoclothing/ekologichnaya-tkan-iz-drevesnoj-massy/> - Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.11.2015).

7. *Patagonia's sustainable denim – because denim is filthy business* [Электронный ресурс]: *WGSN* портал о фэшн – индустрии. - Режим доступа: <http://www.wgsn.com/blogs/patagonia-denim-denim-filthy-business/> - Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.11.2015).

8. *Миронова Л.Н.* Цветоведение. – Минск, 1984.

## REFERENCES

1. *Malinin A.G., Ushkina I.M.* Posledstviya dizajndejatelnosti // *Mat. 47-j Mezhdunar. nauchn.-tehn. konf. prepodavatelej i studentov.* – Vitebsk, Vitebskij gos. tehnolog. un-t, 2014.

2. *Moda bez othodov. Chast' 2* / [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.be-in.ru/places/23036-new\\_green/](http://www.be-in.ru/places/23036-new_green/) - Zaglavie s jekrana. - (Data obrashhenija: 15.11.2015).

3. *Kalinnikov Ju.A., Vashurina I.Ju.* Prirodnye krasiteli i vspomogatel'nye veshhestva v himiko-tekstil'nyh tehnologijah – real'nyj put' povyshenija jekologicheskoy chistoty i jeffektivnosti proizvodstva tekstil'nyh materialov [Elektronnyj resurs] // *Rossijskij himicheskij zhurnal (Zhurnal Rossijskogo himicheskogo obshhestva im. D.I. Mendeleeva)* – 2002. - №1. – Rezhim dostupa: <http://www.chem.msu.ru/>

rus/jvho/2002-1/77.pdf - (Data obrashhenija: 15.11.2015).

4. Eco-fashion: 5 sustainability-tehnologij [Jelektronnyj resurs]: Look at me. Internet izdanie o kreativnyh industrijah. – Rezhim dostupa: <http://www.lookatme.ru/flow/posts/fashion-radar/122203-5-sustainability-technologies-> Zaglavie s jekrana. - (Data obrashhenija: 15.11.2015).

5. Moda bez othodov. Chast' 1 [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://surfingbird.ru/surf/e8vuA5731#.VjoAHLfhDIU> - Zaglavie s jekrana. - (Data obrashhenija: 15.11.2015).

6. Jekologichnaja tkan' iz drevesnoj massy [Jelektronnyj resurs]: Bemeto.ru Pervyj russkij jeko-portal -

Rezhim dostupa: [http://www.bemeto.ru/eco-clothing/ekologichnaya-tkan-iz-drevesnoj-massy/-](http://www.bemeto.ru/eco-clothing/ekologichnaya-tkan-iz-drevesnoj-massy/) Zaglavie s jekrana. - (Data obrashhenija: 15.11.2015).

7. Patagonia's sustainable denim – because denim is filthy business [Jelektronnyj resurs]: WGSN portal o fjesn-industrii. - Rezhim dostupa: [http://www.wgsn.com/blogs/patagonia-denim-denim-filthy-business/-](http://www.wgsn.com/blogs/patagonia-denim-denim-filthy-business/) Zaglavie s jekrana. - (Data obrashhenija: 15.11.2015).

8. Mironova L.N. Cvetovedenie. – Minsk, 1984.

Рекомендована кафедрой дизайна АТУ. Поступила 31.08.16.

UDC 687.15

## DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC REQUIREMENTS TO SPECIAL OVERALLS FOR MES FOR REPUBLIC OF KAZAKHSTAN RESCUERS

### РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЕ ДЛЯ СПАСАТЕЛЕЙ МЧС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

*A.M. SABITOVA, G.S. SHAIZADANOVA*  
*A.M. SABITOVA, G.S. SHAIZADANOVA*

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: c\_alima\_m@mail.ru; gulnar\_11.78@mail.ru

*The article discusses the development of scientifically-reasonable requirements for special overalls to identify significant factors according to the results of a questionnaire survey of consumers and expert opinions.*

*В статье рассматривается разработка научно обоснованных требований к специальной одежде по результатам проведения анкетного опроса потребителей и экспертного опроса мнений специалистов спецодежды для выявления значимых факторов.*

**Keywords:** overalls, questionnaire, expert interviews, Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, factors, the importance of indicators.

**Ключевые слова:** спецодежда, анкетный опрос, экспертный опрос, Министерство чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан, факторы, значимость показателей.

The basic requirements for special overalls for rescuers of Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (MES RK) which must satisfy: protection

from influences of harmful and dangerous productive factors; providing of labour safety; maintenance of the human's normal functional state his capacity [1].



For determination of the most significant indicators was conducted a survey of the 50 rescuers of Central regional airmobile operative-rescue detachment (Astana city) and district department of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (Almaty city) with 10...25 year work experience as rescuers.

The questionnaire included 12 questions with several variants of answers to each of that. The results of questionnaire used in the determination of requirements for protective special overalls for rescuers of MES RK.

It was conducted a survey of specialists-experts' opinions about importance of signs which characterize quality of special overalls for rescuers of MES RK.

According to the results of experts' survey was made the matrix of grades. The influence degree of factor on the investigated value is measured by sum of grades: the lower the sum of ranking factors, the more influence it has on the investigated value.

Expert's survey data processed by known methods of mathematical statistics [2].

The degree of consistency of expert's opinions  $\chi^2 = 436,32 > \chi_T^2 = 29,82$  at  $f=k-1$  significance level.

As a result of the ranking it has been found that the protective overalls for rescuers are: overalls design with a combination of "free" cut; available location of details; stability of the parts connections and aesthetic requirements.

The survey revealed the presence of all the above factors of the impact. The greatest impact on the human body has a mechanical damage (55%) and the fumes and dust content of the working space atmosphere (35%). Effect of mechanical damage due to the following factors: the clearing of debris; dissection of complex structures; working with various types of rescue tools; carrying stretchers with injured by two people on a flat locality and four people along crossed localities; underwater works; extraction of a significant number of injured and dead victims and and others.

One of the basic requirements from survey data was: durability of fabrics for special overalls; quality of clothing manufacturing; presence of additional elements and details and design solution of current overalls [1].

Currently, the fabric used for special overalls clothing - "Classic 180" art. 82039 (3221-h), the fibrous structure – 65% Polyester, 35% of Vis, which does not meet the norms and requirements of consumers. During the exploitation of overalls under the moisture, especially when washing fabrics which treated protective impregnations lose barrier properties. For longer preservation of the protective properties of fabrics is recommended, according to GOST [3] used instead of washing dry cleaning, and the treatment does not cause a large shrinkage of fabric.

The survey showed that 100% of respondents subjected to wash overalls, although provided for dry cleaning. And, of course, special overalls after three or four washings significantly loses its protective properties and shrinks. Frequent washing is the basic factor of wear overalls.

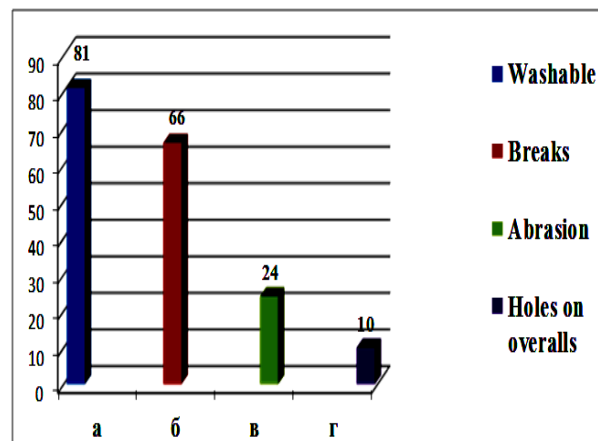


Fig. 1

Abrading influence on the special overalls has a physical nature and type of mechanical manifestations harmful and hazardous working conditions when disturbed fabric structure in contact with various surfaces. Result of action - frayed space and reducing the fabric durability, which leads to a reduction of overalls' protective properties.

Fig. 1 shows diagram of the significance of the main factors of wear overalls.

As can be seen from the diagram the most important factor is "drying". Next in importance - breaks. The least significant to the overalls are factors of "attrition" and "hole in the special overalls".

The importance of indicators completeness special overalls is shown in Fig. 2.

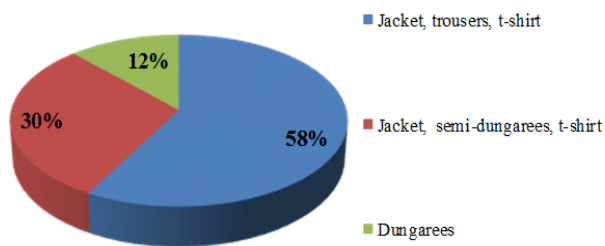


Fig. 2

As seen in Fig. 2, 58% of the experts think that special overalls for MES RK is recommended completeness consists of a jacket, trousers and T-shirts.

Diagram of significance colors for special overalls shown in Fig. 3.

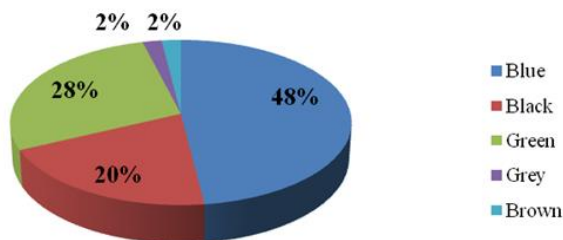


Fig. 3

In fact the most appropriate color solution is blue.

The importance of the use of details in overalls for MES RK is shown in Fig. 4.

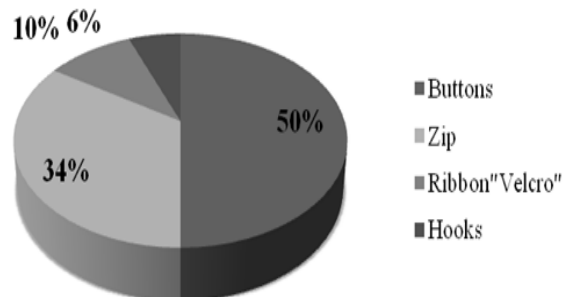


Fig. 4

As seen in figure 4, the most important is the design of the construction with the fastener in the form of buttons and lace-zipper.

## CONCLUSIONS

1. It was conducted a questionnaire survey of consumer and special overalls experts opinions as result of which revealed significant factors: durability of fabrics for special overalls; overalls manufacturing quality; the presence of additional elements and details and design solution of current overalls.

2. Data processed by methods of mathematical statistics.

3. It is developed science-based information:

- A set consisting of a jacket, trousers and T-shirt;
- Color solution (blue);
- Recommended accessories details in the form of buttons and lace-zipper.

## BIBLIOGRAPHY

1. *Сабитова А.М.* Влияние условий эксплуатации спецодежды шахтеров на правильность выбора материалов // Пищевая технология и сервис. – Алматы, 2010, № 2. С. 104...106.
2. *Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.* Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973.
3. ГОСТ 11209–85. Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия (с Изменениями №1,2,3). – М.: Изд-во Стандартов, 1999.

## REFERENCES

1. *Sabitova A.M.* Vlijanie uslovij jekspluatacii specodezhdy shahterov na pravil'nost' vybora materialov // Pishhevaja tehnologija i servis. – Almaty, 2010, № 2. S.104...106.
2. *Beshelev S.D., Gurchich F.G.* Jekspertnye ocenki. – M.: Nauka, 1973.
3. *GOST 11209–85.* Tkani hlopchatobumazhnye i smeshannye zashhitnye dlja specodezhdy. Tehnicheskie uslovija (s Izmenenijami №1,2,3). – M.: Izd-vo Standartov, 1999.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 31.08.16.

**THE STUDY OF THE DURABILITY  
OF SPECIAL CLOTHES' TEXTILE MATERIALS TO OIL**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦОДЕЖДЫ К НЕФТИ**

G.A. GANIYEVA, B.R. RYSKULOVA  
Г.А. ГАНИЕВА, Б.Р. РЫСКУЛОВА

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: gaziza.ganiyeva@gmail.com

*The article presents the study of the durability of the special clothes' textile materials to oil. The studies of the protective properties of materials were conducted, which allowed choosing of the optimal fabric vender code 18422 as a/X-M to produce the special clothing which has high oil resistance.*

*Статья посвящена исследованию стойкости материалов спецодежды к нефти. Проведены исследования защитных свойств материалов, которые позволили выбрать оптимальную ткань арт. 18422 а/Х-М для изготовления спецодежды, обладающей высокой нефтестойкостью.*

**Keywords:** special clothing, textile materials, the durability to the oil, durability, the bursting load.

**Ключевые слова:** спецодежда, текстильные материалы, стойкость к нефти, прочность, разрывная нагрузка.

In industrial conditions of the petroleum company "Master Munay – Gaz Energo" LLC (city of Aktobe) one of the dangerous and harmful industrial factors to be noted are the petroleum and petroleum products [1].

The petroleum permeability of the textile materials defines the protection level of workers from the aggressive environments' influence. As it known, the petroleum has the property to permeate into porous structures of textile materials, which affects negatively on

materials' property and wear date of special clothing [2], [3].

As the research objects in the present work there were chosen materials having different fibres composition and interweaving, such as: vender code 18422 a/X-M, 81421, 18452, characteristic of which presented in a table 1. The tests on order to define the durability properties of the textile materials to petroleum were conducted according to GOST №29104.12–91 [4].

Table 1

№	Fabric	Vender Code	Composition of the fibrous fabric, %	Finishing	Interweaving
1	Prime - Comfort 250A	18422 a/X-M	80 Cotton 20 Polyester + antistatic thread	petroleum moisture-repellent, petroleum petroleum moisture-repellent, Stop Petroleum	Twill
2	Prime Standard 250	81421	65Polyester, 35 Cotton	Moisture-repellent, petroleum moisture-repellent, petroleum petroleum moisture-repellent, Acid-50, Acid-80, petroleum shrink, CH	Twill 2/1
3	Premier Cotton Rich 230	18452	60 Cotton, 40 Polyester	Moisture-repellent, petroleum moisture repellent	Twill 2/1

In order to conduct the experimental research works, the elementary samples with 40x500mm size were prepared: six on the basis and eight by the weft. To obtain the comparative analysis the bursting load of materials were tested on the bursting machine MT-150/EV, starting with three on the basis and for by the weft before cooling in petroleum, and after three samples on the basis and four by the weft after cooling in petroleum. The bursting load indicators of fabric samples of vender code 18422 a/X-M, 81421, 18452 before cooling in the petroleum is presented on the Fig. 1 (the bursting load indicators of the fabric samples on the basis and by the weft before the cooling in petroleum).

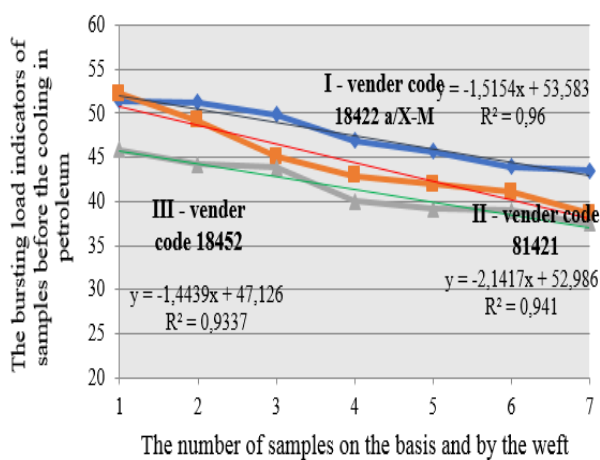


Fig. 1

As seen in the Fig. 1, the bursting load on the basis of the fabric having vender code 18422 a/X-M (I) ranges from 51 to 50 N, and by the weft from 47 to 44 N. The bursting load on the basis of the fabric having vender code 18421 (II) ranges from 52 to 45 N, and by the weft from 43 to 37 N.

The bursting load indicators of samples from fabrics of vender code 18452 (III) before cooling in petroleum is on the basis – 46 – 44 N, by the weft – 40 – 37 N. It should be noted, that the presence of the most percentage content of the polyester fibre and twill interweaving initially provides high indexes of the bursting load to the special clothing fabrics. In our case, the conducted comparative analysis of the materials indicates that most durability kept by fabric with 18422 a/X-M vender code.

Moreover, the work presents the processes of the petroleum permeate into fabrics' structure by the next samples: three samples on the basis and four is the weft. To conduct the research the samples are put in the desiccator with petroleum. In accordance with [4] the samples should be cooled in petroleum for 72 hours, after the washing with petrol for 7 minutes they are to be slightly pressed to removal of the petroleum residue, and then they will be put in between filter paper layers and dried by GOST 10681 in a room temperature.

After conducting the research work described above, the bursting load indicators on the basis and by the weft of the elementary samples were determined. The bursting load of the material samples vender coded as 18422, a/X-M, 81421, 18452 after cooling in petroleum presented in the Fig. 2 (the bursting load indicators of the fabric samples on the basis and by the weft before the cooling in petroleum).

As seen in the Fig. 2, the changes of the bursting load indicators of studied materials after the cooling in petroleum are determined. The bursting load indicators of the fabric samples vender having vender code 18422 a/X-M (I) has decreased for 4%, the vender code 81421 (II) for 9%, and the bursting load indicators of the vender code 18452 (III) has decreased to 13%. Besides, from the obtained equations of the mathematical relationship demonstrated in the Fig. 2, it's necessary to note, that the petroleum penetration character expressed almost identical for fabrics from the chosen assortment.

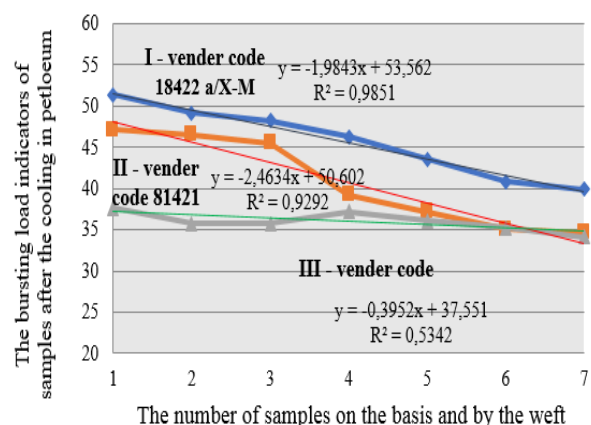


Fig. 2

The fabrics' durability to the petroleum effect on the basis and by the weft is calculated by the next formula:

$$CH_{o(y)} = \frac{P_{p2}}{P_{p1}} 100, \quad (1)$$

where  $P_{p1}$  – average arithmetic mean of the bursting load of fabric strip 25×200 mm be-

fore the cooling in petroleum;  $P_{p2}$  – average arithmetic mean of the bursting load of fabric strip 25×200 mm after the cooling in petroleum.

The changes of the fabrics' durability to the petroleum effect on the basis and by the weft in percentage are presented in the table 2.

Table 2

№	Fabrics, vender code.	$P_{p1}$ before cooling in petroleum	$P_{p2}$ after cooling in petroleum	$CH_{o(y)}$ , %
1	18422 a/X-M	47,52	45,62	96
2	81421	44,42	40,75	91
3	18452	41,35	35,97	87

The table 2 shows, that the high durability to petroleum has the fabric with petroleum repelling finishing, vender code 18422 a/X-M (I). The fabric vender coded as 81421 (II) has the second place, has the durability to petroleum of 91%. The 18452 vender coded fabric has a low durability to petroleum, which can premature wear of the special clothing.

## CONCLUSIONS

1. On the basis of conducted research works of the materials' durability to petroleum it should be noted, that from fabrics tested, the most durability to petroleum effect has the fabric vender coded as 18422 a/X-M, so far as the fabric content has the antistatic thread and indelible finishing.

2. The approximation ways of the results obtained with help of trend line, which connects two important maximum and minimum points of the bursting load indicators of the materials on the basis and by the weft, before and after cooling in petroleum.

## BIBLIOGRAPHY

1. Ganiyeva G.A., Ryskulova B.R. Design of the special clothing for the petroleum industry workers based on the study of working conditions (abstracts) // Materials of the International Scientific-Practical Conference: Innovative Development of Food, Light Industry and the Industry of Hospitality. - Almaty: ATU, 2014. P.270...271.

2. Ganiyeva G.A., Ryskulova B.R. Analysis of methods and devices to determine the petroleum permeability of textile materials' petroleum permeability // Materials of the Republican Scientific-Practical Conference: Modern Problems of Textile and Light Industry Development. - Semey: Republican State Enterprise on the Right of Business. State University named after Shakarim of Semey city. – 2015, November 27. P.132...135.

3. Ganiyeva G.A., Ryskulova B.R. Methods of petroleum permeability determination of materials to produce the protective clothing for the petroleum industry workers // Thesis report XVI International scientific – technical conference: Modern concepts of Scientific Research / Eurasian Union of Science. – Moscow, 2015, July 24-25. P.46...48

4. GOST 29104.12–91. Technical fabrics. Method for determination for petroleum products. – Standards' publisher, 1992.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 18.06.16.

## PROCESS OF CREATING CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF CLOTHES BASED ON THE MODULAR DESIGN

### ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

A.O. RUSTEMOVA, M.A. NURZHASSAROVA, A.Zh. TALGATBEKOVA, A.M. SABITOVA, Zh. E. DANADILOVA  
A.O. РУСТЕМОВА, М.А. НУРЖАСАРОВА, А.Ж. ТАЛГАТБЕКОВА, А.М. САБИТОВА, Ж.Е. ДАНАДИЛОВА

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: aigulyal105@mail.ru

*The article consider the stages of the development process of modern clothing patterns based on the traditional national costume using modular design principles. The algorithm of research of the creative source for the purpose of deriving modular elements was proposed, which contributes reducing the time of running of the model in production.*

*В статье рассматриваются этапы процесса разработки моделей современной одежды на основе традиционного национального костюма с использованием принципов модульного проектирования. Предложен алгоритм исследования творческого источника с целью выделения модульных элементов, способствующий сокращению сроков запуска модели в производство.*

**Keywords:** costume, module, modular design, traditional national costume, modern clothes.

**Ключевые слова:** костюм, модуль, модульное проектирование, традиционный народный костюм, современная одежда.

It is known that the development of constructive solutions of competitive clothing based on traditional national costume (TNC) is possible on the basis of the operational methods of knowledge and non-operational mechanisms of the creative thinking [1].

For the establishment of modern clothing patterns based on TNC the authors [2], [3] propose the method of reconstruction using heuristic techniques and similar transformations (by analogy).

These transformations consistent with the principle of modular design, where in order to create new solutions the conditional unit-element of an object of the study is used as the module and it performs certain functions.

The main objective of the modular design is to create a new project of making clothes with a reduced startup cycle models into pro-

duction. The advantages of the modular design include: manufacturability, efficiency of patterns layout and lower consumption of material [4], [5]. Furthermore, the use of modules even most simple geometric shapes in the organization of costume form allows creating complex volumes in the product as a whole and in the individual elements [6].

Note, however, that in the process of development of modern models based on traditional costume during the use of various transformation techniques there is an important aspect of maintaining the authenticity (or conformity) of the object of study.

It is necessary to determine the degree of deviation from the traditional forms and methods of processing and the technics of decoration depending on the functional purpose of the new model. That is important to



establish the boundaries of the visual "recognition", beyond which the costume is not identified as a carrier of features of a particular ethnic style by potential consumer. Therefore, the models created on the basis of TNC must be maintained in varying degrees, how to use the traditional cut and decor, character of combinations of materials and colors, the processing methods.

An analysis of the forms and constructions of various types of clothing in traditional national costume (TNC) has shown that the basic silhouette forms of shoulder clothes are straight, trapezoidal, semi fitted and for belt clothes are straight. In fact all of them act as modules, within which possible to make various modifications [1], [7].

The nature of the division of forms of traditional folk costumes, which determines the proportional ratio and size of its components (modules), is subject to certain consistent patterns [1], [7...9].

Creation a new design and technological solutions of clothes based on the object of research (TNC), based on such principles of modular design (MD) as a constructive, decorative and technological.

The constructive principle provides for the development of constructive solutions of designed object from separate typed modules-blocks on the basis of module of shapes and constructions of the elements of the research object (TNC).

Decorative principle provides development of decorative modules of designed object on the basis of units (module) of the ornament to create a whole ornamental compositions of modules blocks, execution of ornamental compositions, depending on the type of ornament, based on techniques of its performing and the location in the TNC.

The technological principle involves the use of rational methods of processing and assembly modules to each other using both traditional and modern methods.

It is known that the formation of a new form of the costume based on the creative source is split into several consecutive steps [1], [10].

In the process of the MD at the initial stage it provides a quantitative analysis of the object of study (TNC), that is the definition of modular elements parameters using decomposition techniques. Quantitative and qualitative analysis of the costume elements is performed: construction, size and shape of the parts (modules), the completeness from parts of clothes and types of materials used.

Further, in order to develop decorative solutions of designed object a qualitative analysis of the research object is held, namely, the character and method of execution and the location of the modular elements of decor (angular, all-over, single, side), color patterns of the composition, the principles of compatibility of materials for decoration.

Thus, in determining the constructive solutions of each of the garment units in the TNK formed the background information, based on the complex of the works:

- Identify the location of the modules.
- Defining geometrical form of modular elements.
- Determining the frequency of occurrence of modular elements of the research object (TNCs).
- Establishing a proportional relationship between the parameters (width, length) in the

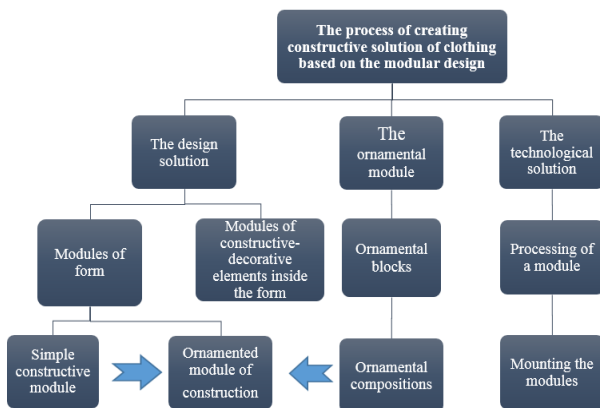


Fig. 1

Generalized scheme of the MD of modern costume based on TNC can be represented as follows (Fig. 1): the selection of modules based on the proportioning, the arrangement of the modules, taking into account the functional purpose of the object of design, technological processing and setting-up the modules, the development of transformable models and similar models from the sets of standardized parts-modules.

module, between the individual modules as well as between the module and a separate unit as a whole costume.

As a result of the principles of modular design on the basis of the research object (TNC), creating a new model, we propose the following sequence of actions:

- definition of a typed module size that is proportional to the size (or the same size) of the selected item in the object of study;
- establishing the location and the characteristics of decor (type of ornament, the volume and size of the main elements of the ornament, filling density of the ornamental field, performing technique, color combinations, the presence of additional finishing);
- identification the possibility of creating interchangeable elements or transformed elements of the object of study (TNC) in order to extend the functionality of the module and the model.

It is obvious that each step of presented algorithm of actions required to create a new algorithm to an appropriate level, for example, to identify the size and proportions of the object of study (TNC).

There are various ways to transfer constructive and decorative features of the object from sketches to model, one of which - the imposition of structural support lines (grid) to the body mannequin [8].

Depending on the appearance of the object of study (photo of the exhibit, located on a mannequin or on the plane surface, a historical sketch from nature) must use suitable methods of determining the constructive and decorative attributes and sizes of modules in the object of study (TNC).

For example, in determining the true size of the prototype, in this case, the elements of TNC dressed on a mannequin, it is proposed to perform the photo of the objects in three positions - front, back and lateral side. After this correction of the conversion factor of planar measurement with photos in the measurement values of the corresponding bulk forms is calculated.

With such a limited resource, as a historical sketch of TNC from nature, to approximate the size of the parts, can be used systems of proportioning and measures based on the size of certain body parts (elbow, wrist, etc.) [11].

Thus, we propose the process of modular design when creating the design and technological solutions of modern clothing patterns based on TNC, conducting an adequate transport and transformation of the characteristics of the research object (traditional national costume), in order to preserve its life cycle in models designed in modern conditions.

## CONCLUSIONS

1. It was established that application of modular approach when designing clothes based on traditional folk costume meets the requirements of need to expand and rapid change of the range, the unification of the individual components and assemblies, as well as the search for new and innovative forms while preserving national identity in the modern costume.

2. The algorithm of the process of modular design of modern clothing models based on TNC, allowing to carry out adequate transport and transformation of the specific signs the object of study (traditional national costume) is offered.

## BIBLIOGRAPHY

1. *Нуржасарова М.А.* Теоретические и методологические принципы проектирования современной одежды на основе традиционного казахского костюма: Дис. ... докт. техн. наук. – Алматы, 2005.
2. *Нуржасарова М.А., Смайлова У.У., Талгатбекова А.Ж., Тунгатарова Д.Т.* Теоретические принципы проектирования одежды с использованием метода аналогии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №3. С.119...122.
3. *Нуржасарова М.А., Талгатбекова А.Ж., Рустемова А.О., Скарьдова В.Б.* Процесс создания конструктивных решений одежды с помощью эвристических приемов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №4. С.125...127.
4. *Звягинцев С.В.* Разработка методов комплексного проектирования комплектов видоизменяемых и трансформируемых предметов одежды: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1999.
5. *Обеднина С.В., Быстрова Т.Ю.* Модульный принцип формообразования в дизайне // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. – 2013, №1. С. 85...90.
6. *Баландина Е.А.* Алгоритм построения сложной пространственной формы на основе метода



трансформационной реконструкции костюма // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015, №12-2. С.9...12.

7. *Талгатбекова А.Ж.* Разработка методики проектирования современной одежды с использованием эвристических приемов: Дис...канд. техн. наук. – Алматы, 2010.

8. *Пармон Ф.М.* Композиция костюма. Одежда, обувь, аксессуары. – М.: Триада плюс, 2002.

9. *Шатковская М.Л.* Формирование элементарного базиса прототипов при проектировании одежды на основе народного костюма: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2009.

10. *Виниченко Е.В., Евдущенко И.В.* Новый подход к категориальному анализу исторического костюма как творческого источника проектирования современных моделей одежды // Альманах современной науки и образования. – Тамбов: Изд-во Грамота, 2012, №11. С. 35...39.

11. *Фот Ж.А.* О создании модуля художественного проектирования с использованием систем пропорционирования в САПР // Фундаментальные исследования. – 2008, № 5. С. 50...51.

#### REFERENCES

1. Nurzhasarova M.A. Teoreticheskie i metodologicheskie principy proektirovaniya sovremennoj odezhdy na osnove traditsionnogo kazhskogo kostjuma: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – Almaty, 2005.

2. Nurzhasarova M.A., Smajlova U.U., Talgatbekova A.Zh., Tungatarova D.T. Teoreticheskie principy proektirovaniya odezhdy s ispol'zovaniem metoda analogii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №3. S. 119...122.

3. Nurzhasarova M.A., Talgatbekova A.Zh., Rustemova A.O., Skar'dova V.B. Process sozdaniya konstruktivnyh reshenij odezhdy s pomoshh'ju

jevristicheskikh priemov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №4. S.125...127.

4. Zvjaginev S.V. Razrabotka metodov kompleksnogo proektirovaniya komplektov vidomezmenjaemyh i transformiruemyh predmetov odezhdy: Dis. ... kand. tehn. nauk. – M., 1999.

5. Obednina S.V., Bystrova T.Ju. Modul'nyy princip formoobrazovaniya v dizajne // Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN. – 2013, №1. S.85...90.

6. Balandina E.A. Algoritm postroeniya slozhnoj prostranstvennoj formy na osnove metoda transformacionnoj rekonstrukcii kostjuma // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. – 2015, №12-2. S.9...12.

7. Talgatbekova A.Zh. Razrabotka metodiki proektirovaniya sovremennoj odezhdy s ispol'zovaniem jevristicheskikh priemov: Dis...kand. tehn. nauk. – Almaty, 2010.

8. Parmon F.M. Kompozicija kostjuma. Odezhda, obuv', aksessuary. – M.: Triada plus, 2002.

9. Shatkovskaja M.L. Formirovanie jelementnogo bazisa prototipov pri proektirovanii odezhdy na osnove narodnogo kostjuma: Dis. ... kand. tehn. nauk. – SPb., 2009.

10. Vinichenko E.V., Evdushhenko I.V. Novyj podhod k kategorial'nomu analizu istoricheskogo kostjuma kak tvorcheskogo istochnika proektirovaniya sovremennyh modelej odezhdy // Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya. – Tambov: Izd-vo Gramota, 2012, №11. S. 35...39.

11. Fot Zh.A. O sozdanii modulja hudozhestvennogo proektirovaniya s ispol'zovaniem sistem proporcionirovaniya v SAPR // Fundamental'nye issledovaniya. – 2008, № 5. S. 50...51.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 18.06.16.

UDC 687.05

## DEVELOPMENT OF METHOD OF FINISHING OF WOVEN GARMENTS VIA DRAWING ON LIQUID SURFACE

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОТДЕЛКИ ТКАНИ ОДЕЖДЫ РИСОВАНИЕМ НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ

ZH. USSENBKOV, K.P. AIDOSOVA, K.A. ZHUMATAYEVA  
Ж. УСЕНБЕКОВ, К.П. АЙДОСОВА, К.А. ЖУМАТАЕВА

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: zh.usenbekov@mail.ru; emj@ripkso.kz; rarus63@mail.ru)

*Textile finishing via drawings which has implemented on liquid surface is allowed to get unrepeatable pictures that become ornamentations for clothes; obtaining of an image on the surfaces of the liquid is possible in case of availability of*

*different surface tension of paint and aqueous solution; has been obtained rational concentration aqueous solutions from the local raw materials; has shown an examples of a female dresses, chiselled drawings which is performed on an aqueous solution.*

*Отделка тканей рисунками, выполненными на поверхности жидкости, позволяет получить неповторимые изображения, которые становятся украшением одежды. Получение рисунка на поверхности жидкости возможно при различных поверхностных натяжениях краски и водного раствора. Найдены рациональные концентрации водных растворов из местного сырья; показаны образцы женского платья, отделанные рисунками, выполненными на водном растворе.*

**Keywords:** drawing on the surfaces of liquid, a superficial tension, coefficient of a superficial tension, spreading, a method of compensation of a difference of pressure of a blanket of liquid, a ring separation method.

**Ключевые слова:** рисование на поверхности жидкости, поверхностное натяжение, коэффициент поверхностного натяжения, растекание, метод компенсации разности давлений поверхностного слоя жидкости, метод отрыва кольца.

Decoration which is performed directly in manufacturing of sewing products has a great influence for quality of clothes and its competitiveness. It is known that availability of decoration in clothes' composition can play different roles: to express the main idea of a composition or to identify the product's shape, to underline the constructive lines, to complement and decorate the model. Proper use of the good decorations not only clarifies the purpose of clothing, but also provides its individuality, and as well as in some cases allows you to underline merit and hide figure flaws. When new thing is acquired, the first thing is to pay attention to the colour of the drawing. Currently, you can see all kinds of fabric patterns and colors. The technological progress does not stop and therefore the creation of new methods of placing images on the fabric is an important task.

Drawing can be done on anything. There are, surprisingly, drawing techniques on the liquid surface [1...3]. Some of them are quite ancient. The essence of technology of drawing consists in: begin the image creation with paint on the surface of the aqueous solution and then it is applied to the surface of the cloth. This way of unrepeatable drawing becomes a decoration of the clothes. To draw with one liquid on the surface of another one, they need to have a different surface tension, which will stop its mixing. Thereby, solution

for the drawing, which is a natural water cloth, should be preprepared. In this purpose the natural thickeners usually to be added: geven's plant extract, seaweed, etc. [2]. However, for the preparation of a homogeneous solution for drawing in local conditions to find these extracts is not possible and in this regard it is considered using available thickeners and respective questions of processes of physics analysis of the interaction of liquid paints and solution.

Paints are very liquid, and their consistency is always adjusted by the adding of water, but, nevertheless, they have a different surface tension with the aqueous canvas, and therefore always remains on its surface. The major difference from any other paints is that they do not dissolve in water (saline), hold their shape well, they are not mixed with each other but are easily come under artist's influence for creating and saving certain forms. The difference between the air on one side and bodies of liquid on other side is fact that the first occupies the entire volume provided while fluid occupies only a certain volume and forms a free surface, this liquid separating medium from the border environment. Surface tension forces act in the surface layer of liquid, under the action of which the free surface tends to become spherical. Normally, this prevented by the force of gravity. Due to the

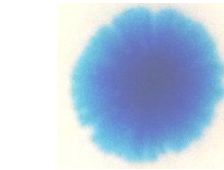
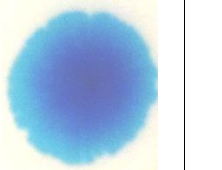
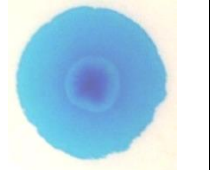
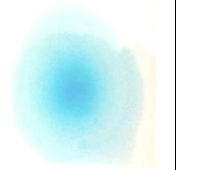
force of gravity a liquid takes the form of container and its free surface becomes horizontal.

Let's look at a drop of liquid I, located on the surface of another which is immiscible with it liquid II. Form of a drop established under influence of interaction between the three environments: liquid I, liquid II and air III. These three environments have mutual border-circumference limiting drop and crossing flat of drawing surface in points A and B. Three surfaces cross on that circumference: surface, separating liquid II and air with coefficient of surface tension  $\alpha_{23}$ ; surface, delimiting liquid I and II with coefficient of surface tension  $\alpha_{12}$  and surface, delimiting liquid I and air with coefficient  $\alpha_{13}$ .

Per unit length of the border of the circle are the surface tension force  $F_{23}$ ,  $F_{12}$ ,  $F_{13}$ , numerically equal to the corresponding values  $\alpha_{23}$ ,  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{13}$ . Those forces are directed perpendicular to the circumference of the individual elements and tangent to respective

surfaces of the partition. In case of opportunity when we can neglect the force of gravity compared to the forces of surface tension, an equilibrium will be the form of drops, in which the  $F_{23} + F_{12} + F_{13} = 0$  or  $F_{23} = F_{12}\cos\varphi_{12} + F_{13}\cos\varphi_{13}$ . It follows that in case of equilibrium  $F_{23} < F_{12} + F_{13}$ , ie  $\alpha_{23} < \alpha_{12} + \alpha_{13}$  (as  $\cos\varphi_{12} + \cos\varphi_{13}$  less than one). If  $F_{23} > F_{12} + F_{13}$  or  $\alpha_{23} > \alpha_{12} + \alpha_{13}$ , the liquid drops on the surface cannot balance and drop spread on the surface as a thin pellicle. Thus, spreading of the liquid ink on the surface of the aqueous solution can occur, when the paint has a low surface tension than the surface tension of the liquid. Otherwise lens is formed on the surface instead of pellicle. After mutual saturation of fluids may change the picture - the pellicle after some time shrinks to a lens. Table 1 shows samples of the spreading ink drops on the surface of an aqueous solution with a variety of surface tensions.

Table 1

Sample number	1	2	3	4
Spreading the liquid ink droplets on the surface with different surface tension				
Liquid Concentration%	45	50	60	80

For implementation of the test, paints manufactured in Turkey have been used and solutions with different concentrations, composed of starch, silicate glue and acrylic lacquer. Experimental determination of coefficients of the surface tension of the ink and liquid with different composition were executed (at room temperature) via methods of compensation of difference of pressures of the surface layer of fluid [4] and the separation of ring (du Nui) [5].

For each sample experiments were repeated five times with different capillaries. As a result of studies, the most rational values of surface tension have been identified:

- For starch solution:  $F_1=50$  мН;  $F_2=51$  мН;  $F_3=51$  мН;  $F_4=52$  мН;  $F_5=50$  мН;  $F_{mid}=50,6$  мН.

- For silicate glue solution:  $F_1=50$  мН;  $F_2=51$  мН;  $F_3=51$  мН;  $F_4=52$  мН;  $F_5=50$  мН;  $F_{mid}=50,6$  мН.

- For acrylic lacquer solution:  $F_1=19$  мН;  $F_2=20$  мН;  $F_3=25$  мН;  $F_4=25$  мН;  $F_5=25$  мН;  $F_{mid}=22,8$  мН.

Based on result of the study were used recommended composition of the aqueous solutions and have been made drawings on the cloth (sample 2 from Table 1) and designed a collection of festive dresses. Sample 3 shows an external view of one of the dresses made by needle.

## CONCLUSIONS

Rational compositions of water solutions are certain from local raw material for

drawing on the surface of liquid. The experiments showed that is most appropriate use of cloths - quickly infiltrating water for drawing on the aqueous solution, such as chiffon, crepe, crepe-chiffon, silk and others. Tailoring should be performed, placing drawings based fashion sample and observing the processing technology.

#### B I B L I O G R A P H Y

1. Технология традиционного Эбру//Сайт "Искусство росписи по воде" – <http://ebru-art.ru/>.
2. Эбру – рисование на воде//Сайт "Сити Класс" – [http://cityclass.ru/uspenskaya drawing on the water/](http://cityclass.ru/uspenskaya_drawing_on_the_water/).
3. Эбру – древнейшее искусство рисование на воде // Сайт "Аква Эксперт" – <http://www.aquaexpert.ru/enc/articles/picturewater/>
4. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2007.

5. Волобуев В.С., Богатин А.С. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей методом отрыва кольца // Юный ученый. – 2015, №2. С. 102...104.

#### R E F E R E N C E S

1. Tehnologija tradicionnogo Jebru // Sajt "Iskusstvo rospisi po vode" – <http://ebru-art.ru/>.
2. Jebru – risovanie na vode // Sajt "Siti Klass" – [http://cityclass.ru/uspenskaya drawing on the water/](http://cityclass.ru/uspenskaya_drawing_on_the_water/).
3. Jebru – drevnejshee iskusstvo risovanie na vode//Sajt "Akva Jekspert" – [http://www.aquaexpert.ru/ enc/articles/picturewater/](http://www.aquaexpert.ru/enc/articles/picturewater/).
4. Summ B.D. Osnovy kolloidnoj himii. – 2-e izd., ster. – М.: Izdatel'skij centr "Akademija", 2007.
5. Volobuev V.S., Bogatin A.S. Opredelenie koeficienta poverhnostnogo natjazhenija zhidkostej metodom otryva kol'ca // Junyj uchenyj. – 2015, №2. S. 102...104.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 18.06.16.

UDC 338.45:677/687

## FOREIGN TRADE IN GOODS OF THE LIGHT INDUSTRY IN KAZAKHSTAN: MAIN TRENDS AND ITS IMPACT ON THE BRANCH

### ВНЕШНЯЯ ТОРГОВЛЯ ТОВАРАМИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА: ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ВЛИЯНИЕ НА ОТРАСЛЬ

S.E. YEPANCHINTSEVA, G.K. DZHOLDASBAYEVA, T.A. ТАИПОВ  
С.Э. ЕПАНЧИНЦЕВА, Г.К. ДЖОЛДАСБАЕВА, Т.А. ТАИПОВ

(Almaty Technological University, Republic of Khazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: kizza.08@mail.ru

*The current state of the light industry of Kazakhstan can be described as a long-running crisis in the branch. The most important problems of the development of the light industry are a shortage of raw materials, low share of export products with high added value, and serious import dependence. The paper analyzes the foreign trade in goods of the light industry, identifies the main trends of imports and exports, determines the problems arising from the current situation, as well as suggests the ways to overcome them.*

*Современное состояние легкой промышленности Казахстана можно охарактеризовать как затянувшийся кризис отрасли. Важнейшими проблемами развития легкой промышленности являются дефицит сырьевых ресурсов, низкая доля экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью, серьезная импортная зависимость. В статье проведен анализ внеш-*

*ней торговли товарами легкой промышленности, выявлены основные тенденции импорта и экспорта, определены проблемы, вытекающие из сложившейся ситуации, а также предложены пути их преодоления.*

**Keywords: light industry, foreign trade, import, export, added value chain.**

**Ключевые слова: легкая промышленность, внешняя торговля, импорт, экспорт, цепочка добавленной стоимости.**

The light industry is the most important and innovation-attractive sector of the economy of any country. Its significance is determined by the fact that the consumption level of light-industry products is at the second place after that of food ones. Taking into account the major role of the light industry in providing economic and strategic security, insuring employment of the country's population, and improving its standard of living, the world's leading countries pay special attention to the development of the branch and provide it with significant investment support. The light industry is regarded in Kazakhstan as a high priority one. Nevertheless a trend of its development is characterized by a decrease of its share in the total volume of the country's industry, that causes a reduction of employment and displacement of domestic producers from the domestic market by foreign manufacturers which became disastrous. A research of trends in the development of the light industry of Kazakhstan revealed a number of difficulties. These are a technological backwardness of the industry, low level of innovation activity of enterprises, deficiency of working capital, lack of raw materials, shortage of skilled personnel, and heavy inflow of uncontrolled imports [1], [2].

The aims of this paper were to study features of foreign trade in goods of the light industry of Kazakhstan, to define the role of the existing trends of imports and exports in the development of the industry, to identify key issues, and to find the ways to solve them.

At present, the light industry in Kazakhstan is capable to cover the domestic demand by only 12% (while the threshold of economic security is 30%). Manufacture of clothing and textile covers no more than 10% of the demand, and the leather and footwear industry satisfies about 2% of that. So imported products amount to 88% of the market. Accord-

ing to the Association of Light-Industry Enterprises of Kazakhstan, illegally imported products form about 80% of the market [3].

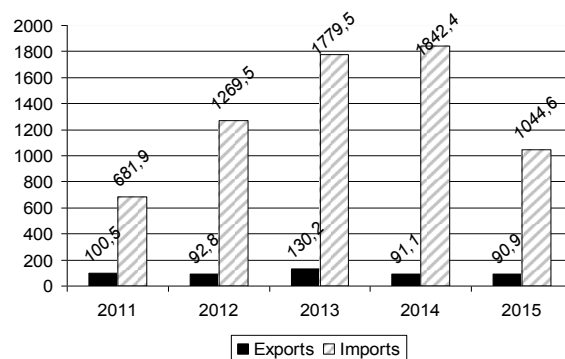


Fig. 1

Fig. 1 shows the dynamics of exports and imports of goods of the light industry (the chart is based on the official statistics, excluding illegal imports). There was a substantial increase in imports till 2013 (up to 80% in 2012 and 40% in 2013). In 2014, the import growth rate slowed to 3.5%. And in 2015, there was a significant decrease (by 43%) in imports of goods of the light industry. It is due to the establishment of the Eurasian Economic Union and the introduction of various restrictions and sanctions on import (in particular, of Turkish products) by the Russian Federation.

The figure shows there is a negative trade balance of light-industry products that suggests their trade deficit. In 2015, imports of goods of the light industry exceeded exports of those 11.5 times. This indicates a critical situation in foreign trade in goods of the light industry, a serious dependence on imports and that the situation continues to worsen. One of the reasons for the predominance of imports over exports is that the latter are mainly presented by low cost commodities, while the

former mainly by finished products with high added value.

In 2015, the largest share of exports was that of textiles and textile products (77.9%). Raw hides, furs and related finished products accounted for 21.8% of exports, and footwear and headwear for only 0.3%. Exports were mainly carried out in non-CIS countries (75.8%). However, the share of exports to CIS countries has been gradually increasing.

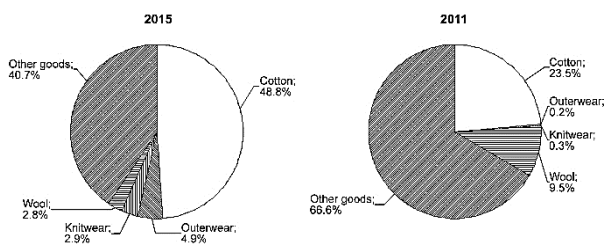


Fig. 2

Raw materials (cotton, wool, hides) with a low degree of processing dominate in the export of light-industry products (Fig. 2). More than 90% of those does not pass all the stages of processing in Kazakhstan but is exported, mainly to China, Kyrgyzstan, Turkey, Russia, and Belarus. That leads to a serious problem of lack of raw materials for clothing enterprises in Kazakhstan (products of textile manufacture are the primary goods for the clothing industry). There are therefore no effective relations between links of the technological chain in the light industry in Kazakhstan. Production of raw materials, processing of them, and creation of finished products are isolated from each other. Manufacturers of finished products (clothes, shoes, etc.) are forced to buy imported raw materials that causes rise in the costs and reduces competitiveness of the products. This situation occurs for several reasons.

1. Foreign companies are very interested in raw materials from Kazakhstan. For example, Kazakhstan exports approximately 70% of cotton fibers and more than 50% of produced wool in unprocessed form [5]. The situation with raw hides reached a critical level in 2012. The lack of those forced tanneries of Kazakhstan to suspend their work. In fact, we are talking about losing the competition with their Chinese contestants. Domestic suppliers

of raw materials reoriented their delivery to markets in China due to higher purchase price. To support domestic manufacturers of leather products there was increased the duty on export of raw hides from 200 to 500 euros. But, as researches show, this measure took no effect and mass export of raw hides still continues.

2. The domestic raw materials have no use in Kazakhstan. The textile sector which includes spinning, weaving, and finishing manufacture is currently undergoing its reconstruction phase and is the weakest in the added value chain. This sector is more capital-intensive than the production of clothing. Moreover it is highly automated, especially in developed countries, and requires a lot of knowledge and skills [6]. At present, the sector is just not ready to process all produced raw materials.

3. Experts note the poor quality of cotton produced in Kazakhstan, which can not be processed on existing equipment and is only suitable for creating gray fabrics. There is also a low level of processing of wool in the country because there is an ability of processing of fine wool only, and its share in the production is small. The most part of produced wool is coarse one which cannot be processed in Kazakhstan. Being the main buyer of the coarse wool, China determines sales of that. Farmers just burn coarse wool at impossibility to sell it. At present, there are no arranged purchase of wool and any program to expand production of fine wool.

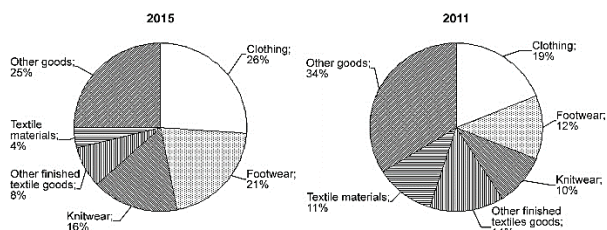


Fig. 3

Fig. 3 shows the structure of imports of light-industry products in 2015 compared with 2011.

According to the Customs Control Committee, there was stopped the import in Kazakhstan of such goods as raw hides and furs.

Imports of wool rose sharply in 2012 compared with the previous year, but then there was a significant decrease (by 63%) in 2013. Wool is imported mainly from Russia. During the analyzed period, there was also a reduction in imports of cotton fiber by 92.3%. Tajikistan is the main supplier of cotton. It is also imported from Turkmenistan, Uzbekistan, China, and Turkey. There was a steady increase in imports of textile fabrics and products, 77.5% for the period under review. They were delivered from various countries of the world, including CIS countries (57%) and China (30%). According to the Association of Light-Industry Enterprises of Kazakhstan, there is an increase in imports of all kinds of fabrics, including wool and cotton, as well as carpets and shoes. The growth of imports of light-industry goods is determined by an increase in consumer demand which is caused by the growth of the population. Moreover experts note that the growth rate of consumption of textiles, clothing, and footwear exceeds that of population. And the demand for children's clothing is not reduced even during the crisis recession.

Enterprises of the light industry from Kazakhstan are however not the key players in the domestic market and foreign competition is fierce. Home manufacturers usually depend on tenders held by the government or corporations. An execution of corporation orders (for professional and protective clothing, shoes, etc.) is now the main focus of their work. The reasons for this situation are as follows.

1. Significant level of uncontrolled imports, especially from China, Kyrgyzstan, Turkey.

2. Inability of enterprises from Kazakhstan to compete with foreign producers either in price or in quality of goods. That is due to the lack of domestic raw materials, weak management and marketing of enterprises, serious mismatch of personnel skill to the up-to-date requirements at the majority of enterprises, low capacity to modernize production.

3. Existence of significant difficulties for entrance to the market put by foreign competitors.

Thus the foreign trade in goods of the light industry in Kazakhstan is characterized

by some general trends such as a reduction in exports, increase in imports of finished products, and growth of import expansion. On the one hand, this situation is caused by objective reasons connected with the general problems of the industry. On the other hand, it further exacerbates those problems by keeping the branch in a state of chronic depression. The light industry is of great social and economic importance, so it is necessary to take immediate action to overcome its crisis. That is possible by a significant increase in competitiveness of domestic enterprises only.

## CONCLUSION

Results of the study allow to draw a conclusion about the presence of an foreign trade balance deficit in the light industry of Kazakhstan and about the need to solve the problem of import substitution. To overcome the crisis in the light industry, there are needed actions to raise a competitiveness of enterprises: technical re-equipment of enterprises, improvement of management and marketing, solution of labor problem, financial recovery of enterprises.

To protect the market from import expansion is only possible through the use of non-tariff regulation. Tariff regulation methods, which consist in the introduction of special tariffs and quotas, have become impossible due to the Kazakhstan's accession to the WTO. Non-tariff measures include the strengthening of customs controls, regulation of the import of cheap products by certification and licensing.

Measures should be taken to restrict the export of raw materials which causes a problem of resource provision. As practice shows, the establishment of export duties does not solve the problem completely. Therefore an absolute prohibition of the export is possible in some cases (e.g., concerning raw hides). Additionally exports of products with high added value should be stimulated by providing a number of benefits to the enterprises that export finished products.

The main way to overcome the crisis in the light industry should be to create a single added value chain which will bring together

all the links from production of raw materials to manufacture of finished products. That requires a coordination of various sectors (raw materials, textile and clothing), improvement of the resource base by arranging purchase of resources, implementation of measures to improve their quality, and revision of assortment of textile enterprises to better meet the demand of the clothing sector.

#### BIBLIOGRAPHY

1. *Yepanchintseva S.E.* Ensuring the competitiveness of light industry enterprises in the Republic of Kazakhstan: Priorities and prospects: PhD Thesis. – Almaty, 2014.

2. *Yepanchintseva S.E.* Light industry of Kazakhstan: A problem of import substitution // KazNU Bulletin. Economic series. – № 1, 2014. P. 146...152.

3. The official site of the Association of Light In-

dustry Enterprises of the Republic of Kazakhstan. – <http://www.aplp.kz/articles/>

4. The official site of Customs Control Committee of the Ministry of Finance of the Republic of Kazakhstan. – <http://www.customs.kz/wps/portal/customs/>

5. *Yepanchintseva S.E.* Competitiveness of light-industry enterprises in Kazakhstan: A problem of lack of raw materials // Innovative development of food, light and hospitality industry: International research and practice conference. – Almaty, Kazakhstan, Oct. 17–18, 2013. P. 433...435.

6. *Korkmaz H.O., Medeni T.D.* Effects of Clusters on Competitiveness of Textile and Clothing Industries: Role of Technology and Innovation // International Journal of eBusiness and eGovernment Studies. – Vol.4, № 1, 2012. P. 11...21.

Рекомендована кафедрой экономики и менеджмента. Поступила 28.03.16.

UDC 677.312

### DISCOLORATION OF SHEEP WOOL ON THE BASIC STAGES OF PROCESSING

### ИЗМЕНЕНИЕ ЦВЕТА ОВЕЧЬЕЙ ШЕРСТИ ПО ОСНОВНЫМ ЭТАПАМ ПЕРЕРАБОТКИ

*E.K. NARIBAYEVA, M.B. OTYNSHIYEV, V.Z. KRUCHENETSKY, K.K. ABILKALAMOVA*  
*Э.К. НАРИБАЕВА, М.Б. ОТЫНШИЕВ, В.З. КРУЧЕНЕЦКИЙ, К.К. АБИЛКАЛAMOVA*

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: kamilya.abilkalamova@mail.ru

*The article shows results of measuring of sheep wool colour descriptions with the purpose of its sorting on natural colors. Applying the methods of prognostication by using of dynamic rows, investigated dependences of discoloration of wool on basic stages of processing.*

*В статье приводятся результаты измерений цветовых характеристик овечьей шерсти по этапам переработки с целью дальнейшей ее сортировки на естественные цвета. Применяя методы прогнозирования с использованием динамических рядов, исследуются зависимости изменения цвета шерсти по основным этапам переработки.*

**Keywords:** coloured sheep wool, measuring of wool's colour descriptions, prognostication of change wool's colour on the processing stages.



**Ключевые слова:** цветная овечья шерсть, измерение цветовых характеристик шерсти, прогнозирование изменения цвета шерсти по этапам переработки.

Organic wool is becoming more and more popular. This wool is very limited in supply and much of it comes from New Zealand and Australia [1]. There are also naturally coloured, undyed wool from United Kingdom which processed by The Natural Fibre Company, in Launceston [4].

The wool sheep breeders have been selected for centuries to produce white wool, because white wool can be dyed any colour. The coloured genes in wool breeds therefore in time became rare, and are mostly present in recessive genes. The selection for coloured wool sheep is a long process [5].

It is known, a colour is one of the major indexes, which characterizes properties of objects that surround us in material world.

Textile fabrics from natural fibers have natural colours: yellow-gold for silk, warm yellow, black, different tones of grey and brown for wool, different tones of beige-grey for linen. Nowadays natural colours are very valued and one of the main constituents of ecological fashion. One of the ways of increase of sheep wool's competitiveness is to get more valuable products as wool on the basis of its dividing into clean natural colours [2].

The best-known end use for natural coloured wool is handcrafts. Spinners, weavers, felters and other woolcrafters value the wool from coloured sheep for its natural look and its freedom from dye chemicals [3].

In New Zealand coloured wool is also processed by commercial manufacturers into yarn, and may be made into woven or knitted garments, blankets and rugs, and other items [3].

Complication of getting clean natural colours of fibers are in difficultness of estimation of wool colour at its processing, because sorting produced in unwashed wool which has a thick enough layer of fat and dirt [1]. Also high heterogeneity in wool fibers colour in fleece and between fleeces causes the necessity of the special selection of workers for sort section and their training.

For industrial implementation of technology of sorting sheep wool on colours is necessary to develop system and sorting technology on colors, and standards of natural colours [2].

To get this aim the samples of existing natural colours of sheep wool of different breeds and regions were collected. For the exposure of quantitative descriptions of colour was used "clever" multifunction system of measuring surface's colour descriptions [6].

Estimation, comparison of colours and tints, their expressions are based on the use of methods of the objective measuring of colour by International colorimetric system. System based on the methods and principles which based on the three-component theory of colour sight, light sizes and properties of bodies, methods of presentation and formation of colours (analysis, synthesis), their combinations.

The instrumental system on the basis of colour touch-control was used for the objective estimation of the selected wool colour descriptions and further exception the variant identifying of wool colour.

The algorithm of decomposition and synthesis of colour descriptions of measureable wool colour includes determination for each of sample stake of the red, green, blue and white colours expected on measuring results and construction for each of these colours ground of minimum and maximum values.

All samples of the coloured wool in dirty, washed and after remove coarse fibers were measured and appraised. Every sample was measured 30 times. Such selection is objective because results of measurement are grouped around some average value, and their dependence is close to normal distribution. At the level of confidential probability  $3\delta$  30 measurements were quite enough. The results of measuring of wool colour descriptions on the stages of processing are presented in a table 1.

Table 1

№ of sample	Colour	Types of wool			№ of sample	Colour	Types of wool		
		dirty wool	washed wool	removed wool			dirty wool	washed wool	removed wool
1	Red	328...389	299...358	322...346	7	Red	294...344	302...363	311...339
	Green	293...319	283...318	301...316		Green	265...324	289...333	296...320
	Blue	225...246	226...250	230...250		Blue	260...293	256...289	261...281
	White	29...46	43...57	57...65		White	12...16	12...15	14...16
2	Red	312...335	313...354	331...356	8	Red	324...361	326...349	324...344
	Green	291...325	295...320	301...318		Green	295...318	294...316	302...317
	Blue	249...271	257...271	235...248		Blue	241...262	240...257	238...250
	White	17...21	18...23	42...47		White	21...27	27...32	49...58
3	Red	325...359	307...362	318...342	9	Red	344...387	323...361	339...344
	Green	295...320	287...329	294...313		Green	294...317	293...314	298...313
	Blue	250...271	246...270	243...254		Blue	235...256	240...262	229...243
	White	17...20	17...28	30...36		White	17...25	22...31	47...57
4	Red	345...389	340...386	343...380	10	Red	308...347	303...336	298...334
	Green	286...319	289...317	286...321		Green	292...319	298...316	291...319
	Blue	233...256	238...263	239...266		Blue	251...275	259...279	17...21
	White	16...20	16...19	15...17		White	18...22	17...21	20...23
5	Red	280...360	297...327	291...308	11	Red	299...357	308...375	321...356
	Green	289...330	293...327	294...317		Green	279...323	287...330	293...312
	Blue	266...298	238...299	274...293		Blue	245...268	248...275	232...243
	White	10...11	10...11	10...11		White	16...22	13...25	45...50
6	Red	331...372	325...379	326...357	12	Red	308...350	291...336	314...334
	Green	289...318	290...326	295...318		Green	297...322	279...322	300...313
	Blue	245...267	252...278	258...278		Blue	241...257	300...313	236...250
	White	14...16	13...15	13...14		White	36...45	46...61	64...76

For the research dependence of wool discoloration on the basic stages of processing were used prognostication methods with the use of dynamic rows which allows to predict a numerical variable value on the basis of its past and real values.

Lines of a trend were made on experimental data of measurements. Trend (tendency) – basic tendency of row changing. For an analytical assessment of dependences of trend's line were used linear, exponential,

square dependences. In the best way trend lines are described by square dependence.

All samples of wool were divided into 4 groups on the eventual colour of products after realization of roughing-out: melange, white, grey gamut and brown gamut. The distinguished colours and groups are presented in the table 2. The results of prognostication of wool discoloration on the stages of processing are presented in a table 3.

Table 2

№	Name of colour	Number of sample
1	Melange	not sorted or cannot be sorted on colours
2	White	1, 2
3	Grey gamut	
	Grey-beige	3
	Ash-coloured	10
	Mocco	7
4	Brown gamut	
	Cream	9
	Red	4
	Chestnut	6
	Dark brown	5

Table 3

Number of sample	Standard error	Number of sample	Standard error	Number of sample	Standard error
1	Red	5	Red	9	Red
	Green		Green		Green
	Blue		Blue		Blue
	White		White		White
2	Red	6	Red	10	Red
	Green		Green		Green
	Blue		Blue		Blue
	White		White		White
3	Red	7	Red	11	Red
	Green		Green		Green
	Blue		Blue		Blue
	White		White		White
4	Red	8	Red	12	Red
	Green		Green		Green
	Blue		Blue		Blue
	White		White		White

## CONCLUSION

1. Use of "smart" system for an assessment of color characteristics of wool and their forecasting is expedient at express control of wool on sheep-breeding farms.

2. For an analytical assessment of dependences of trend's line were used linear, exponential, square dependences. In the best way trend lines are described by square dependence.

3. Samples (4, 5, 6, 7, 10) which have the homogeneous colouring of coarse, transitional fibers and fuzz showed an impermissible standard error for the stake of white colour constituent.

4. There is a need to develop the standards for natural colours of wool.

5. There is a need to develop method and laboratory equipment for the automated determination of unwashed wool colour, with the purpose of objective estimation colour descriptions of wool and further exception the variant identifying of wool colour by the workers of sorting workshop.

## BIBLIOGRAPHY

1. *Jordan K. Speer*. Shearing the Edge of Innovation [Electronic resource]: Apparel Magazine. – Access

mode: <http://apparel.edgl.com/old-magazine/Shearing-the-Edge-of-Innovation64530> – (Date of appeal: 07.05.2016).

2. *Otyunshiyev M.B., Naribayeva E.K., Abilkalymova K.K.* For the industrial sorting of wool by colours // Proceeding of International Scientific and Practical Conference: Innovative Development of Food, Light and Hospitality Industry. – Almaty, 2015, October 29...30. P.252...253.

3. Naturally coloured wool and its uses. Black and coloured sheep breeders' association of New Zealand [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.colouredsheep.org.nz/wool.php> – (Date of appeal: 07.05.2016).

4. RBST. Rare breeds survival trust [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.rbst.org.uk/Marketplace/Wool> – (Date of appeal: 07.05.2016).

5. *Dawie du Toit*. The Damara of Southern Africa. An essay on the genetic variation within the breed. [Electronic resource]: New Zealand rare breeds website. – Access mode: <http://www.rarebreeds.co.nz/damara2.htm> – (Date of appeal: 07.05.2016).

6. *Serikulova Zh.K., Vyazigin S.V., Kruchenetsky V.Z.* Wireless intellectual environment of measurement, transfer and processing of data of color characteristics of materials, products. // Proceeding of International Conference: Computational and Informational Technologies in Science, Engineering and Education. – Almaty, 2015, September 24...27. P. 272.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 02.03.16.

**CONVERTIBLE PARTS OF YOUTH JACKETS  
BY TRANSFORMATION TECHNIQUES IN THE AUTOMATED SYSTEM**

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИЕМОВ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ  
МОЛОДЕЖНОЙ КУРТКИ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ**

*K.Z. KUCHARBAEVA, P.B. ABDIMANAPOVA, M.R. ZHOLDIBAeva  
К.Ж. КУЧАРБАЕВА, П.Б. АБДИМАНАПОВА, М.Р. ЖОЛДЫБАЕВА*

(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: kaldigul.kuzarbaewa@mail.ru

*The article investigates the techniques of transforming parts of youth clothing in the automated system and presents a competitive set of clothes that meet the requirements of a customer. The principles of transformation of convertible parts of youth jackets were analyzed and designed a set of clothes on a basic sample. As a result, convertible youth jacket in the automated system designed and the cost of preparation of models reduced, functional clothing possibilities expanded.*

*В статье исследованы приемы трансформации деталей молодежной одежды в автоматизированной системе и представлен конкурентоспособный комплект одежды, который отвечает потребительским требованиям. Проанализированы принципы преобразования трансформируемых деталей молодежной куртки, и на основе базового образца спроектирован комплект одежды. В результате спроектирована трансформируемая молодежная куртка в автоматизированной системе и сокращены затраты по подготовке модели, расширены функциональные возможности одежды.*

**Keywords:** automated system, convertible parts, techniques of transformation, algorithm, automated design.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, трансформируемые детали, приемы трансформации, алгоритм, автоматизированное проектирование.

On the basis of scientific and technical process conversion and transforming parts are widely used while designing of modern sewing. A set of multi-functional clothing is the achievement of intensive information and technical systems. Transforming components of clothing harmony designed on the basis of the automated system provides rational conversion to take advantage of youth clothing [1]. Techniques of transformation of the youth clothing items were analyzed in an automated system in this research work. Designing transformable youth jacket depends on the day - to - day needs to use more than one type of

product. Here, using transforming parts of youth jacket is not only convenient, but also in terms of operational efficiency and economy of raw materials.

Algorithm is a clear and precise workflow that describes the process of converting an object from the initial to the final. A doer of algorithm can be either a person or a technical device. Various machines (computers, industrial robots, modern appliances) are formal doers of algorithms. A formal doer does not need to understand the essence of the problem, but it requires precise implementation of the command sequence [2].

The algorithm can be written in different ways (verbal description, a graphic description – flowchart, the program in one of the programming languages, etc.) Program is an algorithm written in a programming language. In HTML, algorithm of transformable parts of jackets designed and presented in the form of developed block diagram in Fig. 2.

The matrix is the most effective use in mathematical calculations in HTML program automated design of transformable parts of investigating youth jacket. To develop a variety of the transformable youth jacket, as the data transformation methods, the bottom of the jacket, as yoke, collar and sleeves chosen.

For example, data can be represented as a matrix F:

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} & \dots & f_{1l} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} & \dots & f_{2l} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{k1} & f_{k2} & f_{k3} & \dots & f_{kl} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

The way we consider that each line of the matrix elements can enter basic information [3]:

$$f_{ij} = f(x_{ij}),$$

where  $i = \overline{1, k}$ ;  $j = \overline{1, l}$ ,  $k$  – transforming parts,  $l$  – the number of transforming parts.

- The first line elements  $f_{1j}$  select fabric for jackets:

$$f_{1j} = f(x_{1j}), \quad j = \overline{1, l}. \quad (2)$$

- The second line elements  $f_{2j}$  choose transformation techniques of parts,  $\overline{1, l}$ :

$$f_{2j} = f(x_{2j}), \quad (3)$$

where  $x_{21}$  – separation-connection;  $x_{22}$  – stretching-shrinkage;  $x_{23}$  – disappearance-appearance;  $x_{24}$  – changing by other details;  $x_{25}$  – combination-insertion.

- The third line elements  $f_{3j}$  select bottom parts of the jacket:

$$f_{3j} = f(x_{3j}), \quad j = \overline{1, l}. \quad (4)$$

- The fourth line elements  $f_{4j}$  select the necessary types of collars for jackets:

$$f_{4j} = f(x_{4j}), \quad j = \overline{1, l}. \quad (5)$$

- The fifth line elements  $f_{5j}$  select the necessary types of sleeves for jackets:

$$f_{5j} = f(x_{5j}), \quad j = \overline{1, l}. \quad (6)$$

- The sixth line elements  $f_{6j}$  choose the necessary types of yoke for jackets:

$$f_{6j} = f(x_{6j}), \quad j = \overline{1, l}. \quad (7)$$

In HTML automated mode shown in Fig. 1, according to the youth jacket samples in transformation methods by choosing parts we set a comparative coefficient:

$$k_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{j=1}^l f_{ij}}. \quad (8)$$

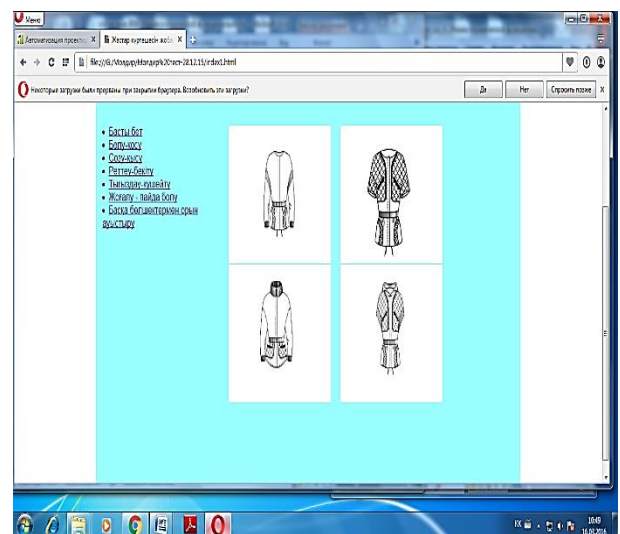


Fig. 1

Youth jackets in an automated mode design, in Fig. 2 – in the form of a matrix algorithm block diagram diversification of the data base has been compiled.

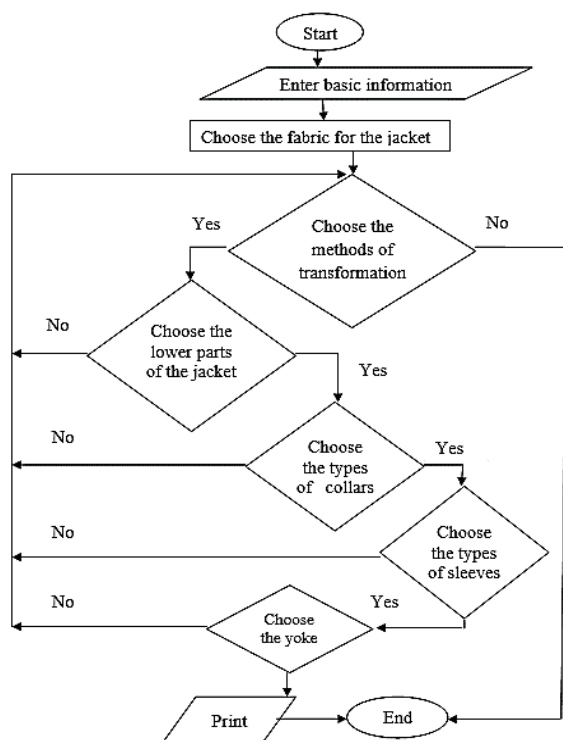


Fig. 2

In HTML transformable parts of jackets are designed and consists of the following stages:

- the beginning of the program;
- the data base enter in automated system;
- material selection, selection of designed jackets cloth features;
  - choice of transformation techniques;
  - choice of the bottom part of jackets, conversion of different styles and types of transformable bottom parts;
    - choice of collar types, different forms of transformable collar types;
    - choice of sleeve types, different forms of transformable sleeves;

- choice of yoke, transformable choice of yoke types;
- printing stage, printing stage of designed youth jackets;
- the end of youth jacket program - the end.

Database management system is included in the program HTML, based on the modification of the order, the automated parts transformable youth jacket designed to meet the requirements of market competition.

## CONCLUSIONS

As a result, transformable youth jacket automated HTML is designed for the preparation of the product in accordance with the procedure time and reduced production costs, increased labor productivity. Here, by modifying transforming parts consumer will have a few different set of clothes, sewing companies improve the quality of the product and reduce the time of sending goods to the production.

## BIBLIOGRAPHY

1. Akilov Z.T., Petushkova G.I. Modeling clothes based on the principle of transformation. – M.: Legprombytizdat, 1993.
2. Information and ICT . Basic level. Algorithms and performers. Basics of programming. Access mode [http://informaks.narod.ru/algo\_baz.htm].
3. Murygin V.E., Murasheva N.V., Proshutinskaya Z.V., Sergeeva N.I. Modeling and optimization of technological processes. Vol. 2. – M.: The company Sputnik +, 2004. P.359.
4. Kucharbaeva K.Z., Abdimanapova P.B. Clothes transformable details design in automated system // Textile Industry Technology. – 2015, №3. P.190...193.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 18.06.16.

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL ENGLISH TEACHING  
OF STUDENTS OF LIGHT INDUSTRY SPECIALTIES**

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ОБУЧЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ  
СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*F.Z. SEITOVA, Z.ZH. AUKHADIYEVA, S.K. MIZANBEKOV, M.B. TLEULINOVA, K.T. TASTANKULOVA  
Ф.З. СЕИТОВА, З.Ж. АУХАДИЕВА, С.К. МИЗАНБЕКОВ, М.Б.ТЛЕУЛИНОВА, К.Т. ТАСТАНКУЛОВА*

**(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
E-mail: ms.fatme@mail.ru**

*This article is devoted to today's urgent problem of forming professional communicative competence in students of light industry specialties with the help of innovative technologies. The article describes the organization of the students' learning process (Bachelor of Design), aimed at practical mastery of a professional foreign language.*

*Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме формирования профессиональной коммуникативной компетенции у студентов специальностей легкой промышленности с помощью инновационных технологий. В статье описывается организация процесса обучения студентов (бакалавров специальности "Дизайн"), направленного на практическое овладение профессиональным иностранным языком.*

**Keywords: innovative technologies, professional language, methodology and didactics, authenticity, system.**

**Ключевые слова: инновационные технологии, профессиональный язык, методология и дидактика, аутентичность, система.**

Today the main objective of foreign language teaching is the formation and development of students' professional communicative competence as they attain practical mastery of a foreign language. Every higher education specialist should know a foreign language and be able to communicate in it in a variety of professionally significant situations and communication spheres [1]. Communicative competence is a necessary component of a specialist's professional skills, not only in the humanities, but also in technical fields.

The development of professional communicative competence in higher education is possible with the application of new innovative technologies. Innovative technologies are not only new facilities but they are also new forms and methods of teaching. The devel-

opment of a methodology for teaching professional languages with the help of innovative technologies must be based on a thorough analysis of didactic and methodological capabilities, contributing to the implementation of the main objectives in teaching foreign languages – shaping communicative competence. The main task of the teacher in this case is to provide a successful learning environment for English language students and to choose the kind of training methods that would allow each student to learn a foreign language in the shortest possible time. A variety of teaching tasks can be solved with the use of innovative technologies that will ultimately help students to learn a foreign language in its entirety. Here is how it might look in the example of the English language. The basic themes of

English language knowledge are: 1) Singular and Plural Nouns; 2) Countable and Uncountable Nouns; 3) Possessive Nouns; 4) Pronouns; 5) 'Be' Verbs; 6) Action Verbs; 7) Adjectives; 8) Comparative and Superlative Adjectives; 9) Adverbs; 10) Word Order 11) Tenses; 14) Irregular Verbs; 15) Gerunds; 16) Infinitives; 17) Active and Passive Voice; 18) Indicative, Imperative, Subjunctive Mood; 19) Auxiliary Verbs – 'Be,' 'Do,' 'Have' 20) Auxiliary Verbs – 'Will / Would,' 'Shall / Should' 21) Modal Verbs – 'Can / Could,' 'May / Might / Must' 22) Prepositions – 'On,' 'At,' 'In' 23) Prepositions – 'Of,' 'To,' 'For' 24) Prepositions – 'With,' 'Over,' 'By' 25) Conjunctions – Coordinating and Correlative 26) Conjunctions – Subordinating 27) Conjunctive Adverbs 28) Articles – Indefinite and Definite 29) Interjections 30) Capitalization. For better and more detailed study of these topics, you can suggest sites on the Internet with a specific theme, for example, English Grammar Exercises - English-Hilfen, [2] Free English resources and materials for ESL-EFL learners of all levels, [3] English Grammar exercises Online, [4] Free English grammar exercises and tests online, [5] Table of English Tenses - English grammar online, and many others. In the early stages of language learning, it is preferable to select the themes from the following set of diagrams: pronouns; verbs to be; to have;

have got / has got; there is, there are. These topics are best alternated with Articles; Prepositions of Time and Place; Singular and Plural Nouns; Possessive Nouns; Pronouns; Adjectives; Comparative and Superlative Adjectives; Adverbs; Word Order. In future, we recommend a more in-depth study of English tenses, improving the spoken language at a professional level. We suggest doing exercises in more detail in the site Table of English Tenses at English Grammar online. Exercises on this site can help students acquire detailed knowledge of tenses, both on theoretical and practical levels. Of course, you cannot just be limited to the materials on such sites. Each teacher, usually in his or her pedagogical activity develops personal methods of language teaching, constantly improving his or her technique. For example, to teach the language (in our case, professional English) to specialists of light industry, instructors can offer additional resources such as the time table of the English language. This table shows the main tenses that are necessary to study at the beginning of learning the English language. It also includes information about the conjugation of verbs in each tense, the functions of tenses, signal words, and spelling, as well as the construction of affirmative, negative, and interrogative sentences. Along with these, some terms used in light industry are included in the examples: Table 1.

Table 1

Tense	Affirmative/ Negative/ Question	Use	Signal Words	Spelling
<b><u>Simple Present</u></b>	<b>Affirmative:</b> <b>Negative:</b> <b>Questions:</b> <b>general:</b> <b>special:</b> <b>alternative:</b> <b>disjunctive:</b> a) I am a fashion designer, aren't I? <b>subject:</b>	Permanent situations or states. Repeated/habitual actions, often with frequency adverbs: sometimes, usually, often, always, once a week etc. Permanent truths or laws of nature e.g. <b>Reviews/sport commentaries/ dramatic narrative Action set by a timetable or schedule.</b> In exclamatory sentences With verbs of thinking, feeling, wishes.	always, every day, month, year, never, normally, often, seldom, rarely, sometimes, usually, in the morning/evening/afternoon, if sentences type I <i>(If I talk, ...)</i>	Verbs with modals <i>can, may, might, must</i> remain the same in all forms. So don't add <i>s</i> . For example: <i>he must be, she may design, it can display</i> Add <i>es</i> instead of <i>s</i> to verbs ending in <i>o</i> or a <i>sibilant</i> ( <i>s, ss, sh, ch, x</i> ). For example: <i>do - he does, wash - she washes</i> A final <i>y</i> after a consonant becomes <i>ie</i> before <i>s</i> . Example: <i>carry - he carries</i> But: a final <i>y</i> after a <i>vowel</i> ( <i>a, e, i, o, u</i> ) is not modified. Example: <i>play - he plays</i>



This approach is effective because students master professional vocabulary from their very first steps in the language. In future they can revise each tense themselves and the computer can act as a teacher here. The tense knowledge can still be learnt by doing different exercises, for example, translations of sentences from the native language into English and vice versa. It is better to start such exercises with the translation of simple sentences, after which complex sentences can be given, depending on the students' development. For example, in our case, first we give students translation exercises connected with the verb to be; have, has; have got, has got; there is, there are. Then they translate sentences with the verbs of motion. For example:

**Translate the sentences from Russian into English using the verb to be.**

1) *Мода – неотделимая часть нашей жизни. Fashion – an integral part of our lives.*

2) *Мода – это то, с чем мы имеем дело каждый день. Fashion is something which we deal with every day.*

3) *Мода – это большой бизнес. Fashion is a big business.*

**Translate the sentences from Russian into English using the verbs of motion.**

1) *Сегодня все больше и больше людей начинают интересоваться модой. Nowadays more and more people start interesting in fashion.*

2) *Одежда говорит много о людях, которые носят ее. Clothing says a lot about the people who wear it.*

3) *Мы судим о незнакомцах по одежде, которая на них надета, потому что это единственное, что мы знаем о них. We usually judge strangers by the clothes they wear, because it is the only thing we know about them.*

There some useful exercises on vocabulary to develop speaking and writing skills. For example:

**Choose words from the list to make sentences. Each correct sentence gets one point. The student with the most points is the winner.**

design, designer, create, talent, fashion, style, stylist, tailor, trend, draw, pattern, mate-

rial, innovative, fabric, fashionable, tailored, creative, valuable, value, variety, veil, version, studio, stylish, quality, quantity

**Then use the sentences to talk about fashion.**

Oral projects are also useful for developing language skills. For example, 1) **Imagine that you are a future fashion designer, and you are concerned with today's clothing, but you do not like how and what people wear on the whole. You want to change things. What should you do? What will be your first step? What will you need to be a fashion designer? Will you need to have a good eye for color, style, fabrics, and fashion trends, as well as a sixth sense about what people want to wear? Will you need to be able to draw your clothing designs by hand or on the computer? Will you need to find the right fabrics for your design, to create patterns, and to sew the material? Will you need to keep up to date on trends and continue to be innovative and creative in your designs? Why are these steps important?**

Also, in order to develop students' speaking skills, it is very useful to read a variety of texts and dialogues about fashion and fashion designers with exercises. For example:

**London Fashion Week [6]**

This process of organization of training professional foreign language (in our case Professional English) allows students to quickly master the spoken Professional English, thus answering the requirements of programming language high schools, where there is a lack of hours devoted to study it, and creates conditions for rational learning of Professional English, which in turn leads to satisfaction of students learning process.

## CONCLUSIONS

In our view, when it comes to the learning Professional English, stress should be placed on the method of English tenses teaching and the other main aspects of English grammar with the use of professional vocabulary. Moreover, the use of modern technologies, various methods of teaching Professional English mentioned above help to form profes-

sional communicative competence in students of light industry specialties. It creates favorable conditions for quality training of any light industry specialists.

#### B I B L I O G R A P H Y

1. *Safonov V.* Communicative competence: modern approaches to multi-level description for methodological purposes / Series: What are arguing in language pedagogy. – M.: EUROSCHOOLS, 2004. P.9...12 [in Russian]

2. <http://www.learn-english-today.com/lessons/exercise-list.html>

3. <http://www.grammarbank.com/english-grammar-exercises.html>

4. [http://englishteststore.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11387:free-english-grammar-exercises-and-tests-online&catid=1:latest&Itemid=427](http://englishteststore.net/index.php?option=com_content&view=article&id=11387:free-english-grammar-exercises-and-tests-online&catid=1:latest&Itemid=427)

5. [http://abc-english\\_grammar.com/1/sochi-nenia\\_po\\_angliiskomu\\_yaziku400.htm](http://abc-english_grammar.com/1/sochi-nenia_po_angliiskomu_yaziku400.htm)

6. <https://learnenglishteens.britishcouncil.org/magazine/fashion/london-fashion-week>

Рекомендована кафедрой государственного и иностранных языков. Поступила 18.06.16.

---

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

<i>Белгородский В.С., Оленева О.С., Генералова А.В., Тишина М.В.</i> Оценка эффективности мероприятий студенческих олимпиад в области технологии дизайна и искусств .....	5
<i>Дмитриев Ю.А., Шустров Л.И., Омаров М.М.</i> Перспективы развития предпринимательства в текстильной отрасли в рамках системы государственной поддержки малого и среднего бизнеса на региональном уровне .....	9
<i>Мищенко В.Я., Добросоцких М.Г.</i> NP-разрешимая задача календарного планирования строительства, реконструкции и ремонта объектов .....	13
<i>Хрунова Т.Б.</i> Актуальные проблемы финансов текстильной отрасли .....	21

**Материаловедение**

<i>Хамматова Э.А., Гайнутдинов Р.Ф.</i> Исследовательские испытания механических свойств наномодифицированных текстильных материалов, применяемых для специальной защитной одежды .....	26
<i>Ким А.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.</i> Исследование прочности баллистических тканей при воздействии конусообразной насадкой .....	31
<i>Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю., Бутенин Н.М.</i> К вопросу совершенствования технологических подходов изготовления изделий из овчинного полуфабриката .....	34
<i>Киселев А.М.</i> Методика определения вероятностного закона положения участков термоскрепления в нетканых полотнах .....	39
<i>Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О., Жайкенова А.</i> Исследование водоотталкивающих свойств новых нетканых материалов .....	44
<i>Курамысова М.У., Рашидова Б.Р.</i> Исследования свойств иглопробивного шва при соединении деталей изделий из трикотажных полотен рыхлых структур .....	47
<i>Вахонина С.А., Матрохин А.Ю.</i> Оценка итоговой погрешности оптического метода определения числа нитей в тканых полотнах специального назначения .....	50
<i>Щепочкина Ю.А.</i> Использование стекловолокна в композитах строительного назначения .....	55
<i>Федосов С.В., Акулова М.В., Слизнева Т.Е., Кокшаров С.А., Ахмадулина А.С., Соколова Ю.А.</i> Применение механомагнитоактивированных водных растворов жидкого стекла для модифицирования мелкозернистых композитов .....	58
<i>Лунькова С.В., Виноградова Н.В., Гусев Б.Н.</i> Количественная оценка эстетического вида швейных изделий .....	65

**Первичная обработка. Сырье**

<i>Дягилев А.С., Петюль И.А., Бизюк А.Н., Коган А.Г., Разумеев К.Э.</i> Оценка неопределенности при измерении разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна .....	69
<i>Киселев Н.В., Пашин Е.Л., Шаланина А.И.</i> Моделирование процесса сушки льнотресты в машине СКП1-10ЛУ с учетом влияния неровноты слоя стеблей по толщине и ширине .....	75
<i>Коваленко Н.И., Разин С.Н.</i> Экспериментальное исследование распределения массы слоя стеблей льна в процессе трепания .....	78
<i>Федосова Н.М.</i> Разработка критерия оценки эффективности процесса получения однотипного волокнистого материала .....	84

**Прядение**

<i>Лутов В.А., Полякова Е.В., Романов В.Е., Чельшев А.М., Крайнов Е.М.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния ленты, намотанной на цилиндрическую поверхность .....	89
<i>Рудовский П.Н., Собацко Ю.А., Смирнова С.Г.</i> Оценка прядильной способности ровницы, подготовленной в ЭХА-растворах .....	95
<i>Кузнецова Н.С., Титова У.Ю.</i> Оценка возможности формирования льняной пряжи вьюрковым способом из бескруточной ровницы .....	100

## Ткачество

<i>Сергеев В.Т., Николаев С.Д.</i> Анализ натяжения основных и уточных нитей при изготовлении многослойных тканей .....	106
<i>Сафонов П.Е., Юхин С.С.</i> Определение натяжения утка на бесчелночных станках различной конструкции .....	112
<i>Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Зайцев Д.В., Тихомиров Л.А.</i> Способ формирования 3D-ортогонального тканого волокнистого материала .....	118
<i>Демидова Е.Е., Толубеева Г.И.</i> Вафельные переплетения с прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами .....	122
<i>Богатырева М.С., Старинец И.В., Чернышева Л.В.</i> Определение механических характеристик уточной пряжи на бесчелночном ткацком станке .....	127

## Отделка

<i>Чебунькина Т.А., Гусев В.А.</i> Влияние технологических параметров процесса металлизации на прочность сцепления металлических частиц с тканой основой .....	131
--	-----

## Технология нетканых материалов

<i>Хосровян И.Г., Тувин М.А., Хосровян Г.А., Тувин А.А., Роньжин В.И.</i> Результаты математического моделирования процесса столкновения волокнистого комплекса с колком разрыхлителя-очистителя ...	136
--	-----

## Трикотажное производство

<i>Башков А.П., Башкова Г.В., Молодкина М.А.</i> Прогнозирование механических свойств композитных материалов, армированных основовязаным трикотажем .....	140
<i>Бананова Н.В., Крутикова В.Р., Плаутина Т.В., Безденежных А.Г.</i> Оценка напряженности процесса вязания на основовязальной машине COMEZ 609/B8 .....	144

## Швейное производство и дизайн

<i>Кузьмичев В.Е., Стрельцова М.С., Цан Ни.</i> Классификация формы рукавов покроя реглан .....	150
<i>Корнилович А.В., Кузьмичев В.Е.</i> Разработка принципов проектирования костюмов для парашютных видов спорта .....	155
<i>Крылов М.И., Мизонова Н.Г.</i> Влияние политики, технологии и моды на изменения стилистики оформления текстиля на примере печатного рисунка .....	161
<i>Метелева О.В., Сурикова М.В., Лептяковская С.В.</i> Разработка рекомендаций по применению материалов при изготовлении самоспасателя .....	166
<i>Талгатбекова А.Ж.</i> Создание концептуальной модели процесса проектирования современной одежды на базе традиционного костюма .....	172
<i>Галанин С.И., Висковатый И.С.</i> Оксидирование поверхности фурнитуры швейных изделий .....	175
<i>Рассадина С.П.</i> Поверхность меховых полотен как объект дизайна .....	182

## Текстильные машины и агрегаты

<i>Сигачева В.В.</i> Диагностика батанного механизма ткацкого станка методами гармонического анализа и вейвлет-разложения ускорений .....	187
<i>Корабельников А.Р., Шутова А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.</i> Модель транспортирования жидкостной пленки цилиндрическим вращающимся электродом, погруженным в раствор полимера в установке для электроформирования нановолокон .....	191
<i>Телицын А.А., Делекторская И.А., Елисеева Н.А.</i> Влияние траектории движения стренг в БВК на прочность СК-пряжи .....	195
<i>Букина С.В.</i> Определение конструктивных параметров механизма ширения ткацкого станка с учетом свойств вырабатываемой ткани .....	200
<i>Романов В.В., Петровский В.С., Стрюков П.В.</i> Моделирование управления асинхронными двигателями текстильных машин .....	204

## Автоматизация технологических процессов

<i>Глазунов В.Ф., Ретин А.А.</i> Анализ электропривода механизма намотки сновального вала .....	208
---	-----

## Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Федосов С.В., Гуцин А.В., Федосеева М.Ю., Крайнова А.Е.</i> Межфазный теплообмен в камерах тепловлажностной обработки материалов .....	213
<i>Абишова А.С.</i> Устройство для очистки воздуха от тонкодисперсной пыли .....	217
<i>Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Титунин А.А.</i> Исследование свойств лигноцеллюлозных волокон и отходов их переработки .....	221
<i>Тамразян А.Г., Федорова Н.В.</i> Оценка надежности железобетонных конструкций, усиленных углестроительным внешним армированием .....	226
<i>Егоров С.А., Егорова Н.Е., Егорова Е.С., Мухин А.А.</i> Математическое моделирование процесса теплообмена швейной иглы .....	231
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н.</i> Эффективное энерго- и теплоснабжение автономных текстильных производств .....	235
<i>Моисеев Р.П., Кондратенко О.О.</i> Оптимизация прямоугольных ребристых пластин с ограничением первой частоты собственных колебаний при управлении высотой и шириной поперечного сечения ребер .....	238

## Информационные технологии

<i>Ершов С.В., Калинин Е.Н.</i> Влияние пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа .....	243
<i>Сокова Г.Г., Кирпина Л.Ю., Исаева М.В., Игель А.И.</i> Функционал "электронного ассистента" ИТР текстильного производства – информационной системы помощи для решения производственных вопросов .....	248
<i>Мочалов Л.В., Дроздов В.Г., Ефремов А.С.</i> Управление процессом мятья при производстве длинного льноволокна .....	252

## Механика нити и полотен

<i>Щербаков В.П., Цветкова А.Е., Скуланова Н.С., Полякова Т.И., Халезов С.Л.</i> Вычисление ресурса высокомодульных и высокопрочных нитей при переработке на ткацком станке .....	257
---	-----

## Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н.</i> Экологические и энергосберегающие технологии в текстильной и легкой промышленности .....	263
<i>Щепочкина Ю.А.</i> Щелевой световод с разъемной тесьмой-молнией .....	266
<i>Ерлыгина Е.Г., Штебнер С.В., Ползунова Н.Н.</i> Повышение качества жизни молодежи как фактор социально-экономического развития регионов .....	269
<i>Моргунова Н.В., Моргунова Р.В., Филимонова Н.М.</i> Вопросы обеспечения развития текстильной промышленности молодыми кадрами .....	273
<i>Петрухин А.Б., Закревская Л.В., Гандельсман А.И.</i> Упрочнение грунтового основания для сооружений нетканым геотекстильным материалом и пеностеклянным щебнем .....	277
<i>Виталова Н.М.</i> Применение эффективной теплоизоляции на основе торфоцемента при реконструкции текстильных предприятий .....	281
<i>Игнатова Т.В., Грузинцева Н.А.</i> Основные аспекты развития текстильной промышленности в российских регионах .....	285
<i>Федоров В.С., Устинов А.М., Копаница Д.Г., Клопотов А.А., Потеев А.И.</i> Исследования напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя в образце из стали методом корреляции цифровых изображений .....	288
<i>Кудрявин Лев Александрович</i> .....	294

## Уважаемые читатели!

<i>Темирбеков Е.С., Джомартов А.А., Бостанов Б.О.</i> Экспериментальные исследования угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ .....	297
<i>Сарттарова Л.Т., Ералиева М.Ж.</i> Анализ разработок в области автоматизации технологической подготовки производства .....	301
<i>Мокеева Н.С., Нарibaева Э.К., Абилкамова К.К., Утеулиева М.О.</i> Принципы проектирования экологической продукции легкой промышленности .....	304
<i>Сабитова А.М., Шайзаданова Г.С.</i> Разработка научно обоснованных требований к специальной одежде для спасателей МЧС Республики Казахстан .....	308

<i>Ганиева Г.А., Рыскулова Б.Р.</i> Исследование стойкости текстильных материалов спецодежды к нефти .....	311
<i>Рустемова А.О., Нуржасарова М.А., Талгатбекова А.Ж., Сабитова А.М., Данадилова Ж.Е.</i> Процесс создания конструктивных решений одежды на основе модульного проектирования .....	314
<i>Усенбеков Ж., Айдосова К.П., Жуматаева К.А.</i> Разработка способа отделки ткани одежды рисованием на поверхности жидкости .....	317
<i>Епанчинцева С.Э., Джолдасбаева Г.К., Таипов Т.А.</i> Внешняя торговля товарами легкой промышленности Казахстана: основные тенденции и влияние на отрасль .....	320
<i>Нарибаева Э.К., Отыншиев М.Б., Крученецкий В.З., Абилкамова К.К.</i> Изменение цвета овечьей шерсти по основным этапам переработки .....	324
<i>Кучарбаева К.Ж., Абдимананова П.Б., Жолдыбаева М.Р.</i> Преобразование приемов трансформируемых деталей молодежной куртки в автоматизированной системе .....	328
<i>Сеитова Ф.З., Аухадиева З.Ж., Мизанбеков С.К., Тлеулинова М.Б., Тастанкулова К.Т.</i> Инновационные технологии в обучении профессиональному английскому языку студентов специальностей легкой промышленности .....	331

## CONTENTS

### Economics and Production Planning

<i>Belgorodsky V.S., Oleneva O.S., Generalova A.V., Tishina M.V.</i> Evaluating the Efficiency of Events of Thestudent's Olympiads in Technology of Design and Art .....	5
<i>Dmitriev Yu.A., Shustrov L.I., Omarov M.M.</i> Prospects of Entrepreneurship Development in Textile Sector in the Framework of the State Support of Small and Medium Business at the Regional Level .....	9
<i>Mishchenko V.Ya., Dobrosotskikh M.G.</i> NP-Solvable Task of Scheduling of Construction, Reconstruction and Repair of Objects .....	13
<i>Khrunova T.B.</i> Actual Problems of Textile Enterprises Finance .....	21

### Materials

<i>Khammatova E.A., Gainutdinov R.F.</i> Research Testing the Mechanical Properties of Nanomodified Textile Materials Used for Protective Clothing .....	26
<i>Kim A.A., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S.</i> Study of Strength on Exposure Ballistic Fabric Bugle Nozzle Included .....	31
<i>Borisova E.N., Koytova Zh.Yu., Butenin N.M.</i> Regarding the Issue of Improvement of Technological Approaches to the Manufacturing of Semi-Finished Sheepskin Products .....	34
<i>Kiselev A.M.</i> Method of Determination Probability Laws of Sites Thermally Bonded Nonwoven Cloths ..	39
<i>Talaspava A.A., Zhilibayeva R.O., Zhaikenova A.</i> Study Water Repellency New Nonwovens .....	44
<i>Kuramysova M.U., Rashidova B.R.</i> Studies Needle Seam Properties when Combined Product Details from Knitted Fabrics Loose Structures .....	47
<i>Vakhonina S.A., Matrokhin A.Yu.</i> Evaluation of Final Error of Optical Method for Determining the Number of Threads in Woven Fabrics Special Purpose .....	50
<i>Shchepochkina Yu.A.</i> Use of Fiberglass in Composites of Construction Appointment .....	55
<i>Fedosov S.V., Akulova M.V., Slizneva T.E., Koksharov S.A., Akhmadulina A.S., Sokolova Yu.A.</i> Application of Mechanic and Magnetic Activated Liquid Glass Water Solutions for Fine-Grained Composites Modifying .....	58
<i>Lunkova S.V., Vinogradova N.V., Gusev B.N.</i> Quantitative Assessment of the Aesthetic Look of Garments ..	65

### Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Dyagilev A.S., Petyul I.A., Biziuk A.N., Kogan A.G., Razumeev K.E.</i> Estimation of Uncertainty at Measurement the Breaking Load and Flexibility of Long Scutched Flax .....	69
<i>Kiselev N.V., Pashin E.L., Shalanina A.I.</i> Modeling the Drying Process of Flax Stock with Irregular Thickness and Width of the Layer on SKP1-10LU Drying Machine .....	75
<i>Kovalenko N.I., Razin S.N.</i> Experimental Determination of the Mass Distribution Flax Stalks Layer During Scutching .....	78

<i>Fedosova N.M.</i> Development of Criterion for Evaluation of Process' Efficiency of the Similar Fibrous Material's Receipt .....	84
---	----

### Spinning

<i>Lutov V.A., Polyakova E.V., Romanov V.E., Chelyshev A.M., Krainov E.M.</i> Analysis of the Strain-Stress State of the Tape Wound on a Cylindric Surface .....	89
<i>Rudovsky P.N., Sobashko Yu.A., Smirnova S.G.</i> Evaluation of Spinning Ability of Roving Prepared in ECA-Solutions .....	95
<i>Kuznetsova N.S., Titova U.Yu.</i> Assessment of the Possibility of Formation of the Linen Yarn in the Spinning Finches from Untwisted Roving .....	100

### Weaving

<i>Sergeev V.T., Nikolaev S.D.</i> Analysis of Tension Warp and Weft Threads at Producing a Multiayer Tussues	106
<i>Safonov P.E., Yukhin S.S.</i> Determination of the Tension of Weft in Shuttleless Looms of Various Constructions .....	112
<i>Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Zaitsev D.V., Tichomirov L.A.</i> A Method of Forming a 3D-Orthogonal Woven Fibrous Material .....	118
<i>Demidova E.E., Tolubeyeva G.I.</i> Wafer Interlacings with the Rectangular Diagonally Located Relief Elements .....	122
<i>Bogatryrova M.S., Starinets I.V., Chernysheva L.V.</i> Determination of Mechanical Characteristics of the Filling Yarn on the Shuttleless Loom .....	127

### Finishing

<i>Chebunkina T.A., Gusev V.A.</i> The Influence of the Technological Parameters of the Plating Process the Strength of Adhesion of the Metal Particles with Woven Basis .....	131
--	-----

### Technology of Non-Wovens

<i>Hosrovyan I.G., Tuvin M.A., Hosrovyan G.A., Tuvin A.A., Ronzhin V.I.</i> The Results of Mathematical Modeling of the Collision Process Fibrous Complex with Rod Baking Powder Cleaner .....	136
--	-----

### Knitting

<i>Bashkov A.P., Bashkova G.V., Molodkina M.A.</i> Prediction of Mechanical Properties of Composite Materials Reinforced with Warp Knitted Fabric .....	140
<i>Banakova N.V., Krutikova V.R., Plautina T.V., Bezdenezhnykh A.G.</i> Evaluation of Tension Knitting Process on Warp Knitting Machine COMEZ 609 / B8 .....	144

### Sewing and Design

<i>Kuzmichev V.E., Streltsova M.S., Ni Zhang.</i> Classification of Outline Shapes of Raglan Sleeves .....	150
<i>Kornilovich A.V., Kuzmichev V.E.</i> Development of the Design Principles of Parachute-Sports Costumes ..	155
<i>Krylov M.I., Mizonova N.G.</i> Influence of Politics, Technology and Fashion on Variation of Textile Decoration on the Example of Printed Motifs .....	161
<i>Metelyova O.V., Surikova M.V., Leppyakovskaya S.V.</i> Development of Recommendations on Materials Application in the Self-Rescuer Manufacture .....	166
<i>Talgatbekova A.Zh.</i> Creating a Conceptual Model of the Design Process of Modern Clothing Based on Traditional Costume .....	172
<i>Galanin S.I., Viskovatyi I.S.</i> Surface Oxidation of Accessories Clothes .....	175
<i>Rassadina S.P.</i> Fur Surface of Leaves as the Object Of Design .....	182

### Textile Machines and Aggregates

<i>Sigacheva V.V.</i> Diagnosis of the Loom's Lathe Mechanism By the Method of Harmonic Analysis and Wavelet Decomposition of Accelerations .....	187
<i>Korabelnikov A.R., Shutova A.G., Smirnov M.M., Semenova K.A.</i> Model of Transporting Fluid Film by Rotating Cylindrical Electrode Immersed in a Solution of Polymer in the Electrophoresis Unit for the Electroformation of the Nanofibers .....	191
<i>Telitsyn A.A., Delektorskaya I.A., Yeliseyeva N.A.</i> Influence of a Trajectory of Movement of Strands in the	

Blok of Vortex Chambers on Durability of Self-Twisted Yarn .....	195
<i>Bukina S.V.</i> Determination of Design Data of the Straightening Mechanism of the Weaving Loom Taking into Account Properties of the Produced Fabric .....	200
<i>Romanov V.V., Petrovsky V.S., Stryukov P.V.</i> Modeling of the Asynchronous Motor Control of the Textile Machines .....	204

### **Automation of Technological Processes**

<i>Glazunov V.F., Repin A.A.</i> The Warping Beam's Winding Mechanism Electric Drive Analysis .....	208
---	-----

### **Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering**

<i>Fedosov S.V., Gushchin A.V., Fedoseeva M.Yu., Krajnova A.E.</i> Interphase Heat Exchange in the Heat and Humidity Chambers Materials Processing .....	213
<i>Abishova A.S.</i> The Device for Purification of Air .....	217
<i>Susoeva I.V., Vakhnina T.N., Titunin A.A.</i> Investigation of Lignocellulose Fibers and their Waste Processing .....	221
<i>Tamrazyan A.G., Fedorova N.V.</i> Reliability Assessment of Reinforced Concrete Structures, Strengthening by External Reinforcement with Carbon Fiber .....	226
<i>Egorov S.A., Egorova N.E., Egorova E.S., Mukhin A.A.</i> The Mathematical Modeling of Heat Exchange Process of the Sewing Needle .....	231
<i>Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N.</i> Effective Power and Heat Supply Autonomous Textile Industries .....	235
<i>Moiseenko R.P., Kondratenko O.O.</i> Optimization of Rectangular Ribbed Plates with the Constraint of the First Natural Frequency in the Management of the Height and Width of Cross-Section of the Ribs .....	238

### **Information Technologies**

<i>Ershov S.V., Kalinin E.N.</i> Influence of Digital Images Pixel Characteristics of Nonwoven Structures on the Accuracy of their Computer Analysis Results .....	243
<i>Sokova G.G., Kiprina L.Yu., Isaeva M.V., Igel A.I.</i> Defining the System Functionality of "Electronic Assistant" for Engineer of Textile Production .....	248
<i>Mochalov L.V., Drozdov V.G., Efremov A.S.</i> The Process of Throttling in the Production of Long Flax Fibre .....	252

### **Mechanics of Threads and Fabrics**

<i>Shcherbakov V.P., Tsvetkova A.E., Skulanova N.S., Polyakova T.I., Khalezov S.L.</i> Calculation of High-Modulus and High-Strength Thread's Resource at Weaving Loom Process .....	257
--	-----

### **Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items**

<i>Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N.</i> Environmental and Energy-Saving Technologies in Textile and Light Industry .....	263
<i>Shchepochkina Yu.A.</i> Slit Light Guide with a Detachable Braid-Zip .....	266
<i>Erlygina E.G., Shtebner S.V., Polzunova N.N.</i> Improving the Life Quality of Youth as A Factor of Social and Economic Development of Regions .....	269
<i>Morgunova N.V., Morgunova R.V., Filimonova N.M.</i> Issues of the Development of Textile Industry of Young Cadres .....	273
<i>Petrukhin A.B., Zakrevskaya L.V., Gandelman A.I.</i> Hardening of the Soil Basis for Constructions by Nonwoven Geotextile Fabric and Foam Glass Gravel .....	277
<i>Vitalova N.M.</i> The Use of Effective Thermal Insulation on the Basis of Peat-Cement in the Reconstruction of Textile Enterprises .....	281
<i>Ignatova T.V., Gruzintseva N.A.</i> The Main Aspects of the Development of the Textile Industry in Russian Regions .....	285
<i>Fedorov V.S., Ustinov A.M., Kopanitsa D.G., Klopotov A.A., Potekaev A.I.</i> Investigation of Stress-Strain State of the Surface Layer of Specimens of Steel by Method Digital Images Correlation .....	288
<i>Kudryavin Lev Aleksandrovich</i> .....	294

<b>Dear Readers!</b>	296
----------------------	-----



<i>Temirbekov Ye.S., Jomartov A.A., Bostanov B.O.</i> Experimental Research of the Angular Velocity of Main Shaft of Loom STB .....	297
<i>Sarttarova L.T., Eralieva M.Zh.</i> The Analysis of Developments in the Field of Automation of Technological Preparation of Production .....	301
<i>Mokeeva N.S., Naribayeva E.K., Abilkalamova K.K., Uteuliyeva M.O.</i> Principles of Planning Ecological Products of Light Industry .....	304
<i>Sabitova A.M., Shaizadanova G.S.</i> Development of Scientific Requirements to Special Overalls for MES Rescuers of Republic of Kazakhstan .....	308
<i>Ganiyeva G.A., Ryskulova B.R.</i> The Study of the Durability of Special Clothes' Textile Materials to Petroleum .....	311
<i>Rustemova A.O., Nurzhassarova M.A., Talgatbekova A.Zh., Sabitova A.M., Danadilova Zh.E.</i> Process of Creating Constructive Solutions of Clothes Based on the Modular Design .....	314
<i>Ussenbekov Zh., Aidosova K.P., Zhumatayeva K.A.</i> Development of Method of Finishing of Woven Garments Via Drawing on Liquid Surface .....	317
<i>Yepanchintseva S.E., Dzholdasbayeva G.K., Taipov T.A.</i> Foreign Trade in Goods of the Light Industry in Kazakhstan: Main Trends and Its Impact on the Branch .....	320
<i>Naribayeva E.K., Otynshiyev M.B., Kruchenetsky V.Z., Abilkalamova K.K.</i> Discoloration of Sheep Wool on the Basic Stages of Processing .....	324
<i>Kucharbaeva K.Z., Abdimanapova P.B., Zholdibaeva M.R.</i> Convertible Parts of Youth Jackets by Transformation Techniques in the Automated System .....	328
<i>Seitova F.Z., Aukhadiyeva Z.Zh., Mizanbekov S.K., Tleulinova M.B., Tastankulova K.T.</i> Innovative Technologies in Professional English Teaching of Students of Light Industry Specialties .....	331

Экономика и организация производства

<i>Алоян Р.М., Татиевский П.Б., Федосеев В.Н., Зайцева И.А.</i> Оценка степени риска инвестиционных проектов по развитию технопарка Ивановского региона .....	№1
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А.</i> Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик при применении геотекстиля в строительстве .....	№1
<i>Кукукина И.Г., Климова С.В.</i> Методология и оценка экономической устойчивости предприятия ХБК "Ситцы" .....	№1
<i>Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б.</i> Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непроизводственного назначения .....	№1
<i>Чуланова Г.Ю., Чигиринова М.В., Любименко А.И.</i> Возможность внесения корректирующих изменений в модель управления запасами .....	№1
<i>Матушкина О.Е., Лисиенкова Л.Н., Ковалев А.И.</i> Оценка взаимосвязи динамики прибыли и финансовой устойчивости предприятия легкой промышленности .....	№1
<i>Зернова Л.Е., Ильина С.И.</i> Методический подход к реализации проектов технического перевооружения с учетом экономической безопасности инвестиций и специфических особенностей нетканых производств, имеющих мобильный ассортимент .....	№2
<i>Овчинников А.А., Грузинцева Н.А., Петрухин М.А.</i> Учет рисков при управлении производством в условиях неопределенности .....	№2
<i>Балыхин М.Г., Кожитов Л.В., Лиев Р.А., Емельянов С.Г., Бебенин В.Г.</i> Инновационные аспекты становления и развития предпринимательских университетов: опыт и современные тенденции .....	№2
<i>Мизамбекова С.К., Таипов Т.А.</i> Необходимость радикальных перемен в хлопководстве Казахстана как основа предупреждения и снижения рисков .....	№2
<i>Халезова К.А.</i> Налоговый комплаенс как способ обеспечения налоговой безопасности предприятия .....	№2
<i>Мырхалыков Ж.У., Елдияр Г.К., Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Тайтелиева А.А., Калдыбаева Г.Ю.</i> Обзор текстильной промышленности в Казахстане .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Айдарова А.Б., Ускенов М.К., Жакешова А.П., Мамутова К.К.</i> К вопросу развития текстильной промышленности Республики Казахстан в условиях Таможенного союза .....	№3
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А.</i> Применение геосинтетических материалов в строительстве: экономический аспект .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Айдарова А.Б., Колдасова Л.С., Досмуратова Э.Е., Сапарбаева Э.А.</i> Анализ сырьевой базы хлопково-текстильной промышленности Казахстана .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Исамбаева А.Ж., Есиркепова А.М., Исаева Г.К.</i> Оценка места Республики Казахстан в системе транзитных транспортных коммуникаций с позиции развития текстильной промышленности .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Исамбаева А.Ж., Есиркепова А.М., Миссюль Е.Э.</i> Мировая транспортная система и ее роль в повышении адаптивности текстильной отрасли .....	№3
<i>Нурашева К.К., Исамбаева А.Ж.</i> Текстильная отрасль Казахстана: некоторые проблемы и возможности развития .....	№3
<i>Балыхин М.Г., Кожитов Л.В., Лиев Р.А., Лиев А.А., Червяков Л.М.</i> Опыт коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности вузов по № ФЗ-217 .....	№3
<i>Джолдасбаева Г.К., Мизанбекова С.К., Таипов Т.А.</i> Экономическая эффективность производства хлопка-сырца в Казахстане .....	№3
<i>Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Воронов В.А., Емелин В.А.</i> Анализ энергоэффективности воздушного теплового насоса и электродвигателя в условиях текстильного и швейного производства .....	№4
<i>Рыбалкина З.М.</i> Организационно-экономический механизм управления промышленным предприятием .....	№4
<i>Ковалев А.И., Карпушкина А.В., Волкова Е.Ю.</i> Оптимизация цепи поставок на предприятиях легкой промышленности .....	№4
<i>Жангуттина Г.О., Изтаева А.А., Есайдар У.С.</i> Анализ организационно-экономических аспектов деятельности крупных швейных предприятий .....	№4

<i>Алоян Р.М., Шутенко В.В.</i> Разработка информационного сопровождения оценки качества государственных образовательных услуг, предоставляемых вузом .....	№5
<i>Кашицына Т.Н., Гончаренко Л.П., Амосова Н.А.</i> Формирование инструментария развития инновационной инфраструктуры текстильной промышленности .....	№5
<i>Котегова Л.А., Зайцева И.А., Колесникова О.С., Мишурова И.В.</i> Состояние и возможные направления развития текстильной промышленности в России .....	№5
<i>Краев В.Н., Баширина С.М., Фролова И.В.</i> Сравнение моделей прогнозирования сезонных колебаний (на примере текстильной промышленности) .....	№5
<i>Ловкова Е.С., Старикова Т.В., Сироткина Н.В.</i> Проблемы активизации инновационной деятельности в текстильной промышленности .....	№5
<i>Марченко А.А., Павленко С.О., Омарова Н.Ю.</i> Проблемы и перспективы импортозамещения в текстильной промышленности России .....	№5
<i>Федотова М.А., Ползунова Н.Н.</i> Структурный анализ как инструмент оценки состояния текстильной промышленности .....	№5
<i>Филимонова Н.М., Онуфриева В.В., Кузьминов В.В.</i> Взаимосвязь компонентов мотивации с квалификационными характеристиками трудовой деятельности персонала предприятий региона (на примере текстильной промышленности Владимирской области) .....	№5
<i>Лускатова О.В., Рукин Б.С., Лускатов Н.Д.</i> Проблемы финансового взаимодействия предприятий текстильной и электроэнергетической отрасли на региональном уровне .....	№5
<i>Дигилина О.Б., Тесленко И.Б.</i> Развитие инновационных инструментов финансирования текстильной отрасли .....	№5
<i>Тихонюк Н.Е., Кузнецов Ю.В., Кочетова Ю.Н.</i> Актуальные формы поддержки инновационной деятельности в текстильной промышленности .....	№5
<i>Борщёва Н.Л., Федосова Р.Н., Юссуф А.А.</i> Оценка внешних факторов предприятий текстильной и швейной промышленности, влияющих на их инновационную активность .....	№5
<i>Белгородский В.С., Оленева О.С., Генералова А.В., Тишина М.В.</i> Оценка эффективности мероприятий студенческих олимпиад в области технологии дизайна и искусств .....	№6
<i>Дмитриев Ю.А., Шустров Л.И., Омаров М.М.</i> Перспективы развития предпринимательства в текстильной отрасли в рамках системы государственной поддержки малого и среднего бизнеса на региональном уровне .....	№6
<i>Мищенко В.Я., Добросоцких М.Г.</i> NP-разрешимая задача календарного планирования строительства, реконструкции и ремонта объектов .....	№6
<i>Хрунова Т.Б.</i> Актуальные проблемы финансов текстильной отрасли .....	№6

## Материаловедение

<i>Бешапошникова В.И., Жилина Е.В., Жагрина И.Н., Ульвачева Л.А.</i> Совершенствование метода испытания тканых полотен при одноцикловом растяжении .....	№1
<i>Виноградова Н.А., Плеханова С.В.</i> Выбор определяющих показателей качества тканей медицинского назначения .....	№1
<i>Самсонов Е.Э., Вахонина С.А., Матрохин А.Ю.</i> Формирование информативных показателей распознавания волокнистого состава текстильных материалов .....	№1
<i>Замышляева В.В., Смирнова Н.А.</i> Определение влияния швов на характеристики изгиба и сдвига костюмных тканей .....	№1
<i>Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю.</i> Текстильное материаловедение перед технологическим рывком .....	№1
<i>Денисов А.Р., Уткин Д.В.</i> Построение портативной испытательной системы для исследования деформации нити при одноосном растяжении .....	№2
<i>Власова Е.Н.</i> Выявление показателей качества и определение конкурентоспособности тканей для изделий домашнего текстиля .....	№2
<i>Максименко Р.В., Кирсанова Е.А.</i> Исследования коэффициента упругости костюмных чистошерстяных тканей .....	№2
<i>Смирнова Н.А., Добрынина Н.Н.</i> Оценка формуемости льняных тканей по характеристикам сдвига нитей .....	№2
<i>Мальшева О.В., Гусев Б.Н.</i> Совершенствование нормативной оценки качества трикотажных бельевых изделий .....	№2
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А.</i> Расчет основных параметров конструкций дорожной одежды с применением геотекстильных синтетических защитно-дренирующих материалов .....	№2
<i>Гойс Т.О., Баженов С.М., Матрохин А.Ю.</i> Разработка алгоритма распознавания степени повреждаемости геотекстильных полотен на основе анализа цифровых изображений .....	№2
<i>Хамматова В.В.</i> Изготовление экспериментальных образцов наномодифицированных текстильных материалов, влияющих на прочность одежды специального назначения .....	№2

<i>Махмудова Г.И., Сатаев М.И., Нуртаев У.Н., Каратаев М.С., Ешижанов А., Ислам Н.</i> Анализ физико-механических свойств плюшевого трикотажа .....	№3
<i>Туребекова Г.З., Сагитова Г.Ф., Сакибаева С.А., Наукенова А.А., Пусурманова Г.Ж.</i> Пути повышения прочности связи системы резина – вискозный текстильный корд .....	№3
<i>Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Федулова Т.Н., Асланян А.А.</i> Прогнозирование проницаемости различных видов краски тканей для строительной спецодежды .....	№3
<i>Юсупов Ш., Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Калдыбаева Г.Ю., Айдарбекова С.К.</i> Показатели хозяйственно-ценных признаков новых средневолокнистых отечественных сортов хлопчатника в разных условиях водного режима .....	№3
<i>Томилова М.В., Смирнова Н.А.</i> Оценка стабильности структуры плетеных полотен .....	№4
<i>Карпенко Н.И., Карпенко С.Н.</i> О диаграммном методе построения физических соотношений для бетонных и железобетонных элементов при объемном напряженном состоянии .....	№4
<i>Ройфе В.С., Верховский А.А., Запорожец А.С., Козынченко В.Б.</i> Метрологические аспекты строительной влагометрии .....	№4
<i>Овсянников С.Н., Скрипченко Д.С.</i> Исследование звукоизоляционных свойств материалов при различных статических нагрузках .....	№4
<i>Кулажанов Т.К., Вязигин С.В., Крученецкий В.З., Отынишев М.Б.</i> К выбору информативного показателя точности измерения тонины волокон шерсти с помощью электронной микроскопии .....	№4
<i>Ганиева Г.А., Рыскулова Б.Р.</i> Исследование физико-механических свойств материалов спецодежды для операторов по нефтедобыче .....	№4
<i>Шубин А.С., Матрохин А.Ю.</i> Моделирование структуры стандартных образцов засоренности текстильных нитей и их неравномерности по толщине .....	№5
<i>Дюсенбиева К.Ж., Таусарова Б.Р., Кричевский Г.Е., Кутжанова А.Ж.</i> Получение и исследование антимикробных целлюлозных материалов на основе жидкого стекла с применением золь-гель метода .....	№5
<i>Мокеева Н.С., Заев В.А., Жилисбаева Р.О.</i> Прогнозирование теплозащитных свойств многослойной одежды в условиях воздействия низких температур .....	№5
<i>Вязигин С.В., Крученецкий В.З., Отынишев М.Б., Жилисбаева Р.О.</i> К обоснованию объема выборки измерений тонины волокон шерсти с помощью электронной микроскопии .....	№5
<i>Молдагажиева З.Д., Жилисбаева Р.О., Жакыпбеккызы Ж., Казангельдина Ж.Б.</i> Исследование теплозащитных свойств новых нетканых материалов .....	№5
<i>Рощина С.И., Лукина А.В., Сергеев М.С., Власов А.В., Грибанов А.С.</i> Восстановление деревянных конструкций импрегнированием полимерной композицией на примере промышленных зданий легкой и текстильной промышленности .....	№5
<i>Азанова А.А., Абуталипова Л.Н., Кулецов Г.Н., Тихонова Н.В., Ившин Я.В.</i> Модификация свойств хлопкового волокна с помощью низкотемпературной плазмы .....	№5
<i>Хамматова В.В., Разумеев К.Э.</i> Проведение исследований микроструктуры образцов наномодифицированных текстильных материалов для специальной одежды методами микроскопии .....	№5
<i>Федосов С.В., Котлов В.Г., Алоян Р.М., Бочков М.В., Иванова М.А.</i> Методика экспериментального исследования массопроводных характеристик волокнистых и древесно-волокнистых материалов .....	№5
<i>Хамматова Э.А., Гайнутдинов Р.Ф.</i> Исследовательские испытания механических свойств наномодифицированных текстильных материалов, применяемых для специальной защитной одежды .....	№6
<i>Ким А.А., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.</i> Исследование прочности баллистических тканей при воздействии конусообразной насадкой .....	№6
<i>Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю., Бутенин Н.М.</i> К вопросу совершенствования технологических подходов изготовления изделий из овчинного полуфабриката .....	№6
<i>Киселев А.М.</i> Методика определения вероятностного закона положения участков термоскрепления в нетканых полотнах .....	№6
<i>Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О., Жайкенова А.</i> Исследование водоотталкивающих свойств новых нетканых материалов .....	№6
<i>Курамысова М.У., Рашидова Б.Р.</i> Исследования свойств иглопробивного шва при соединении деталей изделий из трикотажных полотен рыхлых структур .....	№6
<i>Вахонина С.А., Матрохин А.Ю.</i> Оценка итоговой погрешности оптического метода определения числа нитей в тканых полотнах специального назначения .....	№6
<i>Щепочкина Ю.А.</i> Использование стекловолокна в композитах строительного назначения .....	№6
<i>Федосов С.В., Акулова М.В., Слизнева Т.Е., Кокшаров С.А., Ахмадулина А.С., Соколова Ю.А.</i> Применение механомагнитоактивированных водных растворов жидкого стекла для модифицирования мелкозернистых композитов .....	№6
<i>Лунькова С.В., Виноградова Н.В., Гусев Б.Н.</i> Количественная оценка эстетического вида швейных изделий .....	№6

## Первичная обработка. Сырье

<i>Куликов А.В., Пашин Е.Л., Соболева Е.В.</i> Оценка прочности на разрыв ленты из короткого льняного волокна .....	№1
<i>Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г.</i> Построение информационной системы для контроля качества длинного трепаного льноволокна .....	№1
<i>Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Ковалев М.М., Пучков Е.М.</i> Универсальная линия для переработки льна и пеньки в различные виды готовой продукции .....	№1
<i>Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Алтухова И.Н.</i> Исследование характеристик тресты масличного льна .....	№1
<i>Енин М.С., Пашин Е.Л.</i> Влияние вылета тыльных кромок трепальных барабанов на ускорение элементов пряжи вблизи зажима .....	№2
<i>Новиков Э.В., Королева Е.Н., Безбабченко А.В., Ущуповский И.В.</i> Анализ эффективности первичной переработки льносырья в Российской Федерации .....	№2
<i>Газиева С.А., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н.</i> Анализ движения летучки хлопка-сырца по лопасти барабанной сушилки .....	№2
<i>Пашин Е.Л., Орлов А.В., Степанкова Т.А.</i> Обоснование условий формирования цифровых изображений пробы волокон льна для оценки их расщепленности .....	№2
<i>Калдыбаев Р.Т., Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С., Елдияр Г.К., Калдыбаева Г.Ю., Ешжанов А.А., Баймуханбетова Д.М.</i> Влияние неоднородности пробы волокон по плотности на величину воздухопроницаемости .....	№3
<i>Калдыбаев Р.Т., Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С., Ботабаев Н.Е., Калдыбаева Г.Ю., Бектурсынова А.К.</i> Разработка метода увлажнения хлопкового волокна с целью повышения его эффективности .....	№3
<i>Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Юсупов Ш., Калдыбаева Г.Ю., Коньсбеков С.М.</i> Исследование количественного и качественного содержания сорных примесей в хлопке-сырце для различных селекций хлопка в зависимости от районов произрастания .....	№3
<i>Юсупов Ш., Дошманов Е.К., Калдыбаев Р.Т., Ташменов Р.С., Калдыбаева Г.Ю.</i> Исследование биологических особенностей скороспелых сортов хлопчатника в почвенно-климатических условиях Республики Казахстан .....	№3
<i>Стокозенко В.Г., Ларин И.Ю., Воронина Е.Р., Титова Ю.В., Морыганов А.П.</i> Влияние элементаризации льноволокна на его свойства и состав примесей .....	№4
<i>Пучков Е.М., Безбабченко А.В., Новиков Э.В.</i> Перспективные малозатратные технологии переработки соломы и тресты льна масличного .....	№4
<i>Румянцева И.А., Пашин Е.Л., Лапеткин А.О.</i> Оценка угловой дезориентации стеблей в слое льняной тресты с использованием преобразования Хафа .....	№5
<i>Арынгазиев С., Отыншиев М.Б., Ниязбеков Б.Ж.</i> Возможности развития пухового козоводства в Казахстане .....	№5
<i>Аничкина О.А., Капустина Н.В., Коровяковский Д.Г.</i> Проблемы и перспективы развития льноводства в регионе в условиях экономических санкций (на примере Тверской области) .....	№5
<i>Кочуев Д.А., Хорьков К.С., Янина Е.В., Абрамов Д.В.</i> Изготовление фильер для текстильной промышленности .....	№5
<i>Дягилев А.С., Петюль И.А., Бизюк А.Н., Коган А.Г., Разумеев К.Э.</i> Оценка неопределенности при измерении разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна .....	№6
<i>Киселев Н.В., Пашин Е.Л., Шаланина А.И.</i> Моделирование процесса сушки льнотресты в машине СКП-10ЛУ с учетом влияния неровноты слоя стеблей по толщине и ширине .....	№6
<i>Коваленко Н.И., Разин С.Н.</i> Экспериментальное исследование распределения массы слоя стеблей льна в процессе трепания .....	№6
<i>Федосова Н.М.</i> Разработка критерия оценки эффективности процесса получения однотипного волокнистого материала .....	№6

## Прядение

<u>Столяров А.А.</u> , <i>Кудряшова В.И., Беляев Д.Н.</i> Исследование влияния конструктивных особенностей зоны выпуска кольцевой прядильной машины на структуру и свойства пряжи .....	№1
<i>Ларин И.Ю., Красик Т.Я., Варганова Е.А., Некрашевич С.А., Рыбин В.Э., Стокозенко В.Г.</i> Математическая модель процесса кручения пряжи из элементаризованных льняных волокон на прядильной машине пневмомеханического способа прядения .....	№1
<i>Телицын А.А.</i> Аэродинамическое самокруточное прядение. Обзор новых разработок .....	№2
<i>Ашнин Н.М., Мешкомаев В.Г.</i> Имитационное моделирование процесса волокнообмена в чесальной машине .....	№2

<i>Беляев Д.Н., Столяров А.А.</i> Анализ технологического процесса прядения на кольцевой прядильной машине на основе метода и устройства непрерывного мониторинга основных параметров вырабатываемой пряжи .....	№2
<i>Ларин И.Ю.</i> Влияние жестких волокон котонина на качество пряжи и стабильность технологического процесса прядения .....	№2
<i>Муравьева Г.Ю.</i> О факторах, влияющих на ворсистость льняной ровницы .....	№2
<i>Ларин И.Ю., Морыганов А.П., Красик Т.Я., Тувин М.А., Савельева Е.Е.</i> Математическое моделирование процесса волокноперехода между пыльчатыми поверхностями вращающихся барабанов на основе закона сохранения баланса массы .....	№2
<i>Киртай Э., Озчелик Г., Ташменов Р.С., Калдыбаев Р.Т., Елдияр Г.К., Калдыбаева Г.Ю.</i> Исследование образования непса во время производства пряжи .....	№3
<i>Джанпаизова В.М., Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С., Елдияр Г.К., Рахматулинов Ф.Ф., Аширбекова Г.Ш.</i> Возможности улучшения качества пряжи путем рассортировки волокон хлопка .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С., Гафуров Ж.К., Джанпаизова В.М., Аширбекова Г.Ш., Турганбаева А.А.</i> Анализ состояния прогнозирования и оценки конкурентоспособности хлопчатобумажной пряжи .....	№3
<i>Койлыбаев Н.А., Тогатаев Т.У., Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С., Джанпаизова В.М., Мурзабаева Г.К.</i> Исследование влияния технологических параметров на показатели свойств кольцевой пряжи для улучшения ее структурного строения .....	№3
<i>Койлыбаев Н.А., Тогатаев Т.У., Мырхалыков Ж.У., Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Мурзабаева Г.К.</i> Технология получения трикотажной пряжи пониженной крутки .....	№3
<i>Собашко Ю.А., Муравьева Г.Ю., Рудовский П.Н.</i> Анализ экономической эффективности применения ЭХА-раствора для обработки льняной ровницы перед прядением .....	№3
<i>Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э.</i> Экспериментальные закономерности деформирования хлопковой пряжи при растяжении .....	№4
<i>Максимова К.А., Роньжин В.И., Хосровян Г.А.</i> Улучшение показателей поверхностной плотности и неровноты прочеса за счет регулирования питания чесальной машины .....	№4
<i>Султанов К.С., Исмаилова С.И., Туланов Ш.Э.</i> Нелинейная упруго-вязкопластическая модель деформирования хлопковой пряжи при растяжении .....	№5
<i>Лутов В.А., Полякова Е.В., Романов В.Е., Челышев А.М., Крайнов Е.М.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния ленты, намотанной на цилиндрическую поверхность .....	№6
<i>Рудовский П.Н., Собашко Ю.А., Смирнова С.Г.</i> Оценка прядильной способности ровницы, подготовленной в ЭХА-растворах .....	№6
<i>Кузнецова Н.С., Титова У.Ю.</i> Оценка возможности формирования льняной пряжи вьюрковым способом из бескруточной ровницы .....	№6

## Ткачество

<i>Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю.</i> Сравнительное исследование физико-механических свойств однослойной хлопчатобумажной ткани, вырабатываемой на ткацких станках СТБ-180 и OMNIPLUS фирмы PИCANOL .....	№1
<i>Брут-Бруляко А.Б., Рудовский П.Н.</i> Исследование плотности намотки хлопчатобумажной пряжи в цилиндрических бобинах для крашения .....	№1
<i>Сильченко Е.В., Николаев С.Д.</i> Металлизированные ткани для защитных костюмов .....	№1
<i>Николаев С.Д., Назарова М.В., Романов В.Ю.</i> Об эффективности использования методов приближения функций для математического описания процесса выработки ткани сатин на ткацком станке АТПР-100-2 .....	№2
<i>Демидова Е.Е., Толубеева Г.И.</i> Систематизация способов построения вафельных переплетений .....	№2
<i>Сафонов П.Е., Левакова Н.М., Юхин С.С.</i> Разработка комбинированных термостойких электропроводящих нитей для нового ассортимента радиоотражающих тканей .....	№2
<i>Сафонов П.Е., Левакова Н.М., Юхин С.С.</i> Разработка структуры радиоотражающей ткани с заданными свойствами .....	№3
<i>Демидова Е.Е., Толубеева Г.И.</i> Алгоритм автоматизированного построения вафельного переплетения с дополнительными элементами .....	№4
<i>Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю., Фефелова Т.Л.</i> Особенности выработки основворсовой ткани, обладающей минимальной воздухопроницаемостью .....	№5
<i>Брут-Бруляко А.Б., Романов В.В.</i> Исследование плотности намотки льняной пряжи в цилиндрических бобинах для крашения .....	№5
<i>Сергеев В.Т., Николаев С.Д.</i> Анализ натяжения основных и уточных нитей при изготовлении многослойных тканей .....	№6
<i>Сафонов П.Е., Юхин С.С.</i> Определение натяжения утка на бесчелночных станках различной конструкции .....	№6

<i>Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Зайцев Д.В., Тихомиров Л.А.</i> Способ формирования 3D-ортогонального тканого волокнистого материала .....	№6
<i>Демидова Е.Е., Толубеева Г.И.</i> Вафельные переплетения с прямоугольными диагонально расположенными рельефными элементами .....	№6
<i>Богатырева М.С., Старинец И.В., Чернышева Л.В.</i> Определение механических характеристик уточной пряжи на бесчелночном ткацком станке .....	№6

### Отделка

<i>Кузнецова Е.Э., Тяпкин И.И., Сафонов В.В.</i> Оценка эффективности использования водных дисперсий полиуретанов в качестве связующих в пигментной печати .....	№1
<i>Сергеева Е.А., Ибатуллина А.Р., Костина К.Д.</i> Применение плазменной модификации для улучшения прочностных характеристик арамидного волокна .....	№1
<i>Циркина О.Г., Никифоров А.Л.</i> Разработка математических моделей для оценки эффективности нагрева текстильных материалов в поле токов высокой частоты .....	№2
<i>Третьякова А.Е., Черногорцев Е.А., Сафонов В.В.</i> Исследование условий очистки сточных вод от водорастворимых красителей с помощью волокнообразующих полимеров .....	№2
<i>Третьякова А.Е., Сафонов В.В., Ситникова У.В.</i> Модифицирование целлюлозного волокна комплексобразующими препаратами .....	№2
<i>Джанпаизова В.М., Мырхалыков Ж.У., Таишенов Р.С., Каплуненко В.Г., Тогатаев Т.У., Орымбетова Г.Э.</i> Исследование оптимальной концентрации раствора цитрата серебра для придания медицинской марле антибактериальных свойств .....	№3
<i>Таишенов Р.С., Линик В.А., Мырхалыков Ж.У., Джанпаизова В.М., Пашенко А.Г., Таишенов Р.Р.</i> Придание перевязочному материалу антимикробных свойств .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Калдыбаев Р.Т., Таишенов Р.С., Калдыбаева Г.Ю., Елдияр Г.К.</i> Практическое использование высокочастотной техники в текстильной промышленности .....	№3
<i>Калдыбаев Р.Т., Сериккулы Ж., Бейсенбаева Ш.К., Рахматуллаева К.А., Темиршиков К.М., Болегинов А.Е., Отарбекова С.Ж.</i> Исследование эффективности процесса отбеливания текстильных материалов под воздействием СВЧ-излучений .....	№3
<i>Третьякова А.Е., Сафонов В.В.</i> Исследование влияния поликарбонатовых кислот на состояние целлюлозосодержащих материалов .....	№4
<i>Куник А.Н., Семешко О.Я., Сарибекоева Ю.Г., Мясников С.А.</i> Исследование влияния высокоэнергетической дискретной обработки на физико-химические свойства шерстного жира .....	№5
<i>Логонова Л.В., Нуржасарова М.А., Копбаева Э.С.</i> Техника мраморирования активными красителями по тканям на основе целлюлозы с применением жидкого стекла .....	№5
<i>Тасымбекова А.Н., Логонова Л.В., Кутжанова А.Ж., Джуриная И.М.</i> Исследование совмещенного процесса крашения и отделки шерсти с применением нового композиционного состава .....	№5
<i>Чебункина Т.А., Гусев В.А.</i> Влияние технологических параметров процесса металлизации на прочность сцепления металлических частиц с тканой основой .....	№6

### Технология нетканых материалов

<i>Дерябина А.И., Лисиенкова Л.Н.</i> Исследование изменения теплового сопротивления нетканых материалов в условиях циклического сжатия .....	№1
<i>Фролова И.В., Ишанова Н.С.</i> Усовершенствование технологии регенерации текстильных волокон из отходов в виде лоскута .....	№4
<i>Хосровян И.Г., Тувин М.А., Хосровян Г.А., Тувин А.А., Роньжин В.И.</i> Результаты математического моделирования процесса столкновения волокнистого комплекса с колком разрыхлителя-очистителя ..	№6

### Трикотажное производство

<i>Мкоян Р.С.</i> Качественные показатели образцов чулочно-носочных изделий после отделочных операций .....	№1
<i>Пивкина С.И., Фомина О.П., Боровков В.В.</i> Трикотаж кулирных производных переплетений с расположением протяжек на лицевой стороне остовов петель .....	№1
<i>Николаева Е.В., Рябова И.И., Муракаева Т.В.</i> Разработка элементов машинной визуализации трикотажа ажурных переплетений .....	№1
<i>Башков А.П., Башкова Г.В., Алешина Д.А., Румянцева О.С.</i> Анализ механических свойств двухслойных трикотажных полотен с соединительными элементами из индивидуальных нитей .....	№1
<i>Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Пивкина С.И., Заваруев Н.В.</i> Методы проектирования и оценка основных свойств поверхностей технического назначения с ячейками различных размеров и конфигураций на базе структур трикотажа .....	№2

<i>Пивкина С.И., Фомина О.П., Кудрявин Л.А.</i> Математические модели описания вязального способа образования "сплит-петель" .....	№2
<i>Махмудова Г.И., Садибек А.К., Сатаев М.И., Каратаев М.С., Абдикеримов С.Ж.</i> Двусторонний ворсовой трикотаж .....	№3
<i>Сатаев М.И., Каратаев М.С., Махмудова Г.И., Кайранбеков Г.Д., Бейсенбаева Ш.К., Булегенов А.</i> Классификация одностороннего платированного плюшевого трикотажа .....	№3
<i>Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Сатаев М.И., Нуртаев У.Н., Бейсенбаева Ш.К., Куралбаева А.</i> Односторонний платированный плюшевый трикотаж .....	№3
<i>Лисиенкова Л.Н., Смолина О.А.</i> Исследование деформации трикотажных полотен при одноосном и пространственном растяжениях .....	№3
<i>Ширина Л.А., Землякова И.В., Верняева И.Л., Коржева И.А.</i> Определение длины нити в петле трикотажного полотна по его цифровому изображению на основе трехмерного сплайна .....	№4
<i>Курамысова М.У., Бродовская Л.В., Бондарева Ю.В., Шкунова Л.В.</i> Анализ зависимости формообразования трикотажных изделий от жесткости соединения иглопробивным способом .....	№5
<i>Кадникова О.Ю., Алтынбаева Г.К., Айдарханов А.М., Шалдыкова Б.А., Успанова С.С.</i> Переработка отходов швейно-трикотажного производства .....	№5
<i>Баишкова А.П., Баишкова Г.В., Молодкина М.А.</i> Прогнозирование механических свойств композитных материалов, армированных основовязаным трикотажем .....	№6
<i>Банакоева Н.В., Крутикова В.Р., Плаутина Т.В., Безденежных А.Г.</i> Оценка напряженности процесса вязания на основовязальной машине COMEZ 609/B8 .....	№6

### Швейное производство и дизайн

<i>Михайлов А.А., Романова К.Е.</i> Студенческая форменная одежда XIX века .....	№1
<i>Мизонова Н.Г.</i> Особенности народного текстиля и костюма на территории Ивановской области ...	№1
<i>Сурикова О.В., Сурикова Г.И., Кузьмичев В.Е.</i> Адаптация американской системы кроя для российских женских типовых фигур .....	№1
<i>Хамматова Э.А.</i> Проектирование и изготовление экспериментальных образцов специальной одежды из наноструктурированных текстильных материалов с повышенными гигиеническими свойствами .....	№1
<i>Смолина О.А.</i> Художественная отделка – роспись "тканью по ткани" .....	№1
<i>Сурикова О.В., [Сурикова Г.И.], Кузьмичев В.Е.</i> Анализ американской женской типологии и сравнение с российскими типовыми фигурами .....	№2
<i>Михайлов А.А., Романова К.Е., Червова А.А.</i> Образ женщины-нигилистки как отражение смены модных тенденций XIX века .....	№2
<i>Ершова Л.В., Седова И.Г., Черокова А.В.</i> Народный костюм как источник творчества .....	№2
<i>Чижик М.А., Иванцова Т.М., Доркин Д.В.</i> Исследование суммарного теплового сопротивления перо-пуховых пакетов швейных изделий в различных эксплуатационных условиях .....	№2
<i>Кузьмичев В.Е., Чжэ Чен, Го Мэнна, Тисленко И.В.</i> Экспериментальное обоснование прогнозирования компрессионного давления под женскими платьями свободной формы .....	№2
<i>Джанпаизова В.М., Мырхальков Ж.У., Ким И.С., Рахманкулова Ж.А., Баишрова С.А., Махмудова М.А., Доскараева С.О.</i> Анализ технологии изготовления войлока и проектирование изделий из авторских полотен, созданных в технике "нуновойлок" .....	№3
<i>Мусаева Н.Р., Мусаев Ринат А., Мусаев Равиль А., Избасарова Ж.Е.</i> Личностные, креативные тенденции в текстильном дизайне Казахстана .....	№3
<i>Торебаев Б.П., Мырхальков Ж.У., Ботабаев Н.Е.</i> Гармония цветов в костюме .....	№3
<i>Торебаев Б.П., Алимова Х.А., Бектурсунова А.К., Ботабаев Н.Е., Темиришиков К.М., Купенова А.А.</i> Цвет в костюме: предпочтение, прогнозирование .....	№3
<i>Торебаев Б.П., Ботабаев Н.Е., Бектурсунова А.К., Ботабаева А.Е.</i> Возможность применения инновационных технологий в дизайне ткани и одежды .....	№3
<i>Чижик М.А., Шевелёва И.А.</i> Развитие методов проектирования одежды на основе IT-технологий .	№3
<i>Кузьмичев В.Е., Чен Чжэ, Го Мэнна, Тисленко И.В.</i> Экспериментальное обоснование прогнозирования компрессионного давления под трикотажной плотнооблегающей одеждой .....	№4
<i>Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Радченко О.В., Никифорова Е.Н.</i> Влияние структурных характеристик термоклеевых материалов на жесткость дублированного пакета .....	№4
<i>Рыскулова Б.Р., Жумадилова А.А., Онгарбаева З.Б., Шамиетова К.Б.</i> Использование метода априорного ранжирования при выборе характеристик специальной одежды для арматурщиков .....	№4
<i>Джусупова-Парфилькина И.М., Нуржасарова М.А., Болысбекова Р.Т., Нуримбетова К.А.</i> Процесс проектирования мобильной одежды для женщин, ожидающих ребенка .....	№4
<i>Нуржасарова М.А., Смайлова У.У., Нурбай С.К., Кандидат М., Тухватулина М.М.</i> Процесс создания конструктивных решений одежды на основе механизмов творчества .....	№4



<i>Мизонова Н.Г., Крылов М.И.</i> Ткани с надписями и политическими сюжетами как продолжение мировых традиций в ивановском текстиле .....	№5
<i>Дьяконова Е.В., Метелева О.В., Бондаренко Л.И., Баранов А.В.</i> Влияние характеристик клеевого материала на проницаемость соединений пуховой одежды .....	№5
<i>Нуржасарова М.А., Джусупова-Парфилькина И.М., Нурбай С.К., Большбекова Р.Т.</i> Сравнительная характеристика существующих типов телосложения женских фигур .....	№5
<i>Ганиева Г.А., Рыскулова Б.Р., Адилхан Ш.Ш.</i> Совершенствование технологии изготовления спецодежды для операторов по добыче нефти .....	№5
<i>Темирбеков Е.С., Бостанов Б.О.</i> Аналитическое определение плавного перехода контуров деталей одежды .....	№5
<i>Есаулов Г.В.</i> Образы ткани и орнамента в новейшей архитектуре .....	№5
<i>Кузьмичев В.Е., Стрельцова М.С., Цан Ни.</i> Классификация формы рукавов покроя реглан .....	№6
<i>Корнилович А.В., Кузьмичев В.Е.</i> Разработка принципов проектирования костюмов для парашютных видов спорта .....	№6
<i>Крылов М.И., Мизонова Н.Г.</i> Влияние политики, технологии и моды на изменения стилистики оформления текстиля на примере печатного рисунка .....	№6
<i>Метелева О.В., Сурикова М.В., Лепляковская С.В.</i> Разработка рекомендаций по применению материалов при изготовлении самоспасателя .....	№6
<i>Талгатбекова А.Ж.</i> Создание концептуальной модели процесса проектирования современной одежды на базе традиционного костюма .....	№6
<i>Галанин С.И., Висковатый И.С.</i> Оксидирование поверхности фурнитуры швейных изделий .....	№6
<i>Рассадина С.П.</i> Поверхность меховых полотен как объект дизайнера .....	№6

### **Текстильные машины и агрегаты**

<i>Егоров В.В., Марковец А.В., Мазин Л.С.</i> Исследование процесса сматывания нити со шпули в челноке швейной машины с учетом регулятора натяжения нити .....	№1
<i>Селезнев С.В., Шляпугин Р.В., Пирогов Д.А.</i> Исследование динамики механизма привода челноков лентоткацкого станка .....	№1
<i>Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н., Макаров В.А.</i> Назначение и основные параметры технологической оснастки для ткацких машин .....	№1
<i>Кожмяченко А.В., Фомин Ю.Г., Лемешко М.А., Новиков А.В., Туцкая Т.П.</i> Теоретическое определение диагностических параметров технического состояния дросселей компрессионных холодильных машин .....	№2
<i>Джомартов А.А.</i> Экспериментальные исследования угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ .....	№2
<i>Колмыкпаев Б.К., Исламкулов К.М., Бастарова У.Б.</i> Технология и расчет экономической эффективности бездеформационной термической обработки дисковых пил .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Махмудова Г.И., Каратаев М.С., Сатаев М.И., Кайранбеков Г.Д., Бейсенбаева Ш.К.</i> Влияние на производительность трикотажной машины параметров кулирного клина с упругим элементом переменной жесткости .....	№3
<i>Шардарбек М.Ш., Маханбеталиева К.Т., Джаскиленова А.Е.</i> Скорость движения плоских жестких материалов на дуговом ленточном транспортере .....	№3
<i>Махмудова Г.И., Мырхалыков Ж.У., Сатаев М.И., Каратаев М.С., Нурмаматова О.И., Ахметова А.Б., Садыкова Г.Н.</i> Экспериментальное измерение натяжения плюшевой нити в процессе петлеобразования .....	№3
<i>Гордон В.А., Осовских Е.В.</i> Устойчивость быстровращающихся валов текстильного оборудования .....	№3
<i>Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Ларюшкин П.А.</i> Влияние диссипативных свойств текстильной упаковки на демпфирование колебаний в мотальном механизме текстильной машины .....	№4
<i>Белинис С.М., Жданов А.С., Белинис П.Г.</i> Расчет критической скорости ротора на шариковых опорах пневмопрядильных машин .....	№4
<i>Темирбеков Е.С., Джомартов А.А., Заурбеков Н.С., Заурбекова Г.Н.</i> Устройство пневматической подачи уточной нити прокладчику на многоцветных ткацких станках СТБ .....	№4
<i>Темирбеков Е.С., Заурбеков Н.С., Заурбекова Г.Н.</i> Прочность несущих элементов подмостей ПМД-5.2М .....	№4
<i>Кожмяченко А.В., Туцкая Т.П., Лемешко М.А., Фомин Ю.Г., Новиков А.В.</i> Влияние загрязнений рабочей среды на работоспособность холодильных машин .....	№5
<i>Сигачева В.В.</i> Диагностика батанного механизма ткацкого станка методами гармонического анализа и вейвлет-разложения ускорений .....	№6
<i>Корабельников А.Р., ШUTOVA А.Г., Смирнов М.М., Семенова К.А.</i> Модель транспортирования жидкостной пленки цилиндрическим вращающимся электродом, погруженным в раствор полимера в установке для электроформирования нановолокон .....	№6

<i>Телицын А.А., Делекторская И.А., Елисеева Н.А.</i> Влияние траектории движения стренг в БВК на прочность СК-пряжи .....	№6
<i>Букина С.В.</i> Определение конструктивных параметров механизма ширения ткацкого станка с учетом свойств вырабатываемой ткани .....	№6
<i>Романов В.В., Петровский В.С., Стрюков П.В.</i> Моделирование управления асинхронными двигателями текстильных машин .....	№6

### Автоматизация технологических процессов

<i>Глазунов В.Ф., Репин А.А., Родионов Ю.А.</i> Математическое моделирование системы электропривода механизмов намотки сновальных валов .....	№2
<i>Глазунов В.Ф.</i> Математическая модель процесса деформации упругого транспортируемого материала под действием сил трения .....	№3
<i>Глазунов В.Ф.</i> Регулирование технологических параметров обрабатываемых текстильных материалов средствами автоматизированного электропривода .....	№4
<i>Глазунов В.Ф., Репин А.А., Родионов Ю.А.</i> Анализ вариации параметров зоны деформации основы в системе электропривода механизма намотки сновальных валов .....	№5
<i>Монахов Ю.М., Тельный А.В., Монахов М.Ю.</i> Консенсусный алгоритм выбора центрального узла в одноранговых телекоммуникационных сетях .....	№5
<i>Глазунов В.Ф., Репин А.А.</i> Анализ электропривода механизма намотки сновального вала .....	№6

### Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

<i>Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В.</i> Особенности механической активации дистиллированной воды различными насадками роторной мешалки .....	№1
<i>Фомин Ю.Г., Петросов С.П., Лемешко М.А., Кожмяченко А.В., Донченко И.Я.</i> Математическая модель теплопритоков в камеры холодильной машины .....	№1
<i>Лаврентьева Е.П., Разумеев К.Э.</i> Модель остаточного горения образца двумерного плоского текстильного материала .....	№1
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н.</i> Возможность внедрения экологической и энергосберегающей технологии в текстильной энергетике .....	№2
<i>Колибаба О.Б., Горбунов В.А., Горинев О.И., Самышина О.В., Габитов Р.Н.</i> Исследование влияния влажности на температурный режим переработки твердых бытовых отходов, содержащих текстиль, термическими методами .....	№2
<i>Герашенко А.А., Каравайков В.М.</i> Энергетические показатели различных способов прядения пряжи .....	№2
<i>Абдуова А.А., Джаннаинова В.М., Мырхалыков Ж.У., Сатаев М.И., Ботабаев Н.Е.</i> Анализ современного состояния вопроса исследования промышленного применения напорных гидроциклонов в области очистки сточных вод легкой промышленности .....	№3
<i>Мырхалыков Ж.У., Абдуова А.А., Джаннаинова В.М., Сатаев М.И., Ким И.С.</i> Необходимость разработки современных технологий организации оборотных и замкнутых систем водоснабжения на предприятиях легкой промышленности различной специализации .....	№3
<i>Азимов А.М., Жантасов К.Т., Абиев Р.Ш., Сатаева Л.М., Хусанов А.Е.</i> Моделирование обессоливания воды в мембранах коаксиальной цилиндрической формы .....	№3
<i>Кошелева М.К., Дорняк О.Р., Новикова Т.А.</i> Исследование сорбционных свойств хлопчатобумажных тканей в технологических операциях отделки .....	№3
<i>Беляков А.Н.</i> Совершенствование технологии получения тонкодисперсных пигментов на основе математического моделирования процесса измельчения .....	№3
<i>Емельянов С.Г., Клюева Н.В., Кореньков П.А.</i> Методика определения параметров живучести железобетонных каркасов многоэтажных зданий .....	№3
<i>Колчунов В.И., Яковенко И.А.</i> Об учете эффекта нарушения сплошности в железобетоне при проектировании реконструкции предприятий текстильной промышленности .....	№3
<i>Алексашина В.В., Куранов П.Н., Дроздова О.А.</i> Обеспечение экологической безопасности строительства на градпромышленных территориях .....	№3
<i>Коробко В.И., Калаишиков М.О., Бухтиярова А.С.</i> Оценка жесткости балок при обследовании зданий текстильной промышленности вибрационными методами .....	№3
<i>Турков А.В., Макаров А.А.</i> Экспериментальные исследования систем перекрестных балок из деревянных элементов на динамические и статические нагрузки .....	№3
<i>Травуш В.И., Колчунов В.И., Дмитриева К.О.</i> Экспериментально-теоретическое исследование прочности и устойчивости сжатых стержней из древесины при силовом и средовом воздействии .....	№3
<i>Елин Н.Н., Макарычев А.Ф., Жуков Б.В.</i> Моделирование процесса термической очистки емкостей от остатков вязкопластичных жидкостей .....	№4

<i>Бутузов А.Б., Сухов В.Н.</i> Из опыта снижения шума на рабочих местах от инженерного оборудования (блендер) .....	№4
<i>Гусев В.П., Леденев В.И.</i> Проектирование оптимальной защиты от шумового воздействия систем ОВК в административных зданиях предприятий текстильной и легкой промышленности .....	№4
<i>Лешко М.Ю., Сидорина А.В.</i> Защита жилой застройки от шумового воздействия газовых станций	№4
<i>Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А.</i> Теплообмен на поверхности выступающих элементов наружных ограждений .....	№4
<i>Кочкин А.А., Шубин И.Л., Шашкова Л.Э., Кочкин Н.А.</i> Проектирование звукоизоляции слоистых элементов конечных размеров .....	№4
<i>Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Шубин И.Л.</i> Оценка распространения прямого звука от звукоизолирующих ограждений технологического оборудования текстильной и легкой промышленности .....	№4
<i>Смирнов В.А.</i> Особенности проектирования динамических гасителей для станков .....	№4
<i>Шмаров И.А., Земцов В.А., Гагарин В.Г., Коркина Е.В.</i> Влияние светопропускания энергосберегающих оконных блоков на соблюдение гигиенических требований .....	№4
<i>Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А., Киряткова А.В.</i> О регулировании звукоизоляции слоистых вибродемпфированных элементов .....	№4
<i>Тютиков В.В., Захаров В.М., Смирнов Н.Н., Лапатеев Д.А., Фламан Б.</i> Энергоэффективность применения прерывистого режима отопления и окон с теплоотражающими экранами в зданиях текстильных предприятий для условий России и Франции .....	№5
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н.</i> Функциональная система для теплообмена автономных текстильных производств воздушным тепловым насосом (ВТН) .....	№5
<i>Умнякова Н.П.</i> Теплообмен в вентилируемой воздушной прослойке вентфасадов с учетом коэффициента излучения поверхностей .....	№5
<i>Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ерышев В.А.</i> Расчетные зависимости для диаграммы деформирования арматуры с физической площадкой текучести .....	№5
<i>Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В., Иродова М.Р., Зайцева И.А.</i> Экономически эффективный воздухообмен в системе теплоснабжения тепловым насосом малоэтажных текстильных помещений .....	№5
<i>Колодяжный С.А., Шепс Р.А., Щукина Т.В.</i> Перспективы и последствия СИП-технологии для малоэтажного строительства .....	№5
<i>Федосов С.В., Гуцин А.В., Федосеева М.Ю., Крайнова А.Е.</i> Межфазный теплообмен в камерах тепловлажностной обработки материалов .....	№6
<i>Абишова А.С.</i> Устройство для очистки воздуха от тонкодисперсной пыли .....	№6
<i>Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Титунин А.А.</i> Исследование свойств лигноцеллюлозных волокон и отходов их переработки .....	№6
<i>Тамразян А.Г., Федорова Н.В.</i> Оценка надежности железобетонных конструкций, усиленных углепластиковым внешним армированием .....	№6
<i>Егоров С.А., Егорова Н.Е., Егорова Е.С., Мухин А.А.</i> Математическое моделирование процесса теплообмена швейной иглы .....	№6
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н.</i> Эффективное энерго- и теплоснабжение автономных текстильных производств .....	№6
<i>Моисеенко Р.П., Кондратенко О.О.</i> Оптимизация прямоугольных ребристых пластин с ограничением первой частоты собственных колебаний при управлении высотой и шириной поперечного сечения ребер .....	№6

### **Информационные технологии**

<i>Ивановский В.А.</i> Определение поперечного профиля нити в структуре трехмерной ткани .....	№1
<i>Севостьянов П.А., Ордов К.В., Самойлова Т.А., Монахов В.В.</i> Компьютерная модель изменения характеристик волокнистого материала в технологическом процессе .....	№1
<i>Блинов О.В., Годлевский В.А., Калинин Е.Н., Стулов С.А.</i> Перспективы применения и ограничения методов молекулярной динамики для описания межфазной границы в дисперсных системах – объектах текстильных технологий .....	№2
<i>Монахов В.В., Ордов К.В., Самойлова Т.А., Севостьянов П.А.</i> Компьютерное моделирование динамики износа и старения материалов в условиях нормальной эксплуатации .....	№3
<i>Коробко А.В., Савин С.Ю., Филатова С.А.</i> Определение жесткости и основной частоты колебаний заземленных по контуру пластинок .....	№3
<i>Коваленко Н.И., Буров М.С., Разин С.Н.</i> Автоматизированный расчет выхода длинного волокна льна в процессе трепания .....	№4
<i>Антонов А.И., Леденев В.И., Цукерников И.Е., Шубин И.Л.</i> Компьютерное моделирование акустических параметров производственных помещений предприятий текстильной промышленности .....	№4

<i>Кучарбаева К.Ж., Абдиманапова П.Б., Молдагажиева З.Д.</i> Разработка автоматизированной программы в процессе изготовления изделий .....	№4
<i>Кулажанов Т.К., Крученецкий В.З., Сибанбаева С.Е., Вязигин С.В., Сериккулова Ж.К.</i> О роли и месте интеллектуальных компьютерных средств в образовательном процессе .....	№4
<i>Елин Н.Н., Фомичева С.Г., Елина Т.Н., Мыльников В.А.</i> Моделирование процессов управления проектами на основе мультиагентных информационных технологий .....	№5
<i>Голубев А.С., Звягин М.Ю., Прокошев В.Г., Самойлова Л.И.</i> Иррегулярные упаковки фигур разных размеров и форм .....	№5
<i>Ершов С.В., Калинин Е.Н.</i> Влияние пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа .....	№6
<i>Сокова Г.Г., Киприна Л.Ю., Исаева М.В., Игель А.И.</i> Функционал "электронного ассистента" ИТР текстильного производства – информационной системы помощи для решения производственных вопросов .....	№6
<i>Мочалов Л.В., Дроздов В.Г., Ефремов А.С.</i> Управление процессом мяття при производстве длинного льноволокна .....	№6

### **Механика нити и полотен**

<i>Киселев А.М., Киселев М.В.</i> Проектирование гибких, ударопоглощающих оболочек при статическом и динамическом нагружениях .....	№1
<i>Щербаков В.П., Гончарова О.А., Полякова Т.И.</i> Ориентация петель в трикотаже .....	№2
<i>Грачев А.В., Щербаков В.П., Халезов С.Л.</i> Неровнота волокнистого потока, образованного на основе неоднородной марковской цепи .....	№3
<i>Щербаков В.П., Цветкова А.Е., Скуланова Н.С., Полякова Т.И., Халезов С.Л.</i> Вычисление ресурса высокомолекулярных и высокопрочных нитей при переработке на ткацком станке .....	№6

### **Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения**

<i>Торишин А.С., Третьякова А.Е., Сафонов В.В.</i> Производство тканых полотен с применением наночастиц висмута для защиты от воздействия СВЧ-излучения .....	№1
<i>Фраймович Д.Ю., Дмитриев Ю.А.</i> Поиск оптимальных решений в обрабатывающем секторе промышленности .....	№1
<i>Кулешова И.Н., Минников В.К.</i> Выделение социально-психологических особенностей коррупции в сфере высшего профессионального образования .....	№1
<i>Пушина Л.Ю.</i> Инновационный потенциал молодежи и задачи нравственного воспитания кадров для текстильной промышленности .....	№1
<i>Егоров С.А., Коробов Д.В., Свиридов И.А., Фомин Ю.Г.</i> Конструкция парогенератора .....	№1
<i>Плеханов А.Ф., Ильдаров Ш.А.</i> Исследование влияния К-циклов на формирование технологических укладов в мировом экономическом развитии общества на примере текстильной промышленности .....	№1
<i>Огурцов В.А., Алешина А.П., Огурцов А.В., Брик Е.Р.</i> Кинетика фракционирования мелкодисперсных сыпучих материалов с применением ситовых тканых полотен .....	№1
<i>Родионова Н.В.</i> История создания Куваевской ситценабивной мануфактуры .....	№2
<i>Демидов А.В., Ашин Н.М., Гребенкин А.Н., Туркина Н.Р., Мешкомаев В.Г.</i> Роль преподавателя при внедрении инклюзивного образования в вузе .....	№2
<i>Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Ибрагимов А.М.</i> Исследование интенсивности образования пылевидных отходов текстильных предприятий, используемых для производства строительных лигноцеллюлозных композиционных материалов .....	№2
<i>Садыкова Д.М.</i> Конвергенция искусственного и естественного в информационных технологиях ...	№2
<i>Цыбышева А.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> Организация нормирования показателей связанности нитей при производстве строительных геосинтетических материалов .....	№3
<i>Балыхин Г.А., Балыхина Т.М., Дембицкий С.Г., Свиридова А.Э.</i> Управление профессиональными компетенциями выпускника в российском и американском вузе .....	№4
<i>Дергилёва Е.Н., Бесчастнов Н.П.</i> Реклама изделий текстильной и легкой промышленности в масовых листовках и листовочных брошюрах .....	№4
<i>Волкова Н.Г.</i> Строительная климатология. Опыт технического нормирования .....	№4
<i>Окунев А.Ю., Левин Е.В.</i> Ошибки при тепловизионной съемке внутренних поверхностей ограждающих конструкций .....	№4
<i>Куприянов В.Н., Шафигуллин Р.И.</i> К вопросу об ослаблении электромагнитных волн ограждающими конструкциями зданий .....	№4
<i>Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Кубенин А.С., Пастушков П.П., Козлов В.В.</i> К методике расчета влияния ветровых воздействий на воздушный режим зданий .....	№4

<i>Низамова М.Н., Аухадиева З.Ж., Бессчетнова Л.В., Мизанбеков С.К., Сеитова Ф.З.</i> Формирование дискурсивной компетенции студентов специальностей текстильного профиля .....	№4
<i>Бессчетнова Л.В., Низамова М.Н.</i> Деривация как способ обогащения словаря студентов терминами текстильной промышленности .....	№4
<i>Мизанбеков С.К., Низамова М.Н., Сеитова Ф.З., Кульбаева А.Ж., Тлеулинова М.Б.</i> Использование информационно-образовательной среды в подготовке будущих специалистов для текстильной промышленности .....	№4
<i>Сеитова Ф.З., Жилисбаева Р.О., Тлеулинова М.Б., Тастанкулова К.Т., Базарова Д.А.</i> Особенности развития лексики системы размерных признаков, размерных инструментов и единиц измерения тела человека на материале английского и русского языков .....	№4
<i>Мизанбеков С.К., Кульбаева А.Ж., Егембердиева Г.М., Тастанкулова К.Т., Раева К.М.</i> Использование средств учебного телевидения при обучении профессиональному русскому языку будущих специалистов текстильного производства .....	№4
<i>Утесбаева Ж.М., Бессчетнова Л.В., Низамова М.Н.</i> Роль текстов в формировании коммуникативной компетенции студентов специальностей текстильной промышленности .....	№4
<i>Нурпеисова Г.М., Текеева Г.К., Смагулова Ш.К., Алматова Н.А., Еженова А.А.</i> Этимология терминов текстильной промышленности как средство развития языка специальности .....	№4
<i>Григорьева О.В., Нуржасарова М.А., Скарьдова В.Б.</i> Об эффективности использования инновационных технологий в учебном процессе .....	№4
<i>Мальшева О.В., Гусев Б.Н.</i> Совершенствование компьютерного метода определения структурных (геометрических) характеристик трикотажного полотна .....	№5
<i>Цитович И.Г., Галушкина Н.В.</i> Международные выставки ITMA – достижения в области инженерной мысли и эстетического дизайна .....	№5
<i>Романова К.Е., Квашина Н.А., Иродова М.Р.</i> Формирование профессиональной компетентности бакалавров – будущих экономистов в вузе в условиях социального партнерства .....	№5
<i>Сабитова А.М., Абилкалова К.К.</i> Международный конкурс молодых дизайнеров и модельеров "ЖАС - ОРКЕН" – современная платформа для развития дизайна .....	№5
<i>Зайцева И.А., Макара С.В., Ярашева А.В.</i> Анализ потребности в дополнительных образовательных услугах в текстильной промышленности .....	№5
<i>Тельный А.В., Монахов Ю.М., Монахов М.Ю.</i> Оценка защищенности информационных ресурсов организации от несанкционированного доступа нарушителей в здания и помещения .....	№5
<i>Тельный А.В., Монахов М.Ю., Монахов Ю.М.</i> Автоматизация оценки достаточности технических средств охраны и безопасности для защиты от несанкционированного доступа производственного объекта .....	№5
<i>Рощина С.И., Лисятников М.С., Мелехов В.И., Лабудин Б.В., Лукин М.В.</i> Применение высоких деревоклееных балок в покрытии зданий текстильных цехов .....	№5
<i>Разумеев Константин Эдуардович</i> .....	№5
<i>Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н.</i> Экологические и энергосберегающие технологии в текстильной и легкой промышленности .....	№6
<i>Щепочкина Ю.А.</i> Щелевой световод с разъемной тесьмой-молнией .....	№6
<i>Ерлыгина Е.Г., Штебнер С.В., Ползунова Н.Н.</i> Повышение качества жизни молодежи как фактор социально-экономического развития регионов .....	№6
<i>Моргунова Н.В., Моргунова Р.В., Филимонова Н.М.</i> Вопросы обеспечения развития текстильной промышленности молодыми кадрами .....	№6
<i>Петрухин А.Б., Закревская Л.В., Гандельсман А.И.</i> Упрочнение грунтового основания для сооружений нетканым геотекстильным материалом и пеностекляным щебнем .....	№6
<i>Виталова Н.М.</i> Применение эффективной теплоизоляции на основе торфоцемента при реконструкции текстильных предприятий .....	№6
<i>Игнатова Т.В., Грузинцева Н.А.</i> Основные аспекты развития текстильной промышленности в российских регионах .....	№6
<i>Федоров В.С., Устинов А.М., Копаница Д.Г., Клопотов А.А., Потеев А.И.</i> Исследования напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя в образце из стали методом корреляции цифровых изображений .....	№6
<i>Кудрявин Лев Александрович</i> .....	№6

Уважаемые читатели!

<i>Темирбеков Е.С., Джомартов А.А., Бостанов Б.О.</i> Экспериментальные исследования угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ .....	№6
<i>Сарттарова Л.Т., Ералиева М.Ж.</i> Анализ разработок в области автоматизации технологической подготовки производства .....	№6

<i>Мокеева Н.С., Нарibaева Э.К., Абилкамова К.К., Утеулиева М.О.</i> Принципы проектирования экологической продукции легкой промышленности .....	№6
<i>Сабитова А.М., Шайзаданова Г.С.</i> Разработка научно-обоснованных требований к специальной одежде для спасателей МЧС Республики Казахстан .....	№6
<i>Ганиева Г.А., Рыскулова Б.Р.</i> Исследование стойкости текстильных материалов спецодежды к нефти .....	№6
<i>Рустемова А.О., Нуржасарова М.А., Талгатбекова А.Ж., Сабитова А.М., Данадилова Ж.Е.</i> Процесс создания конструктивных решений одежды на основе модульного проектирования .....	№6
<i>Усенбеков Ж., Айдосова К.П., Жуматаева К.А.</i> Разработка способа отделки ткани одежды рисованием на поверхности жидкости .....	№6
<i>Епанчинцева С.Э., Джолдасбаева Г.К., Таипов Т.А.</i> Внешняя торговля товарами легкой промышленности Казахстана: основные тенденции и влияние на отрасль .....	№6
<i>Нарibaева Э.К., Отыншиев М.Б., Крученецкий В.З., Абилкамова К.К.</i> Изменение цвета овечьей шерсти по основным этапам переработки .....	№6
<i>Кучарбаева К.Ж., Абдиманова П.Б., Жолдыбаева М.Р.</i> Преобразование приемов трансформируемых деталей молодежной куртки в автоматизированной системе .....	№6
<i>Сеитова Ф.З., Аухадиева З.Ж., Мизанбеков С.К., Тлеулинова М.Б., Тастанкулова К.Т.</i> Инновационные технологии в обучении профессиональному английскому языку студентов специальностей легкой промышленности .....	№6

***Вниманию авторов!***

*Редакция принимает статьи и сопроводительные документы к ним, направленные только обычными письмами в адрес редакции журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности": 153000, г. Иваново, Шереметевский просп., 21, к. ГШ.352. Редакция журнала, ответственному секретарю.*

*Статьи и документы к ним должны быть оформлены согласно Правилам для авторов, которые публикуются в конце номера журнала.*

**Корреспонденция, направленная заказными письмами, не рассматривается.**

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

Редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал "Технология текстильной промышленности" серии "Известия вузов", руководствоваться следующими правилами.

1. Редакция принимает только статьи, содержащие оригинальный материал, соответствующий профилю журнала, нигде не опубликованные и не переданные в редакции других изданий. В статье должно быть представлено четкое изложение полученных автором результатов без повторения данных в тексте статьи, таблицах и рисунках.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным.

3. В редакцию представляются два экземпляра статьи. Объем статей с учетом таблиц не должен превышать 6 страниц текста, который располагается на одной стороне листа писчей бумаги белого цвета формата А4 (210×297 мм). Размер шрифта основного текста 12. Поля могут быть произвольными, но не менее 15 мм. Текст необходимо печатать через два интервала. К бумажному варианту статьи должен быть приложен идентичный вариант на электронном носителе. Текстовый редактор Word (формат \*.doc, \*.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат \*.psx, \*.bmp, \*.jpg).

4. Получить информацию по оформлению статей и списка литературы к ним можно на сайте журнала.

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13×18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без гляцевания) формата не менее 9×12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, адрес электронной почты (E-mail). Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) пристатейный библиографический список литературы, который должен быть оформлен: 1) на русском языке, 2) русскоязычный список в романском алфавите (латинице), 3) на английском языке;

д) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов), место работы и должность на английском языке.

8. Плата с аспирантов дневной формы обучения, выступающих единым автором работы, за публикацию статьи не взимается.

9. С целью ускорения публикаций статей переписку, связанную с исправлениями материалов, желательно осуществлять по электронной почте: E-mail: [ttp@ivgpu.com](mailto:ttp@ivgpu.com).

\* \* \*

Редакция обращает внимание авторов на необходимость соблюдения изложенных правил, что ускоряет прохождение статьи в производстве, сокращает время ее напечатания и способствует уменьшению ошибок и опечаток.

Статьи, отклоненные от публикации, не возвращаются.

Авторский гонорар не выплачивается.

РЕДАКЦИЯ