

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 2 (350)  
2014**

Издание Ивановского государственного политехнического университета.  
Текстильный институт

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

*Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ (д.т.н., проф.).*

Заместители главного редактора:

*Н.М. АШНИН (д.т.н., проф.),*

*Н.Л. КОРНИЛОВА (д.т.н., проф.),*

*Б.Б. СТРОГАНОВ (д.т.н., проф.).*

*Б.Н. ГУСЕВ (д.т.н., проф.),*

*В.Л. МАХОВЕР (д.т.н., проф.),*

*М.В. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.),*

*К.Э. РАЗУМЕЕВ (д.т.н., проф.).*

Члены редколлегии:

*Р.М. АЛОЯН*

*(чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.),*

*В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ (к.т.н., д.с.н.),*

*В.Н. БЛИНИЧЕВ (д.т.н., проф.),*

*В.В. ВЕСЕЛОВ (д.т.н., проф.),*

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ (д.т.н., проф.),*

*В.А. ЗАВАРУЕВ (д.т.н., проф.),*

*В.М. ЗАРУБИН (к.т.н., проф.),*

*Е.Н. КАЛИНИН (д.т.н., проф.),*

*А.М. КИСЕЛЕВ (д.т.н., проф.),*

*К.И. КОБРАКОВ (д.т.н., проф.),*

*А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ (д.т.н., проф.),*

*Н.А. КУЛИДА (д.т.н., проф.),*

*В.В. ЛЮБИМЦЕВ (д.т.н., проф.),*

*С.Д. НИКОЛАЕВ (д.т.н., проф.),*

*Ю.В. ПАВЛОВ (д.т.н., проф.),*

*С.В. ПАЛОЧКИН (д.т.н., проф.),*

*Е.Л. ПАШИН (д.т.н., проф.),*

*А.Б. ПЕТРУХИН (д.т.н., проф.),*

*К.М. ПИРОГОВ (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.),*

*П.Н. РУДОВСКИЙ (д.т.н., проф.),*

*В.В. САФОНОВ (д.т.н., проф.),*

*П.А. СЕВОСТЬЯНОВ (д.т.н., проф.),*

*Н.А. СМЕРНОВА (д.т.н., проф.),*

*Г.Г. СОКОВА (д.т.н., проф.),*

*А.П. СОРКИН (д.т.н., проф.),*

*Ф.Ю. ТЕЛЕГИН (д.х.н., проф.),*

*А.А. ТЕЛИЦЫН (д.т.н., проф.),*

*В.И. ТЕРЕНТЬЕВ (д.т.н., проф.),*

*С.В. ФЕДОСОВ*

*(академик РААСН, д.т.н., проф.),*

*А.В. ФИРСОВ (д.т.н., проф.),*

*В.Д. ФРОЛОВ (д.т.н., проф.),*

*И.Г. ЦИТОВИЧ (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.),*

*Ф.Н. ЯСИНСКИЙ (д.ф.-м.н., проф.).*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

Статьи печатаются в редакции авторов.

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

*Тел.: (4932) 93-78-87. Факс: (4932) 41-50-88.*

*E-mail: ttp@ivgpi.com*

*http://www.ti.ivgpi.com*

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.04.2014. Подписано в печать 25.04.2014. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 19,06; Усл. кр.-отт. 19,32. Заказ 109.

Тираж 400 экз.

"Известия вузов. Технология текстильной промышленности"  
Издание Ивановского государственного политехнического университета.

Текстильный институт

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.

E-mail: ttp@ivgpi.com

Издательско-полиграфический комплекс "ПресСто"

153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, оф. 307

Тел. (4932) 30-42-91, 30-43-07

E-mail: pressto@mail.ru

**Ministry of Education and Science  
of Russian Federation**

**PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**

**TEXTILE  
INDUSTRY  
TECHNOLOGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

**ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR**

**№ 2 (350)  
2014**

Published by Ivanovo State Polytechnic University  
Textile Institute

EDITORIAL BOARD

Chief editor

*G.I. CHISTOBORODOV (d.en.s., prof.)*

Deputy editors:

*N.M. ASHNIN (d.en.s., prof.),*

*B.N. GUSEV (d.en.s., prof.),*

*M.V. KISELEV (d.en.s., prof.),*

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

*V.L. MAKHOVER (d.en.s., prof.),*

*K.E. RAZUMEEV (d.en.s., prof.),*

*B.B. STROGANOV (d.en.s., prof.)*

Editorial board members:

*R.M. ALOYAN*

*(corr. memb. RAACS, d.en.s., prof.),*

*V.S. BELGORODSKII (c.en.s., d.soc.s),*

*V.N. BLINICHEV (d.en.s., prof.),*

*V.V. VESELOV (d.en.s., prof.),*

*V.F. GLASUNOV (d.en.s., prof.),*

*V.A. ZAVARUEV (d.en.s., prof.),*

*V.M. ZARUBIN (d.en.s., prof.),*

*E.N. KALININ (d.en.s., prof.),*

*A.M. KISELEV (d.en.s., prof.),*

*K.I. KOBRAKOV (d.en.s., prof.),*

*A.R. KORABELNIKOV (d.en.s., prof.),*

*N.A. KULIDA (d.en.s., prof.),*

*V.V. LYUBIMTSEV (d.en.s., prof.),*

*S.D. NIKOLAEV (d.en.s., prof.),*

*YU.V. PAVLOV (d.en.s., prof.),*

*S.V. PALOCHKIN (d.en.s., prof.),*

*E.L. PASHIN (d.en.s., prof.),*

*A.B. PETRUKHIN (d.en.s., prof.),*

*K.M. PIROGOV (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.),*

*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.P. SORKIN (d.en.s., prof.),*

*F.YU. TELEGIN (d.ch.s., prof.),*

*A.A. TELITSYN (d.en.s., prof.),*

*V.I. TERENT'EV (d.en.s., prof.),*

*S.V. FEDOSOV*

*(acad. RAACS, d.en.s., prof.),*

*A.V. FIRSOV (d.en.s., prof.),*

*V.D. FROLOV (d.en.s., prof.),*

*I.G. TSITOVICH (d.en.s., prof.),*

*L.P. SHERSHNEVA (d.en.s., prof.),*

*YU.S. SHUSTOV (d.en.s., prof.),*

*V.P. TSHERBAKOV (d.en.s., prof.),*

*S.S. YUKHIN (d.en.s., prof.),*

*F.N. YASINSKII (d.ph.-m.s., prof.)*

Executive secretary *S.L. KHALEZOV.*

The articles are published in authors' editions.

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

*Tel.: +7(4932)93-78-87, fax: +7(4932)41-50-88.*

*E-mail: ttp@ivgpu.com*

*http:// www.ti.ivgpu.com*

---

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 01.04.2014. Signed for printing on 25.04.2014. Format 60×84 ¼. Book/journal paper. Offset printing. 19.06 conventional sheets. 19.32 conventional. Order 109.

Circulation of 400.

---

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

Published by Ivanovo State Polytechnic University

Textile Institute

153000, Ivanovo, Sheremetev av., 21.

E-mail: ttp@ivgpu.com

Publishing-printing complex "PresSto"

153025, Ivanovo, Dzerdzinskogo, 39, of. 307

Tel. (4932) 30-42-91, 30-43-07

E-mail: pressto@mail.ru

УДК 687.03:677.072.6:338.3

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА ШВЕЙНЫХ НИТОК

## ECONOMIC ASPECTS OF A CHOICE OF SEWING THREADS

*И.Ю. БЕЛОВА, Н.А. МИНОФЬЕВА*  
*I.Yu. BELOVA, N.A. MINOFEVA*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: belovairina2012@mail.ru

*В работе дана экономическая оценка целесообразности использования российскими швейными предприятиями швейных ниток зарубежных фирм-производителей.*

*Given the economic assessment of the feasibility of using the Russian manufacturers of clothes sewing thread foreign producers.*

**Ключевые слова:** швейные нитки, ассортимент, фирмы-производители швейных ниток, взаимозаменяемость, качество, обрывность, затраты, потери, экономическая эффективность.

**Keywords:** sewing thread, the company manufacturers of sewing thread, sewing thread quality, production enterprises, economic efficiency.

В настоящее время швейные предприятия работают с большой гаммой артикулов тканей с разнообразным сырьевым составом, постоянно корректируя работу технологических потоков, используя современное высокоскоростное швейное оборудование. После внедрения новых технологий и оборудования швейные предприятия практически не используют швейные нитки отечественных фирм-производителей. Данная тенденция просматривается практически на всех предприятиях, вне зависимости от того – изготавливаются ли

швейные изделия на внутренний рынок, при этом конфекционирование материалов выполняют специалисты предприятий, или изделия отшиваются на экспорт (под заказ сторонних организаций внутри страны), и конфекцион поставляется заказчиком вместе с остальной документацией, сопровождающей заказ.

И если во втором случае использование ниток зарубежных фирм можно оправдать фразой – "заказчик всегда прав", то причины, по которым российские специалисты отказываются от швейных ниток отече-

ственного производства при самостоятельном конфекционировании, не совсем понятны. Постоянные жалобы самих же швейников на якобы очень низкое качество ниток, поставляемых из-за рубежа, ставят под сомнение справедливость такого выбора [1] и [2].

В понятие "низкое качество" швейники вкладывают показатель, характеризующий уровень обрывности игольной нитки при пошиве на высокоскоростном швейном оборудовании. Нормативно-техническая документация, регламентирующая качественные характеристики швейных ниток [3], данный показатель не учитывает, но именно этот показатель, в конечном итоге, лежит в основе выбора, так как постоянные перезаправки игольной нитки приводят к остановке оборудования и потере рабочего времени.

Под понятие "низкое качество" ("некачественные") попали нитки неизвестных зарубежных фирм-производителей (Basic, New Era, Golden Rose, Linix, Sewmaster и т.п.) с высоким уровнем обрывности игольной нитки, показатели свойств которых значительно ниже требований российских стандартов и соответственно аналогов, выпускаемых российскими предприятиями [3]. Эти нитки на сегодняшний день имеют самую низкую цену закупки.

Под понятие швейные нитки "высокого качества" попали нитки известных на мировом рынке фирм-производителей швейных ниток, таких как Gutermann, Amann, Madeira (Германия), Coats (Великобритания) и др. Указанные нитки практически не обрываются на высокоскоростном современном оборудовании, поэтому нет и потерь, связанных с ликвидацией обрывов.

С целью обоснования целесообразности (нецелесообразности) выбора швейными предприятиями ниток известных на мировом рынке фирм-производителей нами выполнен расчет экономической эффективности использования швейных ниток различного производства для изготовления швейных изделий всего ассортиментного спектра продукции (на примере данных швейного предприятия НШЗАО "Маяк", г.Н.Новгород).

## Методика расчета

1. Общий расход ниток ( $O_{p.n}$ ), м:

$$O_{p.n} = V_r P H_{изд}, \quad (1)$$

где  $V_r$  – годовой объем выпуска продукции по ассортименту, ед.;  $P H_{изд}$  – расход ниток на изделие, м.

2. Стоимость ниток на весь выпуск ( $CH_{B_r}$ ), руб.:

$$CH_{B_r} = \frac{O_{p.n} C_{пн}}{2500}, \quad (2)$$

где  $C_{пн}$  – оптово-отпускная цена ниток за 2500 м, руб.

3. Потери, связанные с низким качеством ниток.

3.1. Время потерь на ликвидацию обрывов, ч.

3.1.1. При использовании отечественных ниток:

$$T_{потерь} = \frac{O_{p.n}}{100 \cdot 3} \cdot 4 \frac{t_{устр.обр}}{3600}, \quad (3)$$

где 3 – коэффициент, характеризующий соотношение длины строчки и расход ниток (на 100 м строчки расходуется примерно 300 м ниток);  $t_{устр.обр}$  – условное время на устранение одного обрыва (время на перезаправку),  $t_{устр.обр} = 30$  с; 4 – среднее количество обрывов отечественных ниток на 100 м строчки.

3.1.2. При использовании "некачественных" зарубежных ниток:

$$T_{потерь} = \frac{O_{p.n}}{100 \cdot 3} \cdot 10 \frac{t_{устр.обр}}{3600}, \quad (4)$$

где 10 – среднее количество обрывов "некачественных" зарубежных ниток на 100 м строчки.

Данные по уровню обрывности швейных ниток разных фирм-производителей были получены в результате проведения лабораторных исследований, а также пас-

сивного эксперимента, проводимого на предприятиях России (г. Н.Новгород и Иваново).

3.2. Потери, связанные со стоимостью ниток из-за увеличения их расхода в результате обрыва (ПН).

Показатель рассчитывался для отечественных ниток и зарубежных "низкого качества", руб.

По данным ЦНИИШП каждый обрыв связан с дополнительным расходом ниток (на заправку игольной нитки, концевые остатки, выполнение закрепки). На это расходуется от 40 до 60 см ниток, следовательно, на 4 обрыва – от 1,6 до 2,4 метров, а на 10 обрывов – от 4 до 6 метров.

Принимаем за среднее значение для 4 обрывов – 2 метра, для 10 обрывов – 5 метров, тогда потери ниток (ПН) в стоимостном выражении составят:

$$ПН_1 = \frac{D_1 O_{P.H.}}{100 \cdot 3} \text{ и } ПН_2 = \frac{D_2 O_{P.H.}}{100 \cdot 3}, \quad (5)$$

где  $D_1 = \frac{C_n \cdot 2}{2500}$  и  $D_2 = \frac{C_n \cdot 5}{2500}$ ;  $D_1$  — потери ниток в стоимостном выражении на 2 метра ниток;  $D_2$  — потери ниток в стоимостном выражении на 5 метров ниток.

В табл. 1 представлены данные, характеризующие потери предприятия связанные с дополнительным расходом швейных ниток низкого качества, необходимым на устранение обрывов и исправление качества выполненных технологических операций, а также потери, связанные с нерациональным использованием основного рабочего времени швей, вынужденных затрачивать рабочее время на устранение обрывов.

Т а б л и ц а 1

Время на ликвидацию обрывов игольной нитки на годовой выпуск, ч (отечественные нитки)	Время потерь на ликвидацию обрывов игольной нитки на годовой выпуск, ч (зарубежные нитки "низкого качества")	Потери, связанные с низким качеством ниток, руб.	
		для отечественных ниток	для зарубежных ниток "низкого качества"
16235,05	46070,01	18528,6	30924,28

В табл. 2 приведены результаты сравнительного анализа затрат и потерь пред-

приятия при использовании им различных ниток.

Т а б л и ц а 2

Затраты предприятия на закупку швейных ниток, тыс.руб.		Потери предприятия, тыс.руб. *	Итого, затраты предприятия на закупку швейных ниток с учетом потерь, тыс.руб.	Перерасход, тыс.руб.
Зарубежные "качественные" нитки	3837,3	-	-	-
Нитки отечественных производителей	2730,3	2154,2	4884,5	1047,2
Зарубежные "некачественные" нитки	1970,3	4358,6	6328,9	2491,6

П р и м е ч а н и е. \* Потери предприятия складываются из затрат на перерасход ниток по причине необходимости устранения обрывов и недополученной прибыли, по причине снижения производительности труда швей.

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что, несмотря на высокую цену закупки и стоимость (3,84 млн. руб.) зарубежных ниток "высокого качества", их можно рекомендовать швейным предприятиям России. В связи со стабильным качеством ни-

ток отсутствуют обрывы и повышается производительность труда, за счет чего предприятие может получить увеличение выпуска продукции, а следовательно, повысить эффективность производства.

Данные табл. 1 и 2 позволяют сделать вывод, что использование зарубежных ниток "низкого качества" для изготовления изделий массового производства не способствует снижению затрат предприятия на закупку сырья.

Расходы, связанные с приобретением отечественных ниток с учетом затрат на исправление брака, связанных с обрывами нитки и необходимостью переделки технологической операции (полностью для отделочных строчек), а также потери предприятия от недополученной прибыли, составляют 4,88 млн. руб., а аналогичные расходы и потери для зарубежных ниток "низкого качества" – 6,33 млн. руб. Таким образом, можно сделать вывод, что работать с отечественными поставщиками швейных ниток швейникам выгоднее, чем закупать импортные швейные нитки "низкого" качества (табл. 2).

## ВЫВОДЫ

Полученные данные подтверждают, что зарубежные нитки "высокого качества" стоят дороже, но с учетом высокого каче-

ства этой продукции предприятие экономит на том, что использует их без остатка, и, самое главное, рационально использует рабочее время и повышает производительность труда, что способствует росту эффективности производства в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белова И.Ю., Чельшев А.М. Российская одежда на зарубежных нитках, когда же этому придет конец? // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс 2006). – Иваново: ИГТА, 2006.
2. Белова И.Ю., Чельшев А.М. Швейные нитки – на чем остановить свой выбор // Тез. докл. Междунар. науч.-тех. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс 2010):– Иваново: ИГТА, 2010. С. 220...221
3. ГОСТ 6309–93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия.
4. Белова И.Ю., Колотилова Г.В. Швейные нитки: ассортимент, нормирование расхода: справочное пособие. – Иваново: ИГТА, 2009.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 04.12.13.

УДК 658.5

## ОЦЕНКА ПРОЕКТОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

## EVALUATION OF PROJECTS WHEN PLANNING TECHNOLOGICAL AND INNOVATIONS ON TEXTILE ENTERPRISES

*Е.А. АНАНИЧЕВ, А.В. АРХИПОВ, Н.В. ПИШКО*  
E.A. ANANICHEV, A.V. ARKHIPOV, N.V. PISHKO

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна; ООО "Альянс СПб")  
(Saint Petersburg State University of Technology and Design; "Alliance – SPB")

E-mail: aarhipov@list.ru

*В статье рассматривается подход к построению и использованию оценок инновационных проектов технологической направленности при планировании развития предприятий. Предлагается использовать в этом качестве показатели технологического уровня производства. Даны рекоменда-*



*ции по выбору показателей и методике их применения при сравнительном анализе и оценке проектов.*

*In this article is considered the approach to the construction and use of assessments of innovative projects with a technological orientation, while planning the development of enterprises. It is proposed to use in this capacity indicators of technological level of production. Recommendations on the choice of indicators and methods of their use in comparative analysis and assessment of projects are given.*

**Ключевые слова:** инновационные проекты, планирование, технологический уровень, функции полезности.

**Keywords:** innovative projects, planning, technological level, the utility function.

Планирование развития предприятия на основе внедрения инноваций имеет свою специфику по сравнению с другими направлениями плановой работы. Эта специфика, в первую очередь, обусловлена влиянием факторов неопределенности на состав и величину ожидаемых затрат и результатов и, следовательно, на показатели эффективности инноваций. Этот факт общеизвестен и отражен во всех руководствах по инновационному менеджменту [1], [2]. Меньшее внимание уделяется обоснованию способа оценки инновационных проектов, претендующих на включение в план развития предприятия. В данной статье формулируются предложения по построению и использованию многомерных оценок проектов при планировании технологических инноваций.

Анализ литературы показывает, что под развитием предприятия "по умолчанию" подразумевают экономическое развитие, выдвигая соответственно в качестве целей требования к будущему экономическому состоянию предприятия, и в качестве критериев – экономические абсолютные и/или относительные показатели его деятельности в будущем – объем продаж, прибыль, рентабельность активов, или финансовые показатели, такие, например, как прибыль на акцию. Часто такие же цели и критерии предлагаются и для задач планирования инновационного развития. Основанием для этого, очевидно, является то, что развитие на основе внедрения инноваций также понимается как экономическое раз-

витие, которое проявляется в экономических результатах будущей деятельности. Такой взгляд в некоторых случаях вполне допустим. Однако при оценке и выборе инновационных проектов технологической направленности с использованием в качестве критериев ожидаемых экономических оценок деятельности необходимо иметь значительно более точное описание связи характеристик инноваций (инновационных проектов) с экономическими показателями, чем можно получить в реальности в силу опосредованного характера этой связи. Таким образом, если даже принять возможным получение на этапе планирования достаточно точных оценок будущей экономической деятельности предприятия, выделить в них составляющую, обусловленную внедрением рассматриваемой инновации, то есть ожидаемый экономический результат внедрения, представляется весьма проблематичным. Если принять во внимание прогнозный характер затрат, то оценку эффективности инновации приходится признать искаженной и, возможно, неприемлемой. По нашему мнению, такие оценки должны дать представление о внутреннем экономическом потенциале инновации, но в общем случае они не могут быть использованы для оценки, сравнения и выбора мероприятий при разработке плана инновационного развития. Для этого должны быть выдвинуты цели и соответствующие им критерии, непосредственно зависящие от характеристик инноваций (инновационных проектов). Так, в

частности, при рассмотрении технологических инноваций в качестве цели может быть выдвинуто требование повышения технологического уровня (или технологического потенциала) производства (предприятия). Подчеркнем, что технологический уровень (потенциал) характеризует свойство предприятия как производственной системы, но не его текущую деятельность, которая, как отмечалось, может быть более или менее успешной в зависимости от действия внешних и внутренних факторов, не связанных с рассматриваемыми инновациями.

Возникает вопрос об измерении технологического уровня производства. В литературе представлены различные точки зрения на этот вопрос и предложены различные показатели [1], [2]. Часто предлагаемые подходы имеют, по нашему мнению, очевидные недостатки (отсутствует информационное обеспечение расчетов, состав частных показателей не определен, показатели "разнородны", способы построения интегральных показателей не обоснованы и пр.). Технологический уровень производства проявляется в двух направлениях. Первое связано с возможностью получения продукции с определенными потребительскими свойствами, второе – с уровнем использования производственных ресурсов. Рекомендуется для характеристики технологического уровня производства использовать многомерную оценку в виде вектора частных показателей, отражающих составляющие двух указанных направлений. Для измерения частных показателей следует использовать натуральные единицы, что позволит исключить влияние цен на продукцию и ресурсы. Так, например, при анализе инновационного проекта внедрения новой технологии производства плечевых накладок методом формования в качестве характеристик потребительских свойств, зависящих от технологии, могут быть использованы формоустойчивость и несминаемость изделий [3]. В роли частных показателей использования ресурсов могут быть использованы затраты производственных площадей, энергии, материалов, труда на

единицу продукции. Для всех указанных показателей известны способы и единицы измерения.

Следует также отметить важную особенность показателей, характеризующих инновационные проекты, состоящую в том, что их значения имеют, как правило, невысокую точность, что обуславливает неопределенность данных для планирования. Одним из ключевых вопросов при описании инновационных проектов является определение состава и способов измерения их характеристик – потенциальных результатов и ожидаемых затрат. Общая идея построения описаний проектов состоит в последовательном расширении и уточнении данных при переходе к очередной стадии проектирования инноваций. Но состав, вид и характерная точность показателей могут существенно зависеть от класса инноваций. В работе [3] приводятся группы оценок результатов технологических инноваций. Первую группу составляют результаты в форме изменений функциональных (технических, технологических) характеристик производственного процесса и на этой основе – свойств продукта, влияющих на его потребительную ценность. Вторую группу составляют результаты, отражающие изменения в эффективности использования ресурсов. Использование оценок указанных показателей на стадии информационного описания инновации и с соответствующими дополнениями – на стадии инновационных предложений и проектов – позволяют оценить экономический потенциал инновации и экономический эффект инновационного проекта, реализуемого в условиях конкретного предприятия. При этом вследствие значительного числа используемых показателей практически неизбежным является использование многомерных оценок проектов, что привносит дополнительные трудности в разработку модели и процедуры планирования развития предприятия. Задача приобретает многокритериальный характер с усилением роли субъективного фактора в процедуре выбора окончательного варианта плана. Одним из способов контроля за ходом процесса вы-

бора может быть анализ устойчивости множества проектов к вариации значений их оценок. Такой подход предполагает задание исходных данных о проектах в виде интервалов возможных значений их оценок, по существу, отражающих точность задания параметров проектов. После этого к анализу устойчивости решений может быть применена идеология интервального анализа и статистического моделирования. Анализ устойчивости результатов в задачах выбора, а значит и планов развития предприятий, представляется необходимым и важным элементом методологии планирования инноваций [5].

Использование многомерных оценок неизбежно требует указания относительной ценности (полезности) для субъекта приращений различных критериев. Это условие представляется неотъемлемым атрибутом задач планирования в сфере инноваций. Отразить неравноценность изменения показателей можно введением функций полезности, зависящих от значений критериев [4]. Если критерии максимизируются, то функции полезности имеют вид неубывающих функций. Обозначив функции полезности значений частных показателей исходного состояния технического уровня и значений, ожидаемых в результате реализации  $i$ -го проекта, соответственно через  $f_{0j}$  и  $f_{ij}$  ( $j=1,2,\dots,n$ ), можем рассчитать приращения частных (локальных) функций полезности  $\Delta f_{ij} = f_{ij} - f_{0j}$ . В общем случае приращения будут иметь различные знаки, что отражает характерную противоречивость результатов инновационных проектов: некоторые показатели улучшаются, при этом другие – ухудшаются. Например, при внедрении технологии изготовления деталей одежды методом формования сокращаются затраты труда, при этом увеличиваются энергозатраты.

При анализе и сопоставлении проектов между собой с использованием частных критериев и их приращений по отношению к исходному состоянию возможна следующая группировка проектов. Первую группу составят проекты, дающие поло-

жительные приращения по всем введенным в модель критериям, то есть проекты, безусловно, прогрессивные. Если таких проектов несколько, то предпочтение, очевидно, следует отдать Парето-эффективным вариантам [4]. Вторую группу составят проекты, дающие отрицательные приращения по всем критериям. По этому формальному признаку их следует исключить из дальнейшего рассмотрения. В третью группу войдут проекты, дающие для одних критериев положительные, а для других – отрицательные приращения. Такие проекты требуют, как представляется, проведения дополнительного анализа.

## ВЫВОДЫ

1. При планировании технологических инноваций рекомендуется в качестве непосредственной цели использовать требование максимального повышения технологического уровня (потенциала) производства при имеющихся ресурсных ограничениях.

2. Для оценки технологического уровня рекомендуется использовать показатели, характеризующие потребительские свойства продукции (зависящие от технологии изготовления), и показатели использования ресурсов. Показатели рекомендуется измерять в натуральных единицах (абсолютных или удельных, на единицу продукции).

3. Для введения в модель информации о предпочтениях субъекта относительно будущих состояний производственной системы рекомендуется использовать функции полезности, определяемые субъектом на множестве значений критериев.

4. Анализ и сравнение проектов рекомендуется вести на уровне частных критериев технологического развития с привлечением понятия Парето-эффективности. При этом удобной формой учета неопределенности данных является интервальное задание значений показателей проектов с последующим анализом устойчивости множества Парето-оптимальных вариантов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Аньшин В.М., Дагаев А.А.* Инновационный менеджмент: Концепции, многоуровневые стратегии и механизмы инновационного развития. – 3-е изд., перераб., доп. – М.: Дело, 2007.
2. *Мухамедьяров А.М.* Инновационный менеджмент. – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2008.
3. *Архипов А.В., Пишко Н.В.* Формирование структуры инновационного проекта изготовления швейных изделий методом формования // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2010, №1. С. 3...8.

4. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ./ Под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1981

5. *Ананичев Е.А.* Измерение потенциальной эффективности инновационных проектов// II Межд. научн.-практ. конф.: Инновационное развитие России: проблемы и перспективы. – 2013. С. 65...90.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов СПГУТД. Поступила 28.10.13.

УДК 004.942: 519.868: 332.14

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ В ТЕКСТИЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

#### PREDICTION OF FINANCIAL DECISIONS IN TEXTILE CLUSTERS BASED ON SIMULATION

*М.А. БУШУЕВА, М.А. БРОДОВСКИЙ, Д.И. КОРОВИН, Н.Н. МАСЮК*  
*M.A. BUSHUEVA, M.A. BRODOVSKY, D.I. KOROVIN, N.N. MASYUK*

(Российский государственный торгово-экономический университет (Ивановский филиал),  
Ивановский государственный энергетический университет,  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса)  
(Russian State University of Trade and Economics (Ivanovo Branch),  
Ivanovo State Power University,  
Vladivostok State University of Economics and Service)  
E-mail: bushuev@dsn.ru; dmitriyikorovin@list.ru; masyukn@yahoo.com

*В работе описана математическая модель кластера, апробированная на данных предприятиях текстильной отрасли. Для моделирования поведения участников кластера применена теория игр, исходные данные получены с текстильных предприятий Ивановской и Волгоградской областей. Построенная модель подтверждает возможность существования кластера при выполнении условий, позволяющих участникам кластера перераспределять финансовые потоки путем назначения внутрикластерных передаточных цен для достижения долгосрочных финансовых выгод.*

*The article describes a mathematical model of the cluster, and applied to data of the textile industry. To simulate the behavior of cluster members applied game theory, the raw data obtained from the Ivanovo textile enterprises and the Volgograd region. Constructed model confirms the possibility of the existence of the cluster under the conditions that enable the participants cluster redistribute financial flows by destination intracluster transfer prices in order to achieve long-term financial benefits.*

**Ключевые слова:** кластер, текстильный кластер, финансовые потоки, финансовые уступки, локальный компромисс, модель кластера, теория игр, согласование интересов.

**Keywords: cluster textile cluster, cash flows, financial concessions, local tradeoff, cluster model, game theory, coordination of interests.**

Ранее в [1] авторами был предложен метод принятия финансовых решений, позволяющий подтвердить обоснованность утверждения о том, что участие предприятий в кластере определяется готовностью руководства предприятий идти на финансовые уступки предприятиям – участникам кластера.

На основе приведенных в вышеуказанной работе рассуждений опишем математическую модель кластера в текстильной отрасли.

Все переменные, относящиеся к трем этапам технологической цепочки – прядение, ткацкое производство и отделочное производство, пронумеруем индексами 1, 2, 3. Введем обозначения:  $PI_1$  – средняя цена закупки единицы материалов для прядения;  $PO_i$  – средняя цена приведенной единицы продукта  $i$ -го сегмента на внешнем рынке;  $I_i$  – постоянные издержки  $i$ -го сегмента. Показатели нестабильности производства, определяющие потери, по сути, являются мультипликативными показателями. Поэтому будем принимать их скалярами, близкими к 1. Пусть  $g_{i1}$  – нестабильность, связанная с закупками;  $g_{i2}$  – технологическая нестабильность;  $g_{i3}$  – нестабильность, связанная с продажами  $i$ -го предприятия;  $V_i$  – объем закупаемых материалов;  $RV_i$  – реальный объем выпуска продукции  $i$ -го сегмента;  $K_i$  – технологический коэффициент, равный отношению объемов готовой продукции к объемам ресурсов и материалов на

входе в  $i$ -й технологический процесс. Для удобства введем символы  $f_i = g_{i1}g_{i2}g_{i3}$  – коэффициент нестабильности всего производственного цикла  $i$ -го сегмента.

Для решения задачи нам необходимо смоделировать ожидаемые показатели прибыли (ЕВИТ) в ситуациях, когда все три предприятия работают по отдельности ( $prof_1, prof_2, prof_3$ ); когда предприятия объединяются в кластеры попарно ( $prof_{12}$  – прядение и ткачество,  $prof_{23}$  – ткачество и отделка,  $prof_{13}$  – прядение и отделка); и, наконец, ожидаемый показатель деятельности кластера –  $prof_{123}$ .

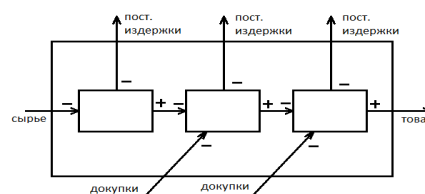


Рис. 1

Учитывая снижение нестабильности, возникающее в случае создания "кластерных" отношений между предприятиями, возникновение необходимости докупки части ресурсов, зависящих от размера контрактных обязательств, на внешнем рынке (нами произведена оценка объема такого рода поставок в размере 5%, (рис. 1 – схема организации материальных и финансовых потоков (знак "минус" указывает на отток денежных средств, "плюс" – на приток))), текущие показатели прибыли предприятий будут считаться по следующим формулам:

$$\begin{aligned} prof_1 &= VK_1 f_1 PO_1 - VPI_1 - I_1, \\ prof_2 &= VK_1 K_2 f_2 PO_2 - VK_1 PO_1 - 0,05VK_1 PO_1 (1 - f_1) - I_2, \\ prof_3 &= VK_1 K_2 K_3 f_3 PO_3 - VK_1 K_2 PO_2 - 0,05VK_1 K_2 PO_2 (1 - f_2) - I_3, \\ prof_{12} &= VK_1 K_2 PO_2 f_{12} - VPI_1 - I_1 - I_2 - 0,05VK_1 PO_1 (1 - g_{11}g_{12}), \end{aligned}$$

где  $f_{12} = g_{22}g_{23}$ , поскольку нестабильности, связанные с покупками и продажами между этими предприятиями в случае реализации "кластерных", долгосрочных взаимоотношений, минимальны.

Также здесь учитываются затраты 2-го предприятия на докупку объема сырья, ко-

$$prof_{23} = VK_1 K_2 K_3 PO_3 f_{23} - VK_1 PO_1 - I_2 - I_3 - 0,05VK_1 PO_1 (1 - f_1) - 0,05VK_1 K_2 PO_2 (1 - g_{21}g_{22}),$$

торый недопоставил 1-й сегмент из-за нестабильности, связанной с закупками, и технологической зависимостью ( $g_{11}$  и  $g_{12}$  соответственно). Аналогичным образом получаем формулу для предприятий 2 и 3, объединенных в группу:

где  $f_{23} = g_{32}g_{33}$ . Поскольку предприятия 1 и 3 непосредственно не связаны между собой, мы используем следующую формулу:

$$\text{prof}_{13} = \text{prof}_1 + \text{prof}_3.$$

$$\text{prof}_{123} = VK_1K_2K_3PO_3f_{123} - VPI_1 - I_1 - I_2 - I_3 - 0,05VK_1PO_1(1 - g_{11}g_{12}) - 0,05VK_1K_2PO_2(1 - g_{22}),$$

где  $f_{123} = g_{32}g_{33}$ , поскольку отсутствуют нестабильности, связанные с покупками и продажами между сегментами, а нестабильность первого и второго сегмента учитываются за счет докупок, которые требуется выполнять 3 сегменту.

В действительности цены на ресурсы являются динамическими величинами. Поэтому в модели решено было использовать для их прогнозирования методы стохастической имитации. Таким образом, модель является имитационной.

Для описания изменения цен была принята модернизированная модель ценообразования Кокса-Росса-Рубинштейна.

В этом случае для каждого  $t$  (номера месяца), принимающего значения  $0,1,2,3, \dots$ , цены будут случайными функциями, определяемыми как

$$PI_1(t) = PI_1(0)e^{\sum_{k=1}^t x_k},$$

где  $x_k$  – нормально распределенная величина,

$$PO_i(t) = PO_i(0)e^{\sum_{k=1}^t y_{ik}},$$

где  $y_{ik}$  – нормально распределенная величина.

Параметры нормальных распределений нами выбраны, исходя из статистических данных о ценах на затраты и товары всех трех производственных этапов за период 2010-2012 годов. Реализация случайных величин производилась с помощью счетчика псевдослучайных чисел, генерирующего равномерное распределение на отрезке  $[0;1]$  и преобразования Смирнова [2].

Таким образом рассчитывались значения всех переменных за каждый из 12 месяцев. Далее вычислялись средние показатели за год  $\overline{PI}_1$ ,  $\overline{PO}_3$  и суммарные показатели за год:

И, наконец, формула для группы, состоящей из сегментов 1, 2 и 3, будет выглядеть так:

$$P_i = \sum_{t=1}^{12} \text{prof}_i(t), P_{ij} = \sum_{t=1}^{12} \text{prof}_{ij}(t) \text{ и} \\ P_{123} = \sum_{t=1}^{12} \text{prof}_{123}(t).$$

Для получения устойчивых результатов данная процедура нахождения годовых значений повторялась многократно до тех пор, пока изменения средних значений по всем повторениям не становились незначительными. В момент такой стабилизации стохастический имитационный процесс останавливался.

На следующем этапе решался вопрос о нахождении размеров передаточных цен между участниками кластера таким образом, чтобы предприятиям кластера было выгодно в нем участвовать. Для этого было решено прибегнуть к аппарату теории игр, а именно к задаче определения ядра Шепли. Таким образом, нам необходимо найти распределение прибыли между тремя предприятиями ( $x$  – прибыль 1-го предприятия;  $y$  – прибыль 2-го предприятия;  $z$  – прибыль 3-го предприятия) так, чтобы им была выгодна совместная деятельность.

Для  $x, y, z$  получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} x &= RV_1a_x - VPI_1 - I_1, \\ y &= RV_2a_y - RV_1a_x - I_2 - s_1PO_1, \\ z &= RV_3PO_3 - RV_2a_y - I_3 - s_2PO_2, \end{aligned}$$

где  $a_x, a_y$  – передаточные цены между первым и вторым и вторым и третьим предприятиями соответственно,  $PI_1, PO_3, I_1$  – описанные выше показатели,  $RV_1 = VK_1g_{11}g_{12}$ ;  $RV_2 = VK_1K_2g_{22}$ ;  $RV_3 = VK_1K_2K_3g_{32}g_{33}$ ;  $s_1 = 0,05VK_1(1 - g_{11}g_{12})$ ;  $s_2 = 0,05VK_1K_2(1 - g_{22})$ .

Из условия, что  $x, y, z$  являются значениями "выигрышей" в ядре Шепли, мы также получаем еще уравнение:

$$\text{prof}_{123} = x + y + z.$$

Таким образом, у нас получается 5 неизвестных и 4 уравнения, но последнее уравнение из системы можно исключить, поскольку оно является суммой трех первых уравнений. Отсюда следует, что нам требуется выбрать 2 свободных переменных, чтобы получить решение системы. Удобно выбрать именно  $a_x$ ,  $a_y$ , поскольку только эти переменные могут изменяться в случае образования кластера его участниками. Из условия, что  $x$ ,  $y$ ,  $z$  являются значениями "выигрышей" в ядре Шепли, у нас возникает система неравенств:

$$x \geq \text{prof}_1, \quad y \geq \text{prof}_2, \quad z \geq \text{prof}_3,$$

$$\begin{aligned} \text{prof}_1 &\leq RV_1 a_x - VPI_1 - I_1 \leq \text{prof}_{123} - \text{prof}_{23}, \\ \text{prof}_2 &\leq RV_2 a_y - RV_1 a_x - I_2 - s_1 PO_1 \leq \text{prof}_{123} - \text{prof}_{13}, \\ \text{prof}_{12} &\leq RV_2 a_y - VPI_1 - I_1 - I_2 - s_1 PO_1 \leq \text{prof}_{123} - \text{prof}_3. \end{aligned}$$

Теперь преобразуем эти неравенства

так, чтобы выразить  $a_x$ ,  $a_y$ :

$$\begin{aligned} \frac{\text{prof}_1 + VPI_1 + I_1}{RV_1} &\leq a_x \leq \frac{\text{prof}_{123} - \text{prof}_{12} + VPI_1 + I_1}{RV_1}, \\ \frac{\text{prof}_{12} + VPI_1 + I_1 + I_2 + s_1 PO_1}{RV_2} &\leq a_y \leq \frac{\text{prof}_{123} - \text{prof}_3 + VPI_1 + I_1 + I_2 + s_1 PO_1}{RV_2}, \\ \text{prof}_2 + I_2 + s_1 PO_1 &\leq RV_2 a_y - RV_1 a_x \leq \text{prof}_{123} - \text{prof}_{13} + I_2 + s_1 PO_1. \end{aligned} \quad (*)$$

В случае, если пара передаточных цен  $a_x$ ,  $a_y$  попадает в область, определяемую этими неравенствами, кластер будет существовать.

В результате применения данной модели с реальными данными (табл. 1 – исходные данные имитационного моделирования),

полученными при обследовании группы предприятий Ивановской и Волгоградской области в 2009-2012 гг., включающими прядильное, ткацкое и отделочное производство, нами получены следующие результаты.

Таблица 1

Начальные значения рыночных цен				Постоянные издержки			Значения коэффициентов нестабильности								
PI1	PO1	PO2	PO3	I1	I2	I3	g11	g12	g13	g21	g22	g23	g31	g32	g33
139	157	38	60	9000	9800	17000	0,9	0,95	0,8	0,95	0,95	0,8	0,9	0,95	0,9

В табл. 2 представлены рассчитанные средние показатели прибыли за месяц, а в

табл. 3 – расчетные коэффициенты.

Таблица 2

Рассчитанные средние показатели прибыли за месяц							Приведенные объемы в усл.ед.		
PROF1	PROF2	PROF3	PROF12	PROF23	PROF13	PROF123	RV1	RV2	RV3
13082	6560,5	54069	109076,6	213067	67151	299699	1282,5	8835	7951,5

Таблица 3

Расчетные коэффициенты					Расчетный объем
S1	S2	K1	K2	K3	V
10,875	23,25	1,5	6,2	1	1000

Было проведено 43776 вычислений расчетных параметров, после чего было

принято решение об остановке имитационного процесса ввиду стабилизации

средних показателей рассчитываемых величин  $P_1, P_2, P_3, P_{12}, P_{23}, P_{13}, P_{123}$ .

Значения передаточных цен, вычисленных по модельным принципам, удовлетворяют системе неравенств (рис. 2 – границы допустимой области для пары передаточных цен):

$$131,8 \leq a_x \leq 264, \quad 30,4 \leq a_y \leq 45,86,$$

$$18068 \leq -1283a_x + 8835a_y \leq 244055,8.$$

Решение этих неравенств дает нам множество точек допустимой области.

Таким образом, назначение цен, которые соответствуют точкам, лежащим внутри допустимой области, приводит к увеличению прибыльности предприятий

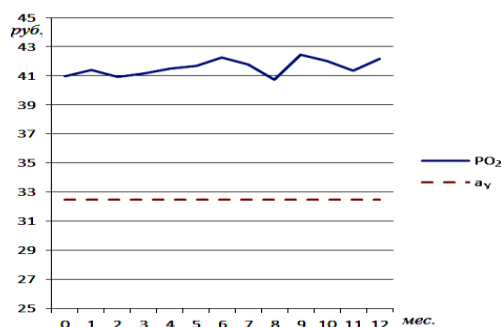
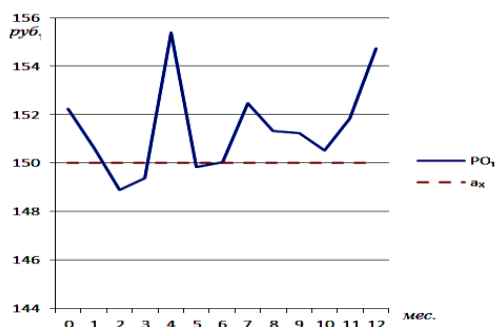


Рис. 3

Так, в случае назначения цен  $a_x=150$ ,  $a_y=32,5$  (рис. 3 – пример назначения цен из допустимой области) средняя месячная прибыль для первого предприятия в составе кластера в 2,44 раза выше ожидаемой прибыли первого предприятия, которую оно могло бы получить без вхождения в кластер; в 12,66 раз выше для второго и в 3,42 раза для третьего предприятий (графики траекторий изменения цен на внешнем рынке в сравнении с установленными в кластере передаточными ценами на рис. 3). Столь высокие результаты возникают ввиду того, что существенные изменения цен на ресурсы приводят к отрицательным значениям прибылей  $P_1, P_2$  и  $P_3$ , в то время как при вступления в кластер отрицательные значения  $P_{123}$  наблюдаются крайне редко. (В действительности менеджмент предприятий в случае существенного роста цен на ресурсы, возможно, изменил бы плановые задания и тем самым ограничил бы убытки, что в построенной модели не предусмотрено).

В качестве эксперимента в модели были изменены величины волатильности изменения рыночных цен на сырье для прядильного производства на 10%. В этом

при условии их совместного функционирования в рамках кластера. Данные цены не должны меняться в течение прогнозируемого периода (12 месяцев).

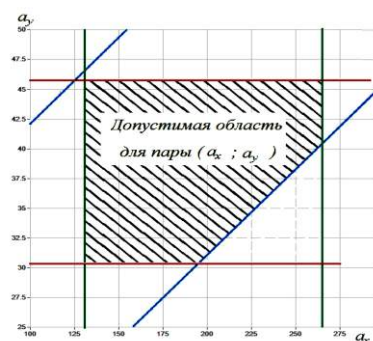


Рис. 2

случае допустимая область стала пустой (система неравенств (\*) оказалась несовместной). Это значит, что создание и сохранение кластера на принципах, описанных нами, в данном случае можно признать нерациональным.

## ВЫВОДЫ

Построенная модель указывает на возможность определения кластера, основанного на выполнении условий, позволяющих участникам кластера перераспределять финансовые потоки в локальной системе с учетом минимальных требований внешних рынков для достижения финансовых выгод.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуева М.А., Масюк Н.Н., Коровин Д.И. Локальный компромисс как основа принятия финансовых решений в кластере (на примере текстильного кластера) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С.35...41.
2. Егоров В.Н., Коровин Д.И. Основы экономической теории надежности производственных систем. – М.: Наука, 2006.

Рекомендована кафедрой финансов ТИ ИВГПУ. Поступила 10.01.14.



УДК 677.027.162

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТКАНЫХ ПОЛОТЕН**

**THE EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON PHYSICAL AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS**

*А.Н. БИЗЮК, С.В. ЖЕРНОСЕК, В.И. ОЛЬШАНСКИЙ, Н.Н. ЯСИНСКАЯ*  
*A.N. BIZIUK, S.V. ZHERNOSEK, V.I. OLSHANSKIY, N.N. YASINSKAYA*

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)  
(Vitebsk State Technological University, Belarus)  
E-mail: vstu@vstu.vitebsk.by

*В работе проведено исследование влияния СВЧ-сушки на изменение показателей качества натуральных и синтетических тканей, получены математические модели, отражающие зависимость показателей качества от режимов СВЧ-сушки.*

*In this paper we studied the effect of microwave drying on the change of indicators of quality natural and synthetic fabrics, obtained mathematical model, reflecting the dependence of the quality of the modes of microwave drying.*

**Ключевые слова:** СВЧ-сушка, тканые полотна, показатели качества, капиллярность, разрывная нагрузка и разрывное удлинение.

**Keywords:** microwave drying, woven fabrics, quality indicators, capillarity, breaking strength and elongation at break.

Целью работы являлось исследование влияния СВЧ-сушки на изменение показателей качества льняных и полиамидных тканых полотен: разрывной нагрузки, разрывного удлинения, показателей капиллярности и усадки. Проведен полный факторный эксперимент с двумя изменяемыми факторами и тремя уровнями варьирования [1]. В качестве изменяемых факторов выбраны: мощность СВЧ-излучения и время сушки. Для определения уровней варьирования факторов проведен предва-

рительный эксперимент, результаты которого представлены в табл. 1. Для сушки материалов использовалась СВЧ-установка с максимальной мощностью 900 Вт и рабочей частотой 2450 МГц.

В табл. 2 приведены некоторые обобщенные результаты оценки показателей качества, отражающие характер изменений этих показателей относительно значений, получаемых при конвективном способе сушке.

Таблица 1

Уровни проведения эксперимента	Натуральные значения i-го фактора		Кодированные значения i-го фактора	
	X <sub>1</sub> (мощность, Вт)	X <sub>2</sub> (время, мин)	X <sub>1</sub> (мощность, Вт)	X <sub>2</sub> (время, мин)
Основной уровень фактора	600	3	0	0
Интервал варьирования фактора	300	1	1	1
Верхний уровень фактора	900	4	+1	+1
Нижний уровень фактора	300	2	-1	-1

Таблица 2

Ткани	Показатель капиллярности, мм за 60 мин		Показатель линейной усадки, %		Разрывная нагрузка, 0,5 Н		Разрывное удлинение, мм	
	конв.	СВЧ	конв.	СВЧ	конв.	СВЧ	конв.	СВЧ
Льняные	51	81	5,2	8,3	81	75	10,8	18,5
Полиамидные	167	165	0,3	2,7	184,6	225	17	22

Из табл. 2 можно сделать вывод, что СВЧ-сушка увеличивает показатели капиллярности и усадки для исследованных образцов льняного материала. Получены

статистически значимые математические модели зависимости капиллярности льняного материала от варьируемых факторов и усадки:

$$Y_1 = -31,5X_1 + 15,89X_1^2 - 23X_2 + 7,72X_2^2 + 13,08X_1 \times X_2^2 + 8,92X_1^2X_2,$$

$$Y_2 = -0,79X_1 - 0,34X_2 + 0,53X_2^2.$$

На рис. 1 представлены поверхности отклика моделей зависимостей капилляр-

ности (а) и усадки (б) от варьируемых факторов.

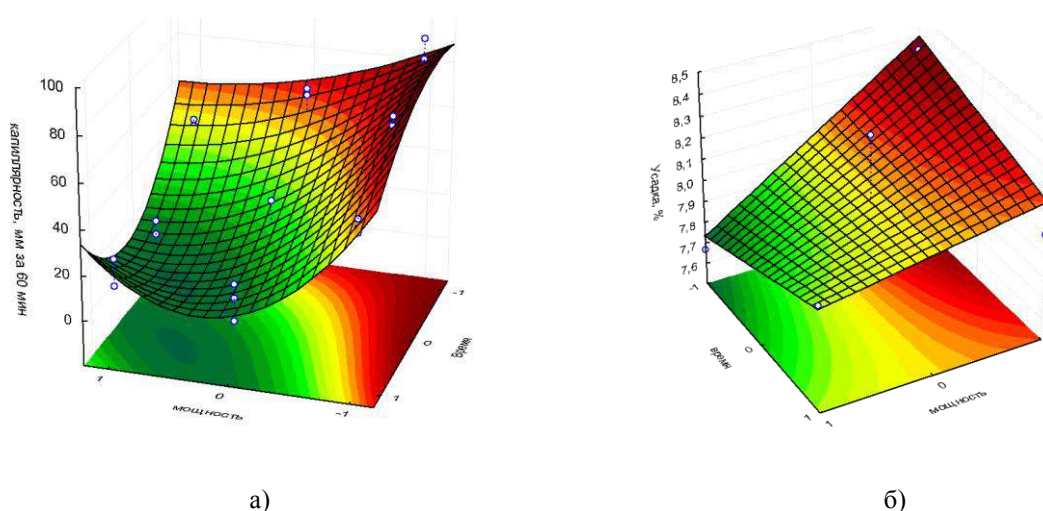


Рис. 1

На поверхности суровых тканей содержатся гидрофобные загрязнения, которые препятствуют проникновению влаги в волокно [2]. Для их удаления обычно используют процесс отварки. В исследуемом

процессе увеличение капиллярности по сравнению с образцом, высушенным конвективным способом, можно объяснить частичным разрушением гидрофобных примесей в процессе СВЧ-нагрева, а также

эффектом увеличения радиуса капилляров вследствие расклинивающего действия молекул воды при запаривании. Однако увеличение продолжительности СВЧ-обработки и мощности СВЧ-излучения приводит к уменьшению капиллярности образцов льняного материала, вплоть до практически полного исчезновения, что может быть вызвано уменьшением среднего радиуса капилляров [3].

В процессе смачивания льняного материала происходит усадка за счет набухания волокон. При диэлектрическом способе сушки нагревание воды внутри пор волокна до закипания создает режим запаривания, что приводит к более полной усадке материала. Одновременно происходит частичная релаксация внутренних напряжений волокон. При увеличении мощности СВЧ-излучения и продолжительности сушки происходит полное удаление влаги

из материала, и значение усадки незначительно уменьшается (рис. 1-б). Однако даже минимальные значения усадки, полученные в результате СВЧ-сушки льняных образцов, превышают значения, полученные при конвективном способе сушки, тем самым усадка проходит более полно, чем при традиционных методах сушки.

Наблюдаемое уменьшение разрывной нагрузки образцов льняного материала, подвергнутых СВЧ-сушке, может быть вызвано повышением хрупкости и частичным разрушением волокон из-за полного удаления воды. В процессе усадки уменьшаются силы сцепления и силы трения, действующие между волокнами. Это позволяет волокнам сдвигаться относительно друг друга, поэтому разрывное удлинение обработанных образцов выше, чем у необработанных.

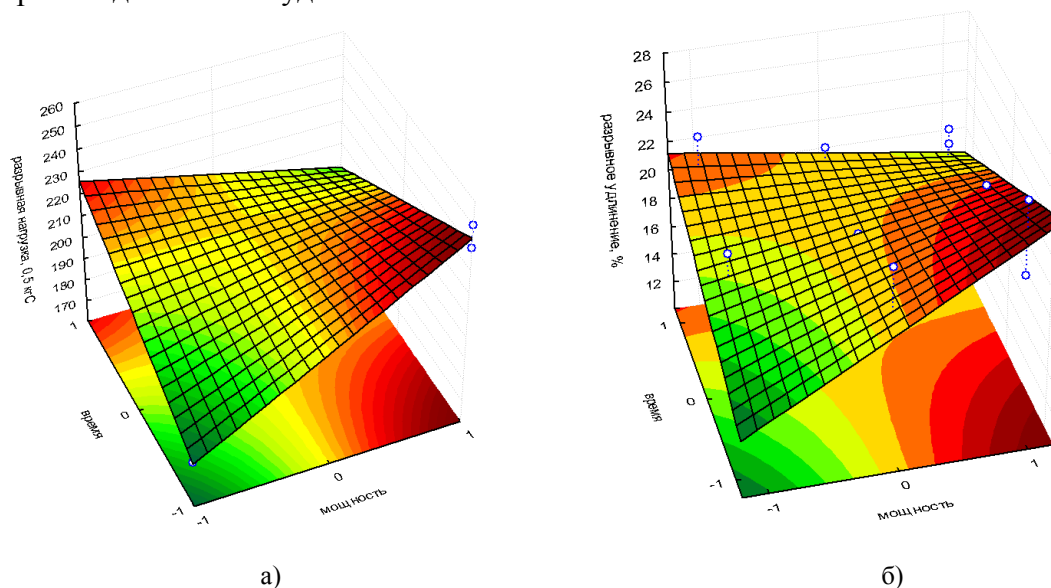


Рис. 2

Воздействие электромагнитных волн СВЧ-диапазона на материал из полиамидных волокон оказывает большее влияние на прочностные свойства: разрывная нагрузка и разрывное удлинение. Математическая модель зависимости разрывной нагрузки от варьируемых факторов имеет вид  $Y_3 = 14,75X_1 - 26,88X_1X_2$ , а разрывного удлинения:  $Y_4 = 1,75X_1 - 2,5X_1X_2$ . На рис. 2 представлены поверхности отклика моде-

лей зависимостей разрывной нагрузки (а) и разрывного удлинения (б) от варьируемых факторов.

При увеличении мощности и продолжительности процесса СВЧ-сушки полиамидного материала происходит релаксация внутренних напряжений под влиянием электромагнитных волн, связанная с подвижностью кинетически независимых участков макромолекул (амидных групп) и обусловленная обрывом с последующим

восстановлением водородных связей в положении, характеризующемся более низкой потенциальной энергией, достигается свободная усадка волокон [4].

Воздействие электромагнитных волн на надмолекулярную структуру полиамидных волокон приводит к повышению степени ориентации кристаллитов, поперечные размеры которых могут в зависимости от времени обработки и мощности СВЧ-излучения как увеличиваться, так и уменьшаться. Изменения надмолекулярной структуры элементарных волокон оказывают влияние на их механические свойства. В результате эксперимента наблюдалось увеличение разрывной нагрузки до 20%, удлинения при разрыве – до 29%.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что при сушке тканей из целлюлозных волокон с использованием электромагнитных волн СВЧ-диапазона происходит улучшение капиллярных свойств по сравнению с конвективным способом. Однако при увеличении мощности и продолжительности воздействия ка-

пиллярность уменьшается за счет уменьшения радиуса капилляров.

2. Установлено, что СВЧ-нагрев позволяет получить большую усадку ткани при заключительной отделке за счет полноты протекания релаксационных процессов по сравнению с традиционными методами сушки, также увеличиваются разрывная нагрузка и разрывное удлинение тканей из полиамидных волокон.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2007.
2. Шустов Ю.С. Основы текстильного материаловедения. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2007.
3. Браславский В.А. Капиллярные процессы в текстильных материалах. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

Рекомендована кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства. Поступила 01.04.13.

УДК 677.021.166:677.072:658.562

## ОЦЕНКА РАДИАЛЬНОЙ НЕРОВНОТЫ СМЕШАННОСТИ ВОЛОКОН В СЕЧЕНИИ ХЛОПКОЛАВСАНОВОЙ ПРЯЖИ

### ESTIMATION OF THE RADIAL UNEVEN TO WHICH THE FIBERS IN THE CROSS-SECTION OF COTTON AND POLYESTER YARN

О.А. МЯКИШЕВА, С.В. ПАВЛОВ  
O.A. MIAKISHEVA, S.V. PAVLOV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: mt@igta.ru

*Проведена оценка радиальной неравномерности хлопколавсановой пряжи с использованием традиционного и компьютерного способов, показавшие высокую воспроизводимость результатов измерений.*

*An assessment of the radial irregularity of yarn from cotton and polyester with the use of traditional and computer methods, showed the high reproducibility of the measurement results.*

**Ключевые слова:** радиальная неравномерность, смешивание, волокно, пряжа, коэффициент миграции.

**Keywords:** radial non-uniformity, mixing, fiber, yarn, migration rates.

Сущность процесса смешивания заключается в равномерном распределении волокон с разными свойствами внутри каждого компонента и в равномерном распределении волокон каждого компонента во всей смеси. В перечень основных показателей, оценивающих смешивание волокон, различающихся по своим свойствам, входят радиальная неровнота и коэффициент (индекс) миграции [1]. Величина этих показателей определяет свойства и внешний вид пряжи. Однако в настоящее время эти показатели затруднительно использовать в лабораторных условиях текстильных предприятий ввиду их высокой трудоемкости. Поэтому основной задачей исследования являлась разработка компьютерного метода, позволяющего увеличить скорость и точность проведения и оценки исследования неровноты волокон в пряже.

В качестве объекта измерения была принята хлопколавсановая пряжа Т = 18,5 текс, полученная на пневмомеханических прядильных машинах БД-200-М69. Для оценки радиальной неровноты первоначально необходимо было получить поперечный срез пряжи. Для этого исследуемая пряжа заливалась раствором эпоксидного клея. После затвердевания на приборе ультразвуком УМТ-2 стеклянным ножом делали срез, который в дальнейшем фотографировали при увеличении 200<sup>x</sup>.

Первоначально для оценки радиальной неровноты использовали методику, описанную в [1]. Для этого на распечатанном изображении поперечного сечения определяли расстояние между центром пряжи и

центром сечения сначала волокон хлопка, а затем лавсана. Получив значения расстояний, далее определяли неравномерность удаления волокон по выражению

$$c = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - r_{cp})^2}{n-1}}}{r_{cp}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $r_i$  – расстояния между  $i$ -ми волокнами компонента относительно центра пряжи, мм;  $r_{cp}$  – среднее расстояние между центрами пряжи и волокнами компонента, мм;  $n$  – количество волокон компонента.

Значение радиальной неровноты хлопка составило  $C_{хл} = 50\%$ , а лавсана  $C_{лав} = 41,5\%$ .

Радиальную неровноту обоих компонентов в сечении пряжи определяли по выражению

$$C_{общ} = \frac{(C_{хл} + C_{лав})}{2} = 45,8\%. \quad (2)$$

Таким образом, радиальная неровнота смешанности волокон хлопка и лавсана в пряже имеет высокое значение.

При оценке коэффициента миграции изображение сечения пряжи согласно [1] было поделено на пять кольцевых зон равной ширины, в которых было подсчитано количество волокон хлопка и лавсана и общее число волокон. Далее определяли моменты расположения волокон в зонах. Значения представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Показатели	Номер зоны					Общее число волокон
	1	2	3	4	5	
Величина смещения зон	-2	-1	0	1	2	-
Число хлопковых волокон	5	19	26	31	23	104
Число лавсановых волокон	3	4	5	6	10	28
Общее число волокон в зонах	8	23	31	37	33	132

Далее вычисляли коэффициент миграции  $K_m$ , значение которого для хлопковых волокон составило 10,4%, а для лавсановых волокон 5,1%. Результаты означают, что миграция хлопковых и лавсановых волокон происходит в наружные слои пряжи, однако в сравнении с хлопковыми волокнами миграция лавсановых волокон во внутренние слои происходит более интенсивно.

Компьютерные измерения позволяют сократить время получения и обработки результатов измерения [2], поэтому для уменьшения времени и трудозатрат на получение и обработку результатов измерения радиальной неровности была разработана компьютерная программа, позволяющая в автоматическом режиме учитывать неравномерность расстояний между центром сечения пряжи и центрами волокон

каждого компонента. Для этого оператор по требованию программы определял границы сечения пряжи, необходимые для расчета ее центра. Получив центр сечения пряжи, оператор вручную отмечает волокна, расстояние до которых программа автоматически замеряет, после чего по требованию оператора рассчитывает радиальную неровность волокон компонентов смеси. Для хлопка она составила 54%, а для лавсана 46%. Среднее значение радиальной неровности составило 50%.

Для оценки коэффициента миграции программа в автоматическом режиме, имея границы и центр сечения пряжи, делит сечение на пять зон одинаковой ширины. Далее оператор по требованию программы выделяет первоначально волокна одного компонента, а затем другого (рис.1).

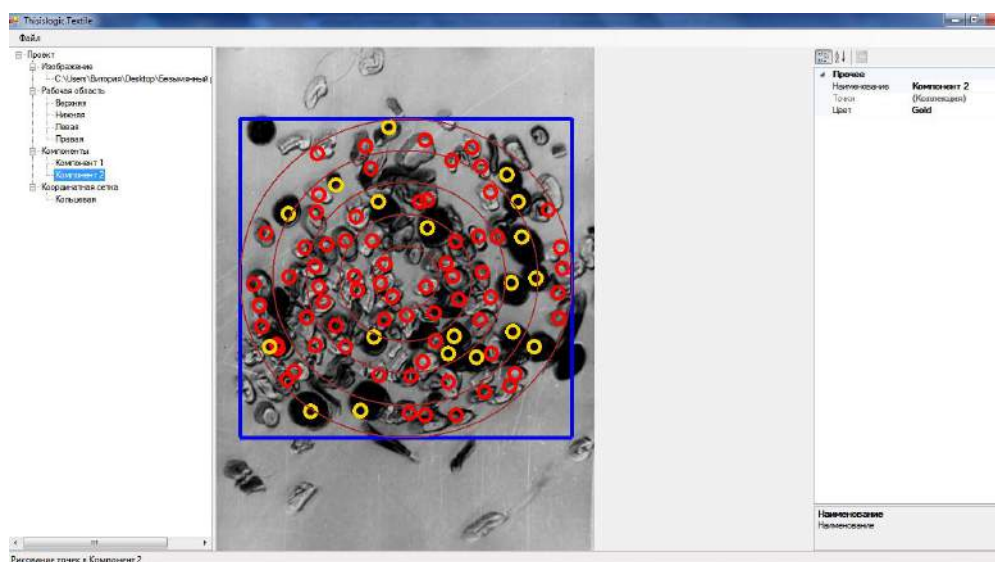


Рис.1

Программа автоматически учитывает количество волокон каждого компонента, попавших в определенную кольцевую зону, и рассчитывает итоговое значение коэффициента миграции, которое для хлопковых волокон составило 8,3%, а для лавсановых 5%.

Таким образом, компьютерный способ подтверждает исследования радиальной неровности и коэффициента миграции, проведенные традиционным ручным способом, и сокращает время полу-

чения и обработки данных расположения волокон в сечении пряжи.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка радиальной неровности хлопколавсаной пряжи. Выявлено, что неровность смешанности волокон хлопка и лавсана в пряже имеет высокое значение, миграция хлопковых и лавсановых волокон происходит в наружные слои пряжи, однако в сравнении с хлопковыми

волокнами миграция лавсановых волокон во внутренние слои происходит более интенсивно.

2. Разработана компьютерная методика по оценке радиальной неравномерности смешанности волокон в поперечном сечении пряжи, показавшая высокую воспроизводимость и точность с меньшими трудо- и времязатратами по сравнению с традиционным способом оценки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

2. Гончаренко Ю.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С.25...27.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии. Поступила 16.09.13.

УДК 539.434:677.494

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОУСАДКИ ПОЛИОЛЕФИНОВОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НИТИ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

### THE RESEARCH AND PROGNOSIS OF SHRINKING PROCESS OF THE MODIFIED POLYOLEFIN FILAMENT WITH THE SHAPE MEMORY EFFECT

*О.В. РЫМКЕВИЧ, Е.С. ЦОБКАЛЛО, О.А. МОСКАЛЮК*  
*O.V. RYMKEVICH, E.S. TSOBKALLO, O.A. MOSKALYUK*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)  
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)  
E-mail: Olga.Rymkevich@gmail.com

*Рассмотрены изменения продольных размеров синтетической полиэтиленовой термоусаживаемой мононити с эффектом памяти формы в различных температурно-временных режимах. Исследованы деформационно-прочностные характеристики мононити в зависимости от температуры и времени выдерживания в печи. Предложена модель, позволяющая описать процесс усадки мононити с эффектом памяти формы.*

*The change of longitudinal sizes of the synthetic polyethylene monofilament with the effect of shape memory in the different temperature-temporal modes has been considered. The temperature and time dependence of annealing in the oven of the deformation and strength characteristics of the monofilament have been investigated. The microhardness of the monofilament has been defined. The model, allowing to describe the shrinking process of monofilament with the effect of shape memory has been proposed.*

**Ключевые слова:** эффект памяти формы, полиолефиновая модифицированная мононить, коэффициент продольной усадки, деформационно-прочностные характеристики, спектр поглощения.

**Keywords: the shape memory effect, modified polyolefin monofilament, coefficient of longitudinal shrinkage, deformation and strength characteristics, absorption spectrum.**

Целью работы является исследование усадки и механических свойств полимерной термоусаживаемой синтетической нити с эффектом памяти формы; разработка физической модели термоусадки.

Объектом исследования является полимерная синтетическая мононить черного цвета с линейной плотностью при комнатной температуре  $T=60$  текс и диаметром  $d=0,24$  мм, являющаяся основным термоусаживаемым компонентом текстильного полотна InnoSHRINK XTFS производства фирмы Innotect. Для изучения химического состава мононити были проведены исследования методом инфракрасной (ИК) спектроскопии. ИК-спектр поглощения был получен на инфракрасном Фурье-спектрометре Vertex-70 фирмы Bruker (Германия) в диапазоне  $5000...500$  см<sup>-1</sup>.

В ИК-спектре нити были выделены следующие характерные полосы поглощения, соответствующие различным видам колебаний:  $2916$  см<sup>-1</sup> – валентные антисимметричные колебания группы –CH<sub>2</sub>-;  $2850$  см<sup>-1</sup> – валентные симметричные колебания группы -CH<sub>2</sub>-;  $1738$  см<sup>-1</sup> – валентные колебания группы C=O;  $1470$  см<sup>-1</sup> – деформационные ножничные колебания группы -CH<sub>2</sub>-, характеризует аморфную и кристаллическую фазы;  $717$  см<sup>-1</sup> – деформационные маятниковые колебания группы -CH<sub>2</sub>-, характеризует аморфную и кристаллическую фазы. По полученному спектру поглощения можно утверждать, что исследуемый объект – полиолефиновая нить, модифицированная с помощью поперечных сшивок.

После исследования химического состава полиолефиновая модифицированная мононить подвергалась температурному воздействию в диапазоне температур  $100...200^{\circ}\text{C}$ . Температура плавления (вязкотекучести) немодифицированного ПЭ составляет порядка  $115...125^{\circ}\text{C}$  [1]. Исследуемая мононить подвергалась нагреванию до  $200^{\circ}\text{C}$ . Отсутствие размягчения мононити при таких высоких температурах объяс-

няется наличием сшивок – поперечных химических связей между цепочками макромолекул. Изменение геометрических размеров связано не только с температурой, но и со временем теплового воздействия при данной температуре. Для проведения экспериментов были выбраны следующие времена теплового воздействия:  $1...20$  минут. Нагревание нити осуществлялось в электропечи SNOL 58/350. В качестве характеристики степени термоусадки нити исследовалось изменение ее продольных размеров ( $\epsilon_{\text{прод}}$ ). Контролировали также и изменение диаметра при температурно-временных воздействиях, то есть изменение поперечных размеров нити [2].

Температурные воздействия, приводящие к большим значениям термоусадки, несомненно, приводят и к изменению механических свойств материалов. Исследование механических свойств проводилось на универсальной установке Instron-1122. Из диаграмм растяжения нити, подвергнутой термоусадке в различных температурно-временных режимах и потом охлажденной до комнатной температуры, были определены следующие деформационно-прочностные характеристики: начальный модуль упругости ( $E_0$ ), разрывное напряжение ( $\sigma_p$ ) и относительное разрывное удлинение ( $\epsilon_p$ ).

В исследуемом температурном диапазоне  $100...200^{\circ}\text{C}$  был определен коэффициент продольной усадки термоусаживаемой ПЭ мононити. Коэффициент продольной усадки  $\epsilon_{\text{прод}}$  определялся следующим образом:

$$\epsilon_{\text{прод}} = \left| \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} \right| \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $\ell_0$  – начальная длина нити;  $\ell$  – длина нити после усадки.

На рис. 1 приведена зависимость коэффициента продольной усадки мононити от времени теплового воздействия при различных ( $100...200^{\circ}\text{C}$ ) температурах [2].



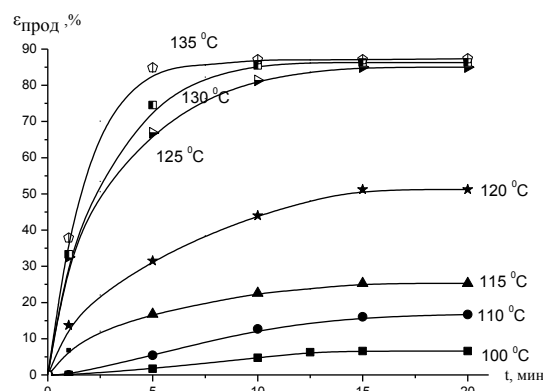
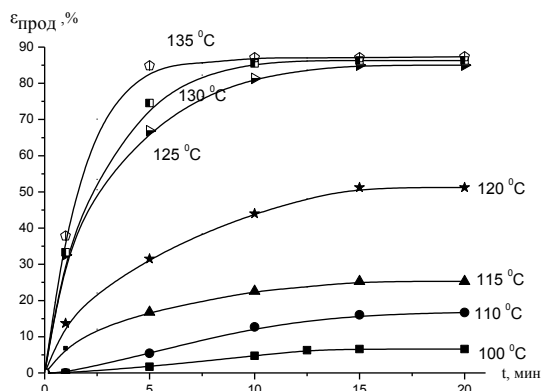


Рис. 1

Физические процессы, которые лежат в основе термоусадки материала – конформационные транс-гош переходы, обеспечивающие переход полимерных макромолекулярных цепей из квазиравновесного более вытянутого (ориентированного) состояния в исходное равновесное состояние, характеризующееся более свернутым состоянием макромолекулярных цепей. Энергетическая диаграмма процесса термоусадки изображена на рис. 2 (зависимость энергии состояния  $U$  от растяжения полимера).

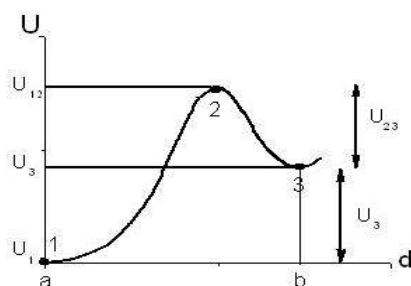


Рис. 2

Известно, что кинетические характеристики кооперативных конформационных переходов в ПЭ имеют следующие значения:  $E_0=30...70$  кДж/моль; предэкспоненциальный множитель  $-10^{-6}...10^{-7}$  [3], [4]. Такая величина  $E_0$  объясняется тем, что изменение размеров полимеров (деформация, ползучесть, усадка и пр. изменение размеров) связано не с одиночными гош-транс и транс-гош переходами (энергия активации которых для ПЭ равна  $12...15$  кДж/моль), а с осуществлением одновре-

менно нескольких конформационных переходов в сегментах макромолекул.

Произведем оценку высоты барьера  $U_{12}$ , используя уравнение Аррениуса [4...6]:

$$U_{32} = RT \ln \frac{t}{t_0}, \quad (2)$$

где  $t$  – время реализации полной усадки при заданной температуре;  $t_0$  – предэкспоненциальный множитель;  $U_{32}$  – энергия активации процесса термоусадки;  $R$  – универсальная газовая постоянная ( $8,31$  Дж/(К моль));  $T$  – температура, К.

Подставив соответствующие значения, получаем  $U_{32}=65...68$  кДж/моль. Полученное значение энергии активации процесса термоусадки у полимеров с эффектом памяти формы подтверждает, что физические механизмы, лежащие в основе этого эффекта, состоят в протекании корпоративных конформационных переходов из вытянутого состояния макромолекул (квазиравновесного состояния 3) в состояние устойчивого структурного равновесия (состояние 1).

Зависимости коэффициента продольной усадки полиолефиновой модифицированной мононити от времени теплового воздействия, представленные на рис. 1, имеют затухающий характер и могут быть описаны экспоненциальным законом регрессии [7]:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{нас}} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau(T)}}\right), \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – значение коэффициента усадки нити при данной температуре в момент времени  $t$ ;  $\varepsilon_{\text{нас}}$  – максимально возможное значение коэффициента термоусадки нити при данной температуре;  $t$  – время теплового воздействия при определенной температуре;  $\tau = f(T)$  – время релаксации

процесса, то есть время, необходимое для перехода через потенциальный барьер  $U_{32}$ . В табл. 1 указаны значения коэффициентов максимальной продольной деформации и соответствующие им значения времен релаксации  $\tau$ .

Таблица 1

Температура, T°С	$\varepsilon_{\text{нас}}$ , %	$\tau$ , мин	Температура, T°С	$\varepsilon_{\text{нас}}$ , %	$\tau$ , мин
115	25	4,76	150	88	2,0
120	51	3,7	165	88	1,5
125	85	2,7	180	88	1,1
130	86	2,4	190	88	0,7
135	87	2,2	200	88	0,27

Для исходной полиолефиновой модифицированной мононити с эффектом памяти формы получены следующие характеристики: разрывное напряжение  $\sigma_p = 290$  МПа, разрывная деформация  $\varepsilon_p = 24$  %, модуль упругости  $E_0 = 17$  МПа. Значения разрывных напряжений у исследуемой термоусаживаемой полиолефиновой мононити на порядок выше, чем у обычной полиолефиновой нити, в частности, для полиэтилена высокого давления значения

разрывного напряжения  $\sigma_p$  лежат в интервале 9...16 МПа, для полиэтилена низкого давления 15...45 МПа [8], что связано с наличием поперечных сшивок между макромолекулами полиэтилена.

На рис. 3 и 4 представлены зависимости начального модуля упругости и разрывной деформации нити, подвергнутой воздействию различных (100...200°С) температурно-временных режимов и охлажденной до 20°С.

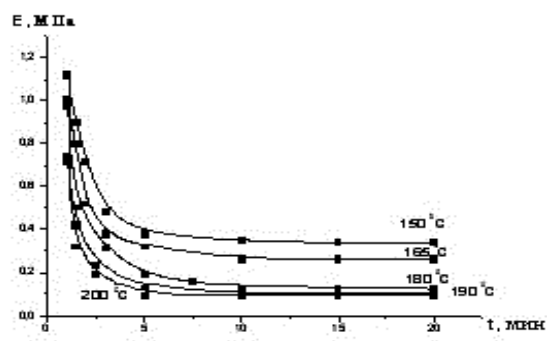
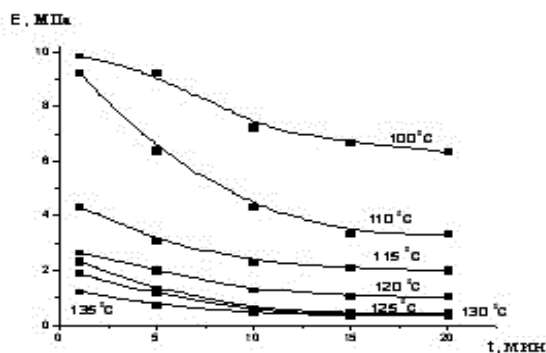


Рис. 3

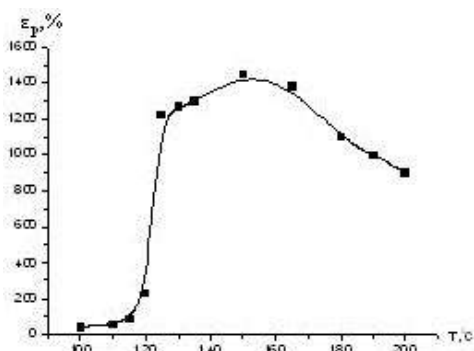


Рис. 4

Как показал эксперимент, при повышении температуры и увеличении времени теплового воздействия деформационно-прочностные характеристики модифицированной полиолефиновой мононити заметно изменяются – модуль упругости уменьшается, зависимость разрывной деформации имеет явно выраженный максимум в районе 150°С.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена модель, позволяющая описать особенности продольной усадки модифицированной нити с эффектом памяти формы. Показано, что энергия активации процесса термоусадки соответствует значению активации кооперативных конформационных переходов.

2. Установлено, что с повышением температуры и времени теплового воздействия значения модуля упругости уменьшаются, разрывная деформация имеет ярко выраженный максимум.

3. Полученные экспериментальные кривые позволяют оценить величину усадки и механические свойства модифицированной полиолефиновой монопнити в диапазоне 100...200°C.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартенев Г.М., Зеленев Ю.В.* Физика и механика полимеров. – М., 1983.
2. *Рымкевич О.В., Цобкалло Е.С.* Влияние температурных режимов на усадку модифицированной полиолефиновой монопнити термоусаживаемой трубки // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012, №3. С.13...16.
3. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справ.пособие / В.К.Крыжановский, В.В.Бурлов, А.Д.Паниматченко, Ю.В.Крыжановская. – СПб., 2003.
4. *Пахомов П.М., Новак И.И., Шаблыгин М.В., Алешина Н.А.* Определение энергии активации конформационных переходов в полимерах // Журнал прикладной спектроскопии. – 1978. Т.28, №2. С.319...322.
5. *Цобкалло Е.С., Новак И.И., Пахомов П.М., Корсуков В.Е.* Изменение конформационного набора при удлинении гибкоцепных полимеров // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1978, №1. Т.20 А. С.17...21.
6. *Цобкалло Е.С., Корсуков В.Е., Сталевич А.М., Савицкий А.В.* Связь кинетики деформирования с молекулярными процессами при ориентировании полиэтилена // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1980, №5. Т.22 А. С.1100...1105.
7. *Рымкевич О.В., Рымкевич П.П., Романова А.А.* Описание вязкоупругости полимерных материалов статистическим методом // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2013, №1(23). С.26...30.
8. *Поляков А.В., Дунтов Ф.И., Софиев А.Э. и др.* Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза. – Л., 1998.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов. Поступила 17.12.13.

УДК 677.054

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЧИСТОТЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

### COMPLEX ESTIMATION PURITY OF TEXTILE YARNS

*С.В. ЛУНЬКОВА, М.А. ЛЫСОВА, Н.Э. ЧИСТЯКОВА, Б.Н. ГУСЕВ*  
*S. LUNKOVA, M. LYSOVA, N. CHISTYAKOVA, B. GUSEV*

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

*Предложено выражение для комплексного показателя чистоты текстильных нитей, позволяющее проводить оценку их качества в зависимости от протяженности, толщины и числа дефектов.*

*Proposed expression for the complex index of purity of textile yarns, allowing to assess their quality, depending on the length, thickness and number of defects.*

**Ключевые слова:** качество, текстильные нити, дефект, комплексная оценка.

**Keywords:** quality, textile yarns, defect, complex assessment.

Чистота текстильных нитей (пряжи), то есть отсутствие в них резких местных утолщений и утонений, заработанных комочков волокон и посторонних (неволоконистых) частиц, является определяющим показателем их качества. Методы, применяемые для определения показателей чистоты пряжи, разделяются на визуальные, с перемоткой нитей через калиброванные отверстия, и с использованием измерительных приборов, работающих на основе различных физических принципов [1]. Комплексная оценка чистоты хлопчатобумажной пряжи осуществлена только визуальным методом в соответствии с положениями стандарта [2] с установлением градации по шкале порядка "класс" с уровнями А, Б и В.

В последнее время в связи с применением информационных технологий широко используются различные измерительные приборы (например, прибор швейцарской фирмы Zellweger Uster с приставкой индикатор Дефект) [3]. Эта приставка позволяет с помощью трех электрических фильтров выделить даже малые кратковременные импульсы, возникающие на пряже от утолщений, узелков на коротких отрезках, заработки в пряже пуха – шишек, утонений и утолщений на длинных отрезках. При этом каждый из трех фильтров регистрирует импульсы в зависимости от длины дефектов. Регулировкой фильтров может изменяться фиксация дефектов при определенном отклонении толщины пряжи от среднего значения как в сторону утолщения, так и в направлении утонения. К существенному недостатку данного прибора можно отнести неудобную форму протокола представления итоговых результатов измерений и невозможность комплексной оценки качества пряжи по свойству "чистота".

Цель данной работы состоит в разработке методики комплексной оценки чистоты текстильных нитей с использованием методологии квалиметрии [4], [5].

Алгоритм построения протокола комплексной оценки показателей чистоты нитей представлен на рис. 1.

Предварительно классифицируем типы дефектов и обозначим их уровни (единичные показатели чистоты (ЕПЧ)), а также введем их градацию по шкале порядка (табл. 1).

Нормирование показателей чистоты можно осуществить и другими методами [6], [7]. В качестве весовости единичного показателя чистоты пряжи на уровне градации конкретного дефекта использованы баллы. В частности: серьезный дефект имеет 5 баллов, довольно серьезный дефект имеет 4 балла, небольшой дефект имеет 3 балла, очень маленький дефект имеет 2 балла, а отсутствие дефектов – 1 балл. Для отдельных типов дефекта, а именно тонкое место, толстое место и узелок весомость считаем на одинаковом уровне, так как все эти виды дефектов имеют негативную направленность и они равнозначны. Из налагаемого условия следует, что  $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$  и считаем, что  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0,33$ .

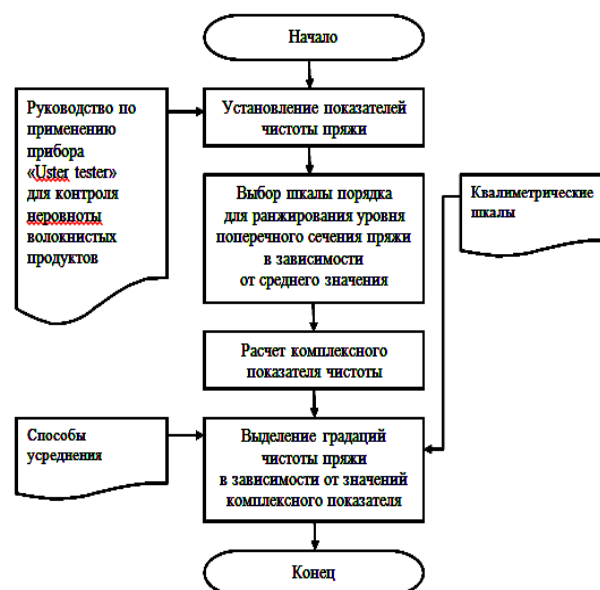


Рис. 1

Т а б л и ц а 1

Тип (обозначение) i-го дефекта	Обозначение ЕПЧ	Уровень толщины дефекта, %	Определение	Описание (визуальное наблюдение на темной доске)	Градация по шкале порядка
Тонкое место ( $Y_1$ )	$X_{11}$	60%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 40% и менее от среднего значения	Серьезный дефект (легко определяется на длине нескольких метров)	5
	$X_{12}$	50%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 50% и менее от среднего значения	Довольно серьезный дефект (легко определяется на длине один метр)	4
	$X_{13}$	40%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 60% и менее от среднего значения	Небольшой дефект (определяется на небольшом участке)	3
	$X_{14}$	30%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 70% и менее от среднего значения	Очень маленький дефект (определяется тяжело)	2
	$X_{15}$	30%		Отсутствие дефектов	1
Толстое место ( $Y_2$ )	$X_{21}$	100%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 200% и более от среднего значения	Серьезный дефект	5
	$X_{22}$	70%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 170% и более от среднего значения	Довольно серьезный дефект (определяется на длине нескольких метров)	4
	$X_{23}$	50%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 150% и более от среднего значения	Небольшой дефект (определяется на небольшом участке)	3
	$X_{24}$	35%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 135% и более от среднего значения	Очень маленький дефект (определяется тяжело)	2
	$X_{25}$	< 35%		Отсутствие дефектов	1
Узелок ( $Y_3$ )	$X_{31}$	400%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 500% и более от среднего значения	Очень большой узелок	5
	$X_{32}$	280%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 380% и более от среднего значения	Довольно большой узелок (определяется на длине нескольких метров)	4
	$X_{33}$	200%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 300% и более от среднего значения	Небольшой узелок (определяется на небольшом участке)	3
	$X_{34}$	140%	Поперечное сечение пряжи в этом месте составляет 240% и более от среднего значения	Очень маленький узелок (определяется при близком рассмотрении)	2
	$X_{35}$	< 140%		Отсутствие дефектов	1

Необходимо отметить, что шкала порядка выбрана обратной, то есть чем более серьезней дефект, тем он имеет большее количество баллов, а менее значимому дефекту соответствует меньшее количество баллов.

Для построения формулы комплексного показателя чистоты (КПЧ) предварительно наложим следующие ограничения: минимальное значение комплексного показателя должно стремиться к нулю, а максимум не должен превосходить единицу, то есть значения КПЧ лежат в промежутке  $(0; 1]$ .

Используя вышеназванные ограничения, предложен вариант итогового выра-

жения для комплексного показателя чистоты пряжи в виде:

$$\text{КПЧ} = \sum_{i=1}^3 Y_i \alpha_i = \sum_{i=1}^3 \left[ \left( \sum_{j=1}^5 \frac{1}{5 + x_{ij} B_{ij}} \right) \alpha_i \right], \quad (1)$$

где  $Y_i$  –  $i$ -й тип дефекта на нити,  $\overline{i=1, 3}$ ;  $\alpha_i$  – весомость  $i$ -го типа дефекта,  $\overline{i=1, 3}$ ;  $x_{ij}$  – количество дефекта  $X_{ij}$  на нити,  $\overline{i=1, 3, j=1, 5}$ ;  $B_{ij}$  – базовый уровень градации дефекта  $X_{ij}$ ,  $\overline{i=1, 3, j=1, 5}$ .

Осуществим расчет КПЧ согласно выражению (1) для хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 50 текс. Данные испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип дефекта, $Y_i$	Единичные показатели чистоты $X_{ij}$	Уровень толщины дефекта, %	Количество дефектов $X_{ij}$
Тонкое место $Y_1$	$X_{11}$	-60	0
	$X_{12}$	-50	1
	$X_{13}$	-40	23
	$X_{14}$	-30	536
	$X_{15}$	-30	0
Толстое место $Y_2$	$X_{21}$	+100	0
	$X_{22}$	+70	0
	$X_{23}$	+50	0
	$X_{24}$	+35	58
	$X_{25}$	< +35	0
Узелок $Y_3$	$X_{31}$	+400	0
	$X_{32}$	+280	57
	$X_{33}$	+200	497
	$X_{34}$	+140	2078
	$X_{35}$	< +140	0

$$\begin{aligned} \text{КПЧ} &= \sum_{i=1}^3 \left[ \left( \sum_{j=1}^5 \frac{1}{4 + x_{ij} B_{ij}} \right) \alpha_i \right] = \\ &= \left( \frac{1}{5+0 \cdot 5} + \frac{1}{5+1 \cdot 4} + \frac{1}{5+23 \cdot 3} + \frac{1}{5+536 \cdot 2} + \frac{1}{5+0 \cdot 1} \right) \cdot 0,33 + \\ &\quad + \left( \frac{1}{5+0 \cdot 5} + \frac{1}{5+0 \cdot 4} + \frac{1}{5+0 \cdot 3} + \frac{1}{5+58 \cdot 2} + \frac{1}{5+0 \cdot 1} \right) \cdot 0,33 + \\ &\quad + \left( \frac{1}{5+0 \cdot 5} + \frac{1}{5+57 \cdot 4} + \frac{1}{5+497 \cdot 3} + \frac{1}{5+2078 \cdot 2} + \frac{1}{5+0 \cdot 1} \right) \cdot 0,33 \approx 0,57. \end{aligned}$$

При необходимости можно вновь перейти к шкале порядка, например, в варианте: в интервале от 0,00 до 0,25 уровень качества по чистоте нитей низкий, если от

0,26 до 0,50 – удовлетворительный, от 0,51 до 0,75 – хороший, а от 0,76 до 1,00 – высокий уровень качества.

## ВЫВОДЫ

С использованием методов квалиметрии разработана методика комплексной оценки чистоты текстильных нитей (пряжи), необходимая для формирования протоколов информационно-измерительных комплексов и позволяющая повысить достоверность оценки их качества по данному свойству.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). – М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. ГОСТ 15818–70. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Метод определения класса по внешнему виду.
3. [http://www.uster.com/fileadmin/customer/ Instruments/Yarn\\_Testing/ USTER\\_Tester/en\\_ UT5-S800\\_TehnData.pdf](http://www.uster.com/fileadmin/customer/ Instruments/Yarn_Testing/ USTER_Tester/en_ UT5-S800_TehnData.pdf)

4. Лунькова С.В. Квалиметрия текстильных материалов и товаров: текст лекций. – Иваново: ИГТА, 2008.

5. 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.

6. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Шубин А.С. Проектирование номинальных значений показателей качества текстильных изделий с использованием нейросетевого анализа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С.18...25.

7. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю. Проектирование дополнительных границ определяющих показателей качества продуктов прядильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 5. С.25...29.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии. Поступила 17.12.13.

---

УДК 677.021

**АНАЛИЗ УГЛОВОГО СМЕЩЕНИЯ СВОБОДНЫХ УЧАСТКОВ ПРЯДЕЙ ЛЬНА  
ПРИ ИХ ПЕРЕМЕЩЕНИИ В ПОЛЕ ТРЕПАНИЯ**

**ANALYSIS OF ANGULAR DEVIATION OF FLAX STRANDS'  
FREE ENDS DURING THEIR MOVEMENT THROUGH SCUTCHING AREA**

*А.В. ОРЛОВ, С.В. БОЙКО, Е.Л. ПАШИН*  
*A.V. ORLOV, S.V. BOYKO, E.L. PASHIN*

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: kaf tplv@mail.ru

*В статье описано явление углового смещения свободного участка пряжи в плоскости подбильной решетки при его перелете с одного барабана на другой. Установлено, что величина углового смещения зависит от ускорения конца свободного участка пряжи при его перемещении вдоль била в момент схода, длины этого участка и скорости ее изменения. Отмечено, что максимальные угловые смещения возникают в конусной части барабана. Высказано предположение об ухудшении условий трепания вследствие перекрещивания разнодлинных прядей.*

*The article describes phenomenon of flux strands' free ends inclination as projected on the grid plane during strand's movement from one beating drum onto another. Dependency of the value of said inclination from free end's acceleration at the moment of losing contact with beater's edge, initial length of the free end and said length's rate of change has been determined. It's noted that the largest inclinations can be expected to happen in the cone section of the drum. Hypothesis has been stated that strands of different length will cross each other during scutching process, negatively influencing scutching conditions.*

**Ключевые слова:** трепание, прядь, сгруживание пряди, винтовая линия била, угол конуса барабана, угол подъема винтовой линии била.

**Keywords:** scutching, strand, strand unloading, helix beater, drum cone angle, beater helix angle.

Эффективность процесса трепания льна во многом определяется условиями расположения прядей в слое относительно кро-

мок бильных планок [1]. В [2], [3] исследовано положение участков пряди в зонах от ее зажима до точек начальных сопри-



косновений бил с прядями, а также для участков между соседними билами. Установлено, что в условиях перемещения слоя вдоль трепальной секции пряди располагаются под углом к плоскости поперечного сечения барабана. Поэтому в условиях сложного движения пряди в момент схода ее свободного участка с била вероятны угловые смещения, или "свал", этого участка

в продольной плоскости. В результате после перелета пряди с одного била на другое она, вероятно, будет располагаться на подбильной решетке не под прямым углом к бильной планке. Такое поведение пряди будет приводить к сгуживанию слоя, что неизбежно вызовет увеличение ее натяжения и, как следствие, рост волокнистых потерь при трепании.

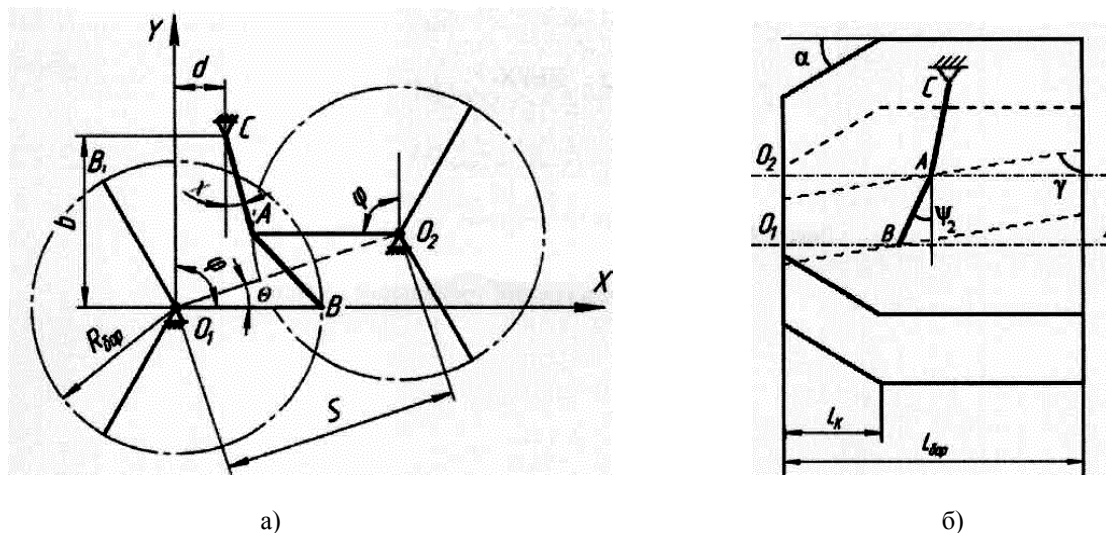


Рис. 1

Рассмотрим на рис. 1 секцию трепальной машины. Обозначим: А – точка соприкосновения пряди с кромкой била правого барабана, В – точка соприкосновения пряди с кромкой била левого барабана, С – точка зажима.

В зависимости от длины пряди применительно к существующим конструкциям трепальных барабанов существуют два возможных случая ее поведения:

а) – в случае длинных прядей (длина обрабатываемого участка 47 см и более) било правого барабана ударяет по пряди до того, как прядь сойдет с кромки била левого барабана. Таким образом, в течение некоторого промежутка времени прядь взаимодействует с двумя кромками;

б) – при коротких прядях (длина обрабатываемого участка 46 см и менее) било правого барабана ударяет по пряди уже после того, как прядь сойдет с кромки била левого барабана. Таким образом, в каждый момент времени прядь взаимодействует не более чем с одной кромкой.

С учетом указанных случаев количество взаимодействующих кромок определяется соотношением:

$$\varphi_{2 \min} < \varphi_{1L \max}, \quad (1)$$

где  $\varphi_{2 \min}$  – угол поворота барабанов, при котором кромка А (рис. 1) входит в поле трепания, а  $\varphi_{1L \max}$  – угол поворота барабанов, при котором расстояние от зажима С до кромки В превышает длину пряди.

Для случая с длинными прядями соотношение (1) выполняется и прядь считается взаимодействующей с двумя кромками. При этом угол  $\varphi_{L \max}$ , при котором конец свободного участка пряди соскользнет с кромки В била левого барабана, будет определяться неравенством:

$$|\overline{CA}| + |\overline{AB}| \leq l_n.$$

В случае коротких прядей соотношение (1) не выполняется, и прядь считается вза-

имодельствующей не более чем с одной кромкой, а угол  $\varphi_{L \max}$ , характеризующий момент потери контакта кромки с прядью, составит  $\varphi_{L \max} = \varphi_{iL \max}$ .

Поведение свободного участка пряди будем рассматривать в подвижной системе координат  $X'Y'Z'$  с началом координат в точке А (рис 1, система  $X'Y'Z'$  на рисунке не отмечена) с сохранением направления осей. Эта система является неинерциальной и совершает движение по дуге окружности относительно базовой системы координат  $XYZ$ .

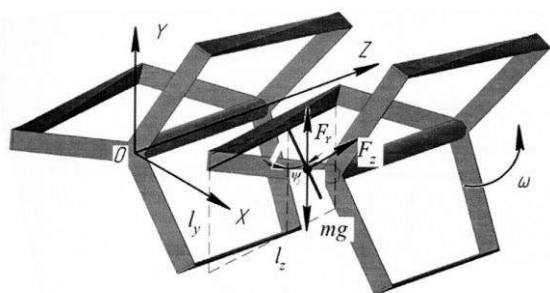


Рис. 2

Рассмотрим поведение проекции свободного участка пряди на плоскость  $Y'Z'$  непосредственно после слета конца пряди с кромки била (рис. 2 – обрабатываемая прядья и силы, способствующие ее смещению на угол  $\psi_2$ ). В этот момент на прядья в рассматриваемой плоскости  $Y'Z'$  действуют две силы: проекция на ось  $Z'$  силы инерции  $F_z$ , вызванной неравномерным скольжением пряди вдоль кромки, и сила тяжести  $mg$ . В первом приближении аэродинамические эффекты не учитываем.

Вспользуемся теоремой об изменении кинетического момента для описания движения свободного участка пряди:

$$\frac{dK_{X'}}{dt} = M_{F_z'} - M_{mg} - M_{\omega y'}, \quad (3)$$

где  $K_{X'}$  – момент количества движения пряди относительно оси  $AX'$ ;  $M_{F_z'}$  – момент относительно оси  $AX'$  проекции  $F_z$  силы инерции на ось  $Z'$ , вызванной неравномерным движением пряди вдоль трепальной секции;  $M_{mg}$  – момент относительно оси  $AX'$  силы тяжести  $mg$ , направ-

ленной вдоль оси  $Y'$ ;  $M_{\omega y'}$  – момент относительно оси  $AX'$  проекции  $F_y$  силы инерции на ось  $Y'$ , вызванной движением кромки била.

Модуль составляющей момента силы инерции на ось  $AX'$  можно вычислить, заменив радиус-вектор середины свободного участка пряди на радиус-вектор середины его проекции на плоскость  $Y'Z'$ .

Рассмотрим проекцию свободного участка пряди на плоскость  $Y'Z'$  и примем ее за однородный тонкий стержень длиной  $l_{yz}$  и массой  $m = \mu l_{yz}$ , где  $\mu$  – линейная плотность пряди. Тогда момент количества движения составит:

$$K_{X'} = \frac{1}{3} \dot{\psi}_2 m l_{yz}^2 = \frac{1}{3} \mu \dot{\psi}_2 l_{yz}^3. \quad (4)$$

Продифференцировав обе части по  $t$ , получим:

$$\frac{dK_{X'}}{dt} = \frac{1}{3} \mu \ddot{\psi}_2 l_{yz}^3 + \mu \dot{\psi}_2 l_{yz}^2 \dot{l}_{yz}. \quad (5)$$

Величину проекции силы инерции на ось  $AZ'$  можно определить, зная массу свободного участка пряди и ускорение  $a_z$ , с которым движется свободный участок. Тогда момент относительно оси  $AX'$  проекции силы инерции пряди на ось  $Z'$  будет определяться следующим образом:

$$M_{F_z} = m a_z \frac{1}{2} l_{yz} \cos \psi_2 = \frac{1}{2} \mu a_z l_{yz}^2 \cos \psi_2, \quad (6)$$

где  $\frac{1}{2} l_{yz} \cos \psi_2$  – плечо интересующей нас проекция силы инерции.

Аналогично момент силы тяжести относительно оси  $AX'$  будет определяться силой  $mg$ , действующей на плечо длиной  $l_{yz} \cos \psi_2$ . Тогда:

$$M_{mg} = m g_z \frac{1}{2} l_{yz} \sin \psi_2 = \frac{1}{2} \mu g l_{yz}^2 \sin \psi_2. \quad (7)$$

Момент  $M_{\omega y'}$  проекции центробежной силы инерции на ось  $AU'$  будет определяться величиной проекции ускорения движения бильной планки на ось  $Y'$ :

$$M_{uy'} = ma_{uy'} \frac{1}{2} \ell_{yz} \sin \psi_2 = \frac{1}{2} \mu a_{uy'} \ell_{yz}^2 \sin \psi_2. \quad (8)$$

Подставив выражения с (5) по (8) в равенство (3), получим:

$$\mu \left( \frac{1}{3} \ddot{\psi}_2 \ell_{yz}^3 + \dot{\psi}_2 \dot{\ell}_{yz} \ell_{yz}^2 \right) = \frac{1}{2} \mu a_z \ell_{yz}^2 \cos \psi_2 - \frac{1}{2} \mu g \ell_{yz}^2 \sin \psi_2 - \frac{1}{2} \mu a_{uy'} \ell_{yz}^2 \sin \psi_2.$$

Преобразуем, перенеся все слагаемые в левую часть равенства и избавившись от

коэффициента перед  $\ddot{\psi}_2$ , к следующему виду:

$$\ddot{\psi}_2 + \frac{3\dot{\psi}_2 \dot{\ell}_{yz}}{\ell_{yz}} - \frac{3}{2\ell_{yz}} a_z \cos \psi_2 + \frac{3}{2\ell_{yz}} g \sin \psi_2 + \frac{3}{2\ell_{yz}} a_{uy'} \sin \psi_2 = 0.$$

После дополнительных преобразований получим нелинейное дифференциальное

уравнение, описывающее процесс свала пряжи:

$$\ddot{\psi}_2 + \frac{3\dot{\psi}_2 \dot{\ell}_{yz}}{\ell_{yz}} - \frac{3}{2\ell_{yz}} \sqrt{(g + a_{uy'})^2 + a_z^2} \sin \left( \psi_2 - \arctg \left( \frac{a_z}{g + a_{uy'}} \right) \right) = 0. \quad (9)$$

Начальные условия для его решения, а именно начальный угол отклонения пряжи  $\psi_2$  и скорость его изменения  $\dot{\psi}_2$ , следует определять в зависимости от длины пряжи. Для длинного сырья (см. выше – случай а)) во время потери контакта  $t_0 = \frac{\Phi_{Lmax}}{\omega}$  указанные начальные условия определяются согласно [3].

Для коротких прядей (см. случай б)) следует учесть, что, начиная с момента потери контакта  $t_0 = \frac{\Phi_{Lmax}}{\omega}$  и в течение вре-

мени  $\Delta t = \frac{\Phi_{2min} - \Phi_{1Lmax}}{\omega}$  прядь не будет контактировать с каким-либо билом. В этот период будет осуществляться ее смещение, влияющее на угол  $\psi_2$ . Допустим, что изменение этого угла происходит равномерно. Тогда начальные условия будут определяться на основании алгоритма, изложенного в [2] с учетом поправки на возникающее дополнительное угловое смещение  $\Delta \psi_2 = \dot{\psi}_2(t_0) \Delta t$ .

Для оценки длительности процесса свала участка пряжи применили алгоритм С.В. Бойко [4], который позволил оценить

его среднее время  $t_{xy} \approx 15$  мс.

Используя полученные модели, описывающие процесс перемещения участка пряжи при перелете с угловым смещением (угол свала) в плоскости бильной планки, были получены зависимости формирования этого угла с момента схода пряжи с била до ее соприкосновения с плоскостью подбильной решетки.

В качестве примера на рис. 3, где а) – изменение угла смещения пряжи при трепании разнодлинных прядей при угле конуса  $15^\circ$ ; б) – при угле конуса  $25^\circ$ ; в) – при отсутствии конуса, эти зависимости представлены в виде графиков для прядей разной длины для различных углов конусной части барабана. При этом угол конуса  $\alpha$  принимали 15 и 25 град, а угол винтовой линии била  $\gamma - 75$  град. Расчеты проведены при следующих режимно-конструктивных параметрах: частота вращения барабанов  $300 \text{ мин}^{-1}$ ; радиус барабанов в цилиндрической части 0,37 м; межосевое расстояние между барабанами 0,55 м; длина конусной части 0,75 м; скорость зажимного транспортера 1 м/с; коэффициент трения пряжи по кромке 0,15.

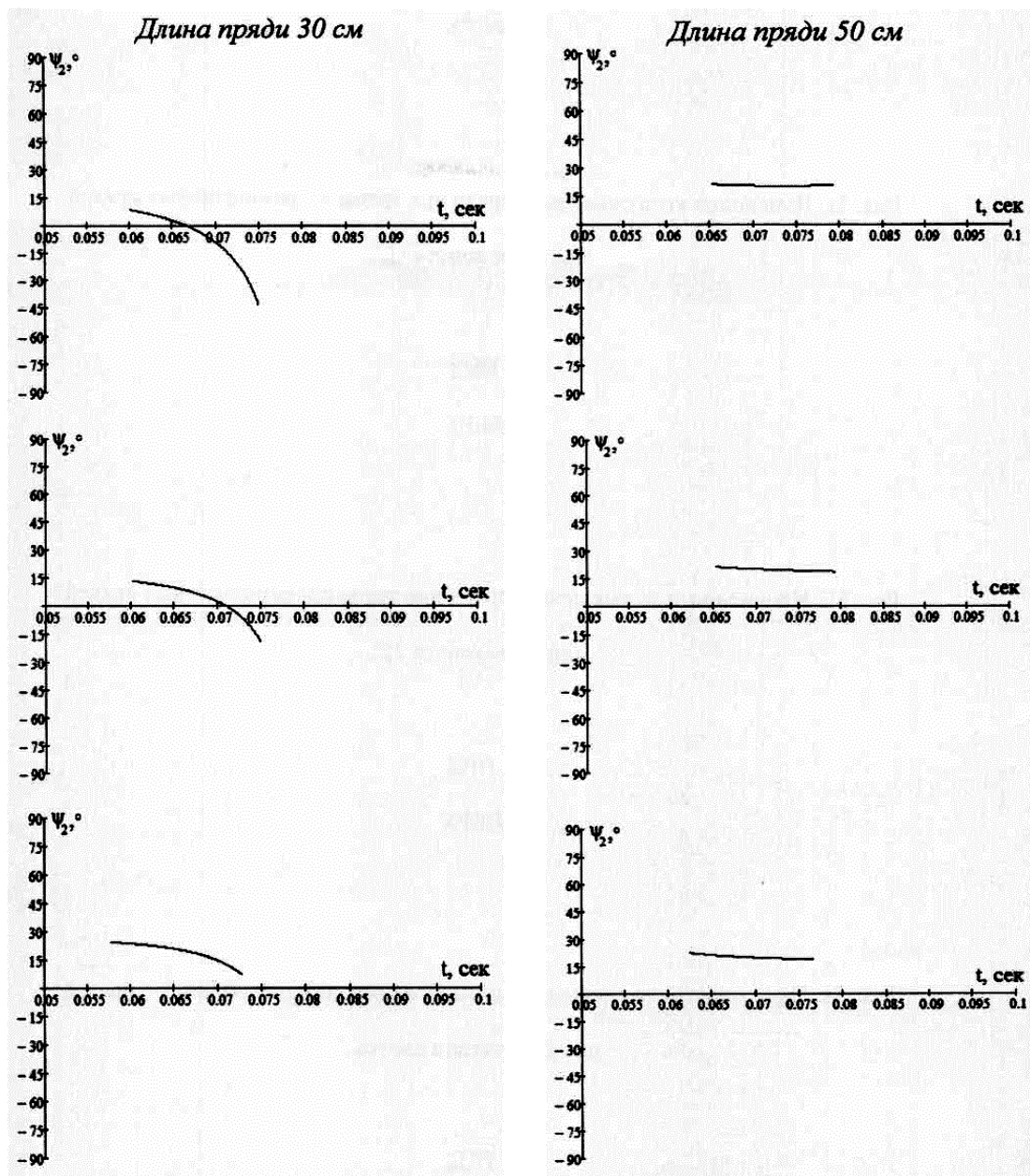


Рис. 3

Из анализа представленных зависимостей следует, что момент начала свала зависит от длины обрабатываемых участков пряжей. Характер изменения угла смещения зависит от длины пряжей и зоны длины барабана. Для коротких пряжей абсолютная величина смещения может достигать 30...40 град. Для длинных пряжей эта величина менее  $\approx 10$  град.

Максимальные значения углов свала наблюдаются в конической части длины барабана: на этих участках барабана свободный участок у коротких пряжей может изменять свой наклон из зоны положительных углов в зону отрицательных.

Абсолютная величина углового смещения при различных сочетаниях режимно-конструктивных параметров процесса трепания различна. При этом могут иметь место сочетания как способствующие, так и препятствующие сваливанию пряжи. Таким образом, при определенных сочетаниях вышеперечисленных параметров по длине барабанов с учетом длины пряжей угол их свала, вероятно, может достигать наименьших значений.

Также анализ показал, что может иметь место перекрещивание свободных участков пряжей различной длины, находящихся одновременно в слое. Это явление нежела-

тельно, так как приводит к увеличению сил давления волокна на кромки бил и, как следствие, к росту волокнистых отходов при трепании [4, рис. 4.4, с. 108].

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена возможность возникновения углового смещения свободного участка пряжи в плоскости подбильной решетки при его перелете с одного барабана на другой.

2. Величина углового смещения зависит от ускорения конца свободного участка пряжи при его перемещении вдоль била в момент схода, длины этого участка и скорости ее изменения.

3. Максимальные угловые смещения возникают в конусной части барабана. При одновременной обработке пряжей разной длины возможно их перекрещивание,

ухудшающее условия трепания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лапшин А.Б., Пашин Е.Л.* Развитие теории процесса трепания льна. – Кострома: КГТУ, 2004.
2. *Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л., Енин М.С.* Оценка степени сгуживания прядей в слое льняного сырца при трепании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.44...49.
3. *Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л., Енин М.С.* Оценка угла наклона льняных прядей к кромкам бил в поле трепания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №1. С.37...43.
4. *Бойко С.В., Пашин Е.Л.* Теоретические основы повышения эффективности процесса трепания недоработанного льняного волокна. – Кострома: КГТУ, ВНИИЛК, 2008.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 01.10.13.

УДК 677.11.051.256:677.07:61

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕПАЛЬНО-ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ  
ТОМ-Л2 В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА  
МЕДИЦИНСКОЙ ЛЬНЯНОЙ ВАТЫ**

**POSSIBILITY OF APPLICATION OF SCUTCHER-CLEANING MACHINE  
TOM-L2 IN THE TECHNOLOGICAL PRODUCTION PROCESS  
OF MEDICAL LINEN WOOL**

*С.В. КУВАЕВА, В.М. ЗАРУБИН, Н.Ф. ВАСЕНЕВ*  
*S.V. KUVAEVA, V.M. ZARUBIN, N.F. VASENEV*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: nfvasenev@gmail.com

*В статье приведены результаты исследования трепально-очистительной машины марки ТОМ-Л2 в технологическом процессе производства медицинской ваты из модифицированного льняного волокна. А также проведен сравнительный анализ с щипально-замазывающей машиной ЩЗ-140-ШЗ с целью выбора оптимального варианта для производства ваты.*

*The article presents the results of a studying of scutcher-cleaning machines ТОМ-Л2 in the technological process of medical wool production from modified flax fibre. The comparative analysis of the shredding-oiling machine ЩЗ-140-ШЗ was made with the purpose of optimum choice for wool production.*

**Ключевые слова:** медицинская вата, хлопкоподобное волокно, отходы трепания, линейная плотность.

**Keywords:** medical wool, cotton-like fiber, wastes of scutching, linear density.

Проследив историю льноводства в России, можно увидеть, что льняное волокно испытывало "взлеты" и "падения" в промышленности. К одному из "взлетов" можно отнести котонизацию льноволокна, которая позволила использовать полученное сырье в широком ассортименте изделий [1].

Котонизированное волокно – это волокно по своим физико-механическим свойствам (длина и тонина) максимально приближенное к хлопковому. Другими словами, котонин можно еще назвать хлопкоподобное волокно [2], [3].

В связи с тем, что лен обладает уникальными медико-гигиеническими свой-

ствами, например высокая гигроскопичность, проводимые учеными исследования подтвердили возможность производства медицинской ваты из котонина. Получаемая льняная вата по некоторым показателям даже превосходит хлопковую.

Как было сказано ранее, льняную вату производят из котонина, сырьем для производства которого являются малоиспользуемые отходы предприятий первичной обработки льна. Этот выбор можно объяснить тем, что высокой гигроскопичностью и влагопоглощением обладает льняное волокно с аморфной целлюлозой и малым содержанием лигнина. Аморфной целлюлозой обладают комлевые волокна, что и обуславливает использование в качестве сырья для производства медицинской ваты отходов трепания, где таких волокон содержится больше всего [1].

Нами проверялась возможность использования разработанной на ОАО "Завод им. Королева" трепально-очистительной машины марки ТОМ-Л2 в производстве медицинской ваты из модифицированного льноволокна. Данная машина предназначена для получения короткого льняного волокна в составе агрегатов АКЛВ-1 и АКЛВ-1-01 из швингтурбинных отходов трепания, льняной путанины, низких номеров тресты и соломки.

Машина может быть использована на заводах первичной обработки льна, а также на льнопрядильных фабриках.

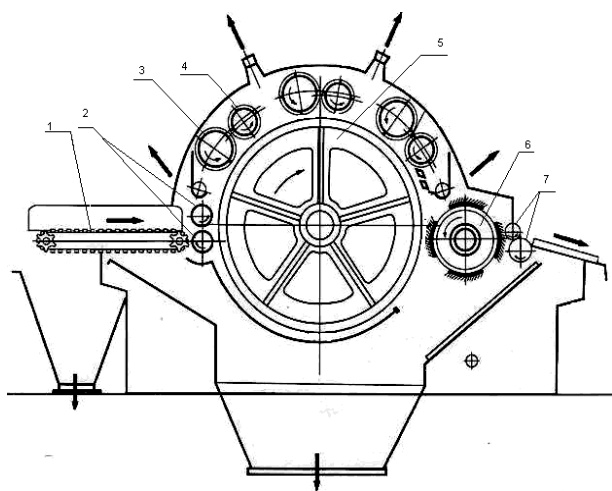


Рис. 1

Основными рабочими органами машины (рис. 1 – трепально-очистительная машина ТОМ-Л2) являются: питающий транспортер 1, питающие валики 2, колковый барабан 5, рабочие валики 3, съемные валики 4, съемный барабан 6, съемные валы 7.

Работает машина следующим образом: питающий транспортер 1 машины ТОМ-Л2 равномерно подает сырье к питающим валикам 2. Питающие валики захватывают сырье с питающего транспортера и равномерно подают его к колковому барабану 5 и удерживают сырье во время трепания колковым барабаном. Колковый барабан расщипывает сырье, подводимое к нему питающими валиками. Захваченные колками барабана волокна встречают на своем пути три пары рабочих 3 и съемных валиков 4. Рабочие валики производят рыхление волокнистой массы. Съемные валики производят съем волокон с рабочих валиков и осуществляют передачу этих волокон колковому барабану. Процесс обескостривания, расщипывания и распрямления волокон происходит главным образом в местах взаимодействия рабочих валиков и колкового барабана.

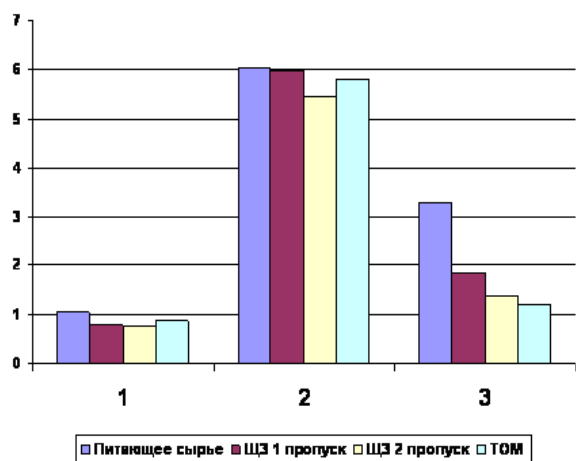
Пропущенные через три пары рабочих и съемных валиков волокна подводятся к съемному барабану 6. Съемным барабаном волокна снимаются с колкового барабана. Съемные валики 7 производят съем волокон со съемного барабана и их подачу в бункер, где происходит обеспыливание волокон за счет воздуха.

На ОАО "Завод им. Королева", г. Иваново, была пропущена небольшая партия сырья, которая прошла первичную обработку, отбеливание, предварительное разрыхление, сушку и отлеживание в лабах через трепально-очистительную машину ТОМ-Л2, а также через щипально-замасливающую машину марки ЦЗ-140-ШЗ [4]. В качестве эксперимента через щипально-замасливающую машину было принято решение пропустить сырье дважды – с целью лучшего обескостривания, расщипывания и распрямления волокон.

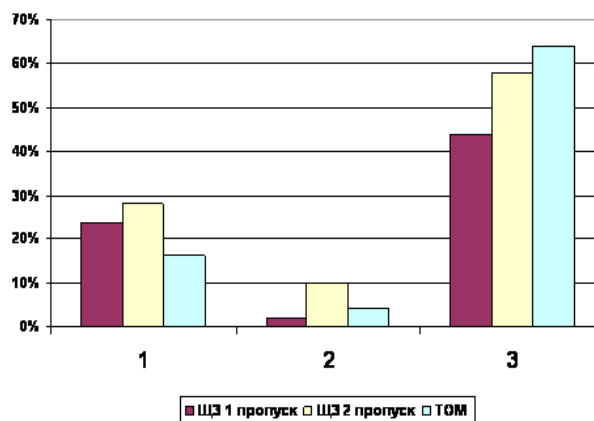
Данная работа была вызвана необходимостью определиться в целесообразности ввода в технологическую линию одной из

указанных машин для улучшения технологического процесса за счет повышения качества разработки сырья на первоначальных этапах производства ваты, так как недостатком существующей линии по производству ваты является наличие после отбеливания и сушки сырья плотных нерасчесанных скоплений волокон.

В студенческом конструкторско-исследовательском бюро (СКИБ ИГТА)



а)



б)

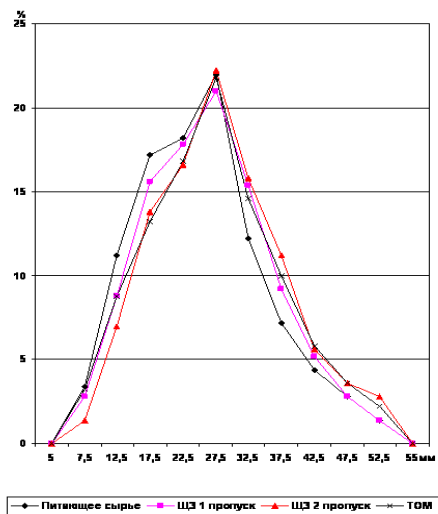
Рис. 2

Из рис. 2 (а – эффективность работы машины; б – процентное изменение; 1 – линейная плотность, текс; 2 – костра; %; 3 – плотные нерасчесанные скопления, %) видно, что происходит уменьшение линейной плотности волокна после пропускания через трепально-очистительную машину, а также после первого и второго пропускания через щипально-замасливающую машину. Это можно объяснить элементаризацией комплексных волокон. Помимо этого, из рис. 2 видно, что происходит уменьшение массовой доли костры и сорных примесей. Лучшая эффективность работы машины достигается после второго пропускания через щипально-замасливающую машину и составляет 10%, а после первого пропускания – всего 2%. Содержание массовой доли костры и сорных примесей в выходящем сырье, пропущенном через трепально-

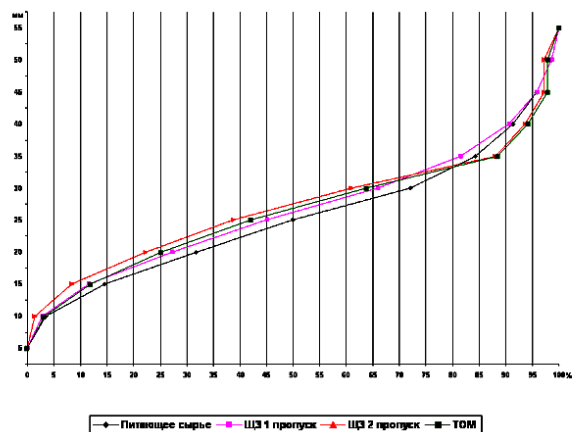
очистительную машину уменьшилось на 6%. Таким образом, эффективность работы трепально-очистительной машины занимает промежуточный результат между первым и вторым пропуском щипально-замасливающей машины.

Содержание плотных нерасчесанных скоплений показало, что самая большая эффективность работы определена у трепально-очистительной машины и составляет 64%. Также установлено, что с каждым пропуском через щипально-замасливающую машину происходит уменьшение содержания количества плотных нерасчесанных скоплений, то есть увеличивается эффективность ее работы. После первого пропускания содержание в выходящем продукте плотных нерасчесанных скоплений уменьшилось на 44%, а после второго – на 58%.





а)

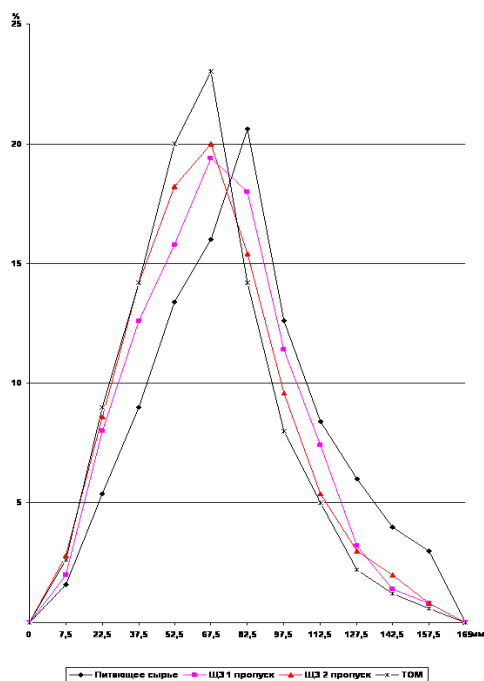


б)

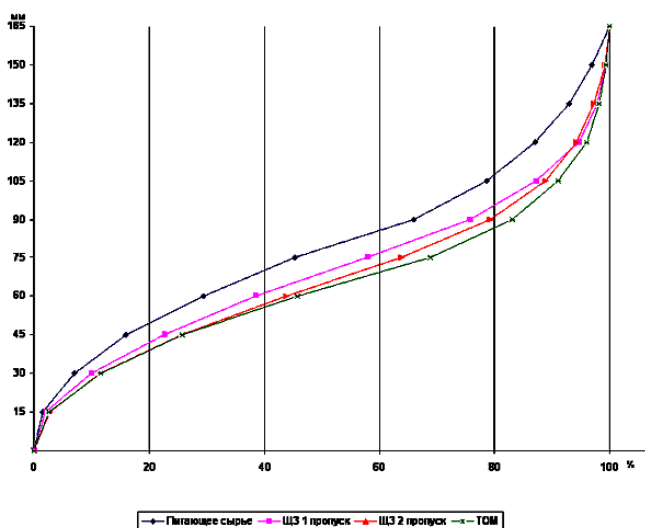
Рис. 3

Относительно входящего продукта из рис. 3 (а – диаграмма распределения элементарных волокон по длинам; б – штапельная диаграмма элементарных волокон) видно, что происходит уменьшение процентного содержания волокон пуховой

группы за счет выпадения их в отходы. В результате этого происходит процентное увеличение волокон в группе длин от 30...55 мм, что приводит к увеличению средней длины элементарных волокон.



а)



б)

Рис. 4

В результате воздействия рабочими органами машин в выходящем продукте происходит увеличение процентного со-

держания волокон в группе длин от 0...75 мм, а в группе длин от 75...165 происходит уменьшение процентного со-

держания волокон рис. 4 (а – диаграмма распределения комплексных волокон по длинам; б – штапельная диаграмма комплексных волокон).

Анализ результатов исследований машин ЦЗ-140-ШЗ и ТОМ-Л2 показывает следующее.

1. В выходящем продукте происходит уменьшение линейной плотности волокна относительно входящего продукта. Таким образом, после первого пропуска через щипально-замасливающую машину линейная плотность уменьшилась относительно питающего сырья на 23,4%, после второго на 28,1% [4], а после пропуска через трепально-очистительную машину – на 16,2%. Определение длины показало, что происходит увеличение длины элементарных волокон: после первого пропуска – на 4,5%, после второго пропуска – на 10,7%, после трепально-очистительной машины – на 7,2%. А длина комплексных волокон уменьшается после первого пропуска на 12,2%, после второго – на 16,1%, после трепально-очистительной машины – на 19,1%.

2. Наибольшая эффективность удаления плотных нерасчесанных скоплений достигается на трепально-очистительной машине, и составляет 64%, в то время как после первого пропуска через щипально-замасливающую машину эффективность работы машины составляет 44%, а после второго пропуска 58%. Эффективность удаления костры и сорных примесей на ЦЗ-140-ШЗ показала незначительный результат после первого пропуска – 2%, а после второго 10%. А эффективность удаления костры и сорных примесей трепально-очистительной машины составляет 6%.

3. Сравнительный анализ работы трепально-очистительной машины ТОМ-Л2 и щипально-замасливающей машины марки ЦЗ-140-ШЗ показал, что данные машины возможно применять в производстве медицинской ваты из модифицированного котонина. Щипально-замасливающую машину рекомендуется использовать в коли-

честве двух единиц, так как получены лучшие показатели после второго пропуска. Проведенные исследования показали, что некоторые результаты трепально-очистительной машины – линейная плотность, содержание массовой доли костры и длина элементарных волокон лучше по показаниям, чем после первого пропуска через щипально-замасливающую машину, но немного уступают второму пропуску. Меньшее содержание количества плотных нерасчесанных скоплений содержится в выходящем продукте после ТОМ-Л2, то есть на данной машине достигается наибольшая эффективность.

## ВЫВОДЫ

Наиболее оптимальным вариантом использования в технологической линии по производству медицинской ваты из модифицированного котонина является трепально-очистительная машина марки ТОМ-Л2.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин В.В., Рыжов А.И., Гинзбург Л.Н. Моволен (модифицированное волокно льна). – М.: РосЗИТЛП, 2000.
2. Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Особенности взаимодействия острия иглы игольчатой гарнитуры с льняным волокном // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1.
3. Ларин И.Ю. Исследование повреждаемости волокон льняного котонина в процессах хлопкопрядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2.
4. Куваева С.В., Игнатьева Д.В., Зарубин В.М., Васнев Н.Ф. Возможность применения щипально-замасливающей машины в производстве медицинской ваты из модифицированного льноволокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №1.
5. ГОСТ Р 53483–2009. Волокно льняное модифицированное суровое. Методы испытаний.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 04.02.14.

# МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИПЫ ХЛОПКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ КИПЫ\*

## THE MECHANICAL MODEL OF A COTTON BALE AND THE MATHEMATICAL MODEL OF THE BALE DEFORMATIONAL MOVEMENT

*B.B. VOLKOV*  
*V.V. VOLKOV*

(Пензенский государственный технологический университет)  
(Penza State Technological University)

E-mail: rector@penzgtu.ru

*Предлагается механическая модель кипы хлопка и ее математическая модель деформационного движения. Приведено общее и частное решение уравнений движения кипы. Обосновано применение приближенного решения уравнения движения кипы.*

*The mechanical model of a cotton bale and its mathematical model of deformational movement are presented in this article. The author gives the general and the particular solutions of the bale movement equations.*

**Ключевые слова:** хлопок, кипа, механическая модель, математическая модель, деформация, уравнения движения кипы.

**Keywords:** cotton, a bale, a mathematical model, a mechanical model, deformation, equations of the bale movement.

Кипу хлопка можно представить в виде механической модели с распределенными инерционными ( $m_0$ ), упругими ( $c_0$ ) и диссипативными ( $b_0$ ) параметрами[2]. В этой модели (рис. 1) независимой переменной является лагранжева координата  $z$ , с помощью которой определяются положения сечений кипы по высоте в недеформированном состоянии, зависимой переменной является деформационное перемещение  $u(t, z)$ . Площадь поперечного сечения кипы  $A = 0,97 \cdot 0,6 = 0,582 \text{ м}^2$  считается неизменной в процессе деформаций, высота кипы в ненапряженном состоянии  $\ell = 1,3 \text{ м}$ , масса кипы  $m = 205 \text{ кг}$ , усилие прессования  $Q = 42,4 \cdot 10^4 \text{ Н}$ . Полная деформация спрессованной кипы  $\delta = 0,53 \text{ м}$ . Жесткость кипы  $c = \frac{Q}{\delta} = 80 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$ . Погонные масса и

жесткость кипы  $m_0 = \frac{m}{\ell} = 157,7 \text{ кг/м}$ ,

$$c_0 = c \frac{\ell}{l(\text{м})} = 104 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

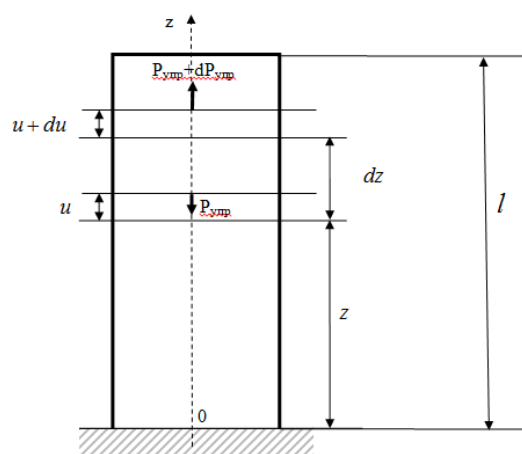


Рис. 1

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук В.К. Полякова (СПГУТД).

Выделим сечениями  $z$  и  $z+dz$  произвольный недеформированный элемент кипы  $dz$ .

В результате деформации сечение  $z$  займет положение  $z+u(t,z)$ , а сечение  $z+dz$  – положение  $z+dz+u(t,z)+\frac{\partial u(t,z)}{\partial z}dz$ .

Длина элемента  $dz$  в деформированном состоянии будет равна  $dz+\frac{\partial u(t,z)}{\partial z}dz$ , а деформация этого элемента будет равна  $\frac{\partial u(t,z)}{\partial z}dz$ .

Относительная деформация (отношение величины деформации к первоначальной длине выделенного элемента) будет:

$$\varepsilon = \frac{\partial u(t,z)}{\partial z}. \quad (1)$$

Воспользуемся известным равенством:

$$\varepsilon = \frac{\sigma(t,z)}{E} = \frac{P_{\text{упр}}}{AE}. \quad (2)$$

Здесь  $\sigma(t,z)$  – напряжение;  $E$  – модуль упругости;  $P_{\text{упр}}$  – упругое усилие;  $A$  – площадь сечения кипы.

Так как

$$c = \frac{AE}{\ell}, \quad c_0 = AE, \quad c = \frac{c_0}{\ell},$$

то, учитывая равенства (1) и (2), найдем:

$$P_{\text{упр}}(t,z) = c_0 \varepsilon = c_0 \frac{\partial u(t,z)}{\partial z}. \quad (3)$$

Равенство (3) задает характер распределения упругих усилий по длине кипы в различные моменты времени.

В предыдущих равенствах:  $c$  – коэффициент жесткости кипы;  $\ell$  – высота кипы;  $c_0$  – погонная жесткость (жесткость 1 м длины) кипы.

Применив к выделенному элементу второй закон Ньютона, получим:

$$m_0 dz \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial t^2} = -m_0 dz g + dP_{\text{упр}}, \quad (4)$$

$$dP_{\text{упр}} = c_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial z^2} dz. \quad (5)$$

Подставив равенство (5) в уравнение движения (4), получим:

$$m_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial t^2} - c_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial z^2} = -m_0 g, \quad (6)$$

в этом уравнении учтена сила тяжести материала кипы.

В уравнении (6) дополнительно учтем демпфирующие свойства материала кипы, считая силы демпфирования пропорциональными скорости деформации:

$$P_{\text{демп}} = b_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial t \partial z}, \quad (7)$$

$$dP_{\text{демп}} = b_0 \frac{\partial^3 u(t,z)}{\partial t \partial z^2} dz.$$

После учета равенств (7) получим уравнение движения в окончательном виде:

$$m_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial t^2} - b_0 \frac{\partial^3 u(t,z)}{\partial t \partial z^2} - c_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial z^2} = -m_0 g. \quad (8)$$

При решении уравнений движения кипы руководствуемся следующими рассуждениями. Уравнение (8) является линейным неоднородным уравнением в частных производных. Его решение состоит из суммы решений однородного и неоднородного уравнений. Найдем сначала решение однородного уравнения (10):

$$m_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial t^2} - b_0 \frac{\partial^3 u(t,z)}{\partial t \partial z^2} - c_0 \frac{\partial^2 u(t,z)}{\partial z^2} = 0. \quad (9)$$

Одним из методов поиска решения является метод Фурье, заключающийся в представлении решения в виде произведения двух функций, одна из которых зависит только от времени  $t$ , другая – от координаты  $z$ :

$$u(t, z) = T(t)Z(z). \quad (10)$$

Подставив это решение в уравнение (9), получим

$$\begin{aligned} m_0 \ddot{T}(t)Z(z) - b_0 \dot{T}(t)Z''(z) - c_0 T(t)Z''(z) &= 0, \\ m_0 \ddot{T}(t)Z(z) - Z''(z)[b_0 \dot{T}(t) + c_0 T(t)] &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Разделим почленно это равенство на  $Z(z)[b_0 \dot{T}(t) + c_0 T(t)]$ :

$$m_0 \frac{\ddot{T}(t)}{[b_0 \dot{T}(t) + c_0 T(t)]} = \frac{Z''(z)}{Z(z)} = -p^2. \quad (12)$$

Равенство (12) записано на основании того, что две функции различных аргументов могут быть тождественно равны только в том случае, если обе они равны одной и той же постоянной величине.

Равенству (12) соответствуют два обыкновенных дифференциальных уравнения:

$$Z''(z) + p^2 Z(z) = 0. \quad (13)$$

$$m_0 \ddot{T}(t) + b_0 p^2 \dot{T}(t) + c_0 p^2 T(t) = 0. \quad (14)$$

Решение уравнения (13) имеет вид:

$$Z(z) = C_1 \cos pz + C_2 \sin pz. \quad (15)$$

Это решение для модели, изображенной на рис. 1, с учетом конкретных граничных условий рассматриваемой задачи преобразуется к виду:

$$Z(0) = 0, \quad C_1 = 0,$$

$$Z(z) = C_2 \sin pz,$$

$$Z'(\ell) = 0, \quad Z'(z) = C_2 p \cos pz,$$

$$\cos p\ell = 0,$$

$$p_1 = \frac{\pi}{2\ell}, \quad p_2 = \frac{3\pi}{2\ell}, \quad p_3 = \frac{5\pi}{2\ell}, \dots, \quad p_n = \frac{(2n-1)\pi}{2\ell}.$$

Таким образом, получим бесчисленное множество решений, зависящих от значений  $p_n$ .

Уравнение (14) предварительно преобразуем к виду:

$$\ddot{T}(t) + 2r_n \dot{T}(t) + k_{0n}^2 T(t) = 0, \quad (16)$$

$$\text{где } r_n = \frac{b_0 p_n^2}{2m_0}, \quad k_{0n} = p_n \sqrt{\frac{c_0}{m_0}}.$$

Решение уравнения (16) получим в виде:

$$T(t) = e^{-r_n t} (D_1 \cos k_n t + D_2 \sin k_n t), \quad (17)$$

$$\text{где } k_n = \sqrt{k_{0n}^2 - r_n^2} = p_n \sqrt{\frac{c_0}{m_0} - \frac{b_0^2 p_n^2}{4m_0^2}}.$$

В конечном счете для рассматриваемой модели решение однородного уравнения (9) получится в виде бесконечного ряда:

$$u(t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin p_n z e^{-r_n t} (D_{1n} \cos k_n t + D_{2n} \sin k_n t). \quad (18)$$

К этому общему решению необходимо добавить частное решение неоднородного уравнения (8).

Определяем деформацию кипы под действием сил тяжести. Для этого из неоднородного уравнения (8) в статических условиях найдем:

$$c_0 \frac{\partial^2 u(z)}{\partial z^2} = m_0 g, \quad (19)$$

$$\frac{\partial u(z)}{\partial z} = \frac{m_0}{c_0} g z - \frac{m_0}{c_0} g \ell, \quad (20)$$

$$u(z) = \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z. \quad (21)$$

Добавив это решение к решению (18), получим общее решение неоднородного уравнения (8):

$$u(t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin p_n z e^{-r_n t} (D_{1n} \cos k_n t + D_{2n} \sin k_n t) + \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z. \quad (22)$$

Деформацию кипы под действием усилия прессования определяем следующим образом. Из уравнения (9) в статических условиях найдем:

$$\frac{\partial u(z)}{\partial z} = -\frac{Q}{c_0}, \quad (24)$$

$$u(z) = -\frac{Q}{c_0}z. \quad (25)$$

$$\frac{\partial^2 u(z)}{\partial z^2} = 0, \quad (23)$$

Таким образом, начальные условия рассматриваемой задачи запишутся в следующем виде:

$$u(0, z) = -\frac{Q}{c_0}z + \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z = \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \left( \frac{Q}{c_0} + \frac{m_0}{c_0} g \ell \right) z, \quad \dot{u}(0, z) = 0. \quad (26)$$

Находим частное решение уравнения движения кипы с учетом начальных условий (26). Для этого в уравнении (22) вос-

пользуемся условием ортогональности форм собственных колебаний:

$$\int_0^\ell u(t, z) \sin p_n z dz = \frac{\ell}{2} e^{-r_n t} (D_{1n} \cos k_n t + D_{2n} \sin k_n t) + \int_0^\ell \left( \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z \right) \sin p_n z dz. \quad (27)$$

При  $t = 0$  получим:

$$\int_0^\ell \left( \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z \right) \sin p_n z dz - \int_0^\ell \frac{Q}{c_0} z \sin p_n z dz = \frac{\ell}{2} D_{1n} + \int_0^\ell \left( \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z \right) \sin p_n z dz, \quad (28)$$

$$D_{1n} = -\frac{2}{\ell} \int_0^\ell \frac{Q}{c_0} z \sin p_n z dz = -\frac{2Q}{\ell c_0 p_n^2} (\sin p_n \ell - p_n \ell \cos p_n \ell). \quad (29)$$

Найдем закон изменения скоростей:

$$\dot{u}(t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin p_n z [-r_n e^{-r_n t} (D_{1n} \cos k_n t + D_{2n} \sin k_n t) + k_n e^{-r_n t} (-D_{1n} \sin k_n t + D_{2n} \cos k_n t)].$$

Для начальных скоростей имеем:

$$\int_0^\ell \frac{\partial u(t, z)}{\partial t} \sin p_n z dz = -\frac{\ell}{2} r_n e^{-r_n t} (D_{1n} \cos k_n t + D_{2n} \sin k_n t) + \frac{\ell}{2} e^{-r_n t} k_n (-D_{1n} \sin k_n t + D_{2n} \cos k_n t),$$

и при  $t = 0$  получим:

$$0 = -\frac{\ell}{2} r_n D_{1n} + \frac{\ell}{2} k_n D_{2n}, \quad (30)$$

$$D_{2n} = \frac{r_n}{k_n} D_{1n} = -\frac{r_n}{k_n} \frac{2Q}{\ell c_0 p_n^2} (\sin p_n \ell - p_n \ell \cos p_n \ell).$$

С учетом найденных значений  $D_{1,n}$ ,  $D_{2,n}$

окончательно получим:

$$u(t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sin p_n z e^{-r_n t} (D_{1n} \cos k_n t + D_{2n} \sin k_n t) + \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{m_0}{c_0} g \ell z. \quad (31)$$

Часто приходится выполнять нахождение приближенного решения уравнения движения кипы. Равенство (31) дает точное решение уравнения движения кипы, однако из практических соображений известно, что в реальных условиях движение

кипы затухает примерно через четверть периода колебаний на основной частоте, что позволяет ограничиться одним членом разложения (31), а вместо теоретической формы колебаний использовать уравнение начальной деформации:

$$u(0, z) = \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{1}{c_0} z(Q + m_0 g \ell),$$

$$u(t, z) = \left[ \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{1}{c_0} z(Q + m_0 g \ell) \right] e^{-rt} (D_1 \cos kt + D_2 \sin kt),$$

$$D_1 = 1,$$

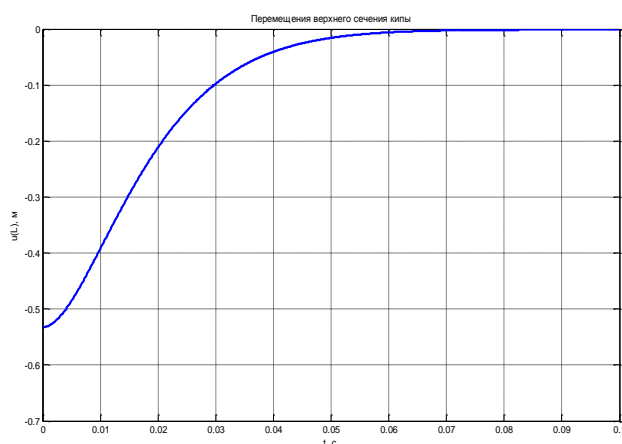
$$\frac{\partial u(t, z)}{\partial t} = \left[ \frac{1}{2} \frac{m_0}{c_0} g z^2 - \frac{1}{c_0} z(Q + m_0 g \ell) \right] - r e^{-rt} (D_1 \cos kt + D_2 \sin kt) + e^{-rt} k (D_1 \sin kt + D_2 \cos kt),$$

$$[-r + k D_2] = 0, \quad D_2 = \frac{r}{k},$$

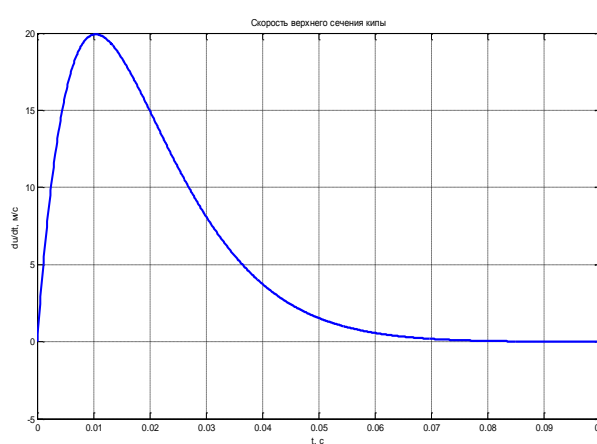
где  $r = \frac{b_0 p^2}{2m_0}$ ,  $k = p \sqrt{\frac{c_0}{m_0}}$ ,  $r = r_1$ ,  $p = p_1$ ,

$$k = \sqrt{k_0^2 - r^2} = p \sqrt{\frac{c_0}{m_0} - \frac{b_0^2 p^2}{4m_0^2}}.$$

По приближенной зависимости была разработана программа, с помощью которой построены графики перемещений (рис. 2-а) и скорости верхнего сечения кипы (рис 2-б) после снятия упаковки.



а)



б)

Рис. 2

1. Предложена механическая модель кипы хлопка.
2. Составлена математическая модель деформационного движения кипы.
3. Приведено общее и частное решение уравнений движения кипы.
4. Обосновано применение приближенного решения уравнения движения кипы.

1. Волков В.В., Семенов А.Д. и др. Влияние физико-механических свойств ставки кип на внешнюю неровноту ее переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №1. С.48...51.
2. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – 2-е изд., допол. и перераб. – М., 2007.
3. Труевцев Н.И. и др. Механическая технология волокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1999.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 13.01.14.

УДК 677.052.71

**О НАТЯЖЕНИИ ПРЯЖИ В ЗОНЕ "БЕГУНОК-ПАКОВКА"  
ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СОЧЕТАНИЙ ТИПОВ КОЛЕЦ И БЕГУНКОВ**  
**ON THE TENSION OF YARN IN THE ZONE "SLIDER-PACKING"  
FOR SOME COMBINATIONS OF TYPES OF RINGS AND RUNNERS**

А.А. СТОЛЯРОВ  
A.A. STOLYAROV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: stolyarov anatoly @. yandex.ru

*В статье представлены результаты экспериментального исследования технологической операции наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине при сочетании прядильных колец и бегунков разных типов.*

*The paper presents the results of experimental research of technological operation of winding yarn on ring spinning machine with a combination of spinning rings and different types of runners.*

**Ключевые слова:** прядильное кольцо, бегунок, натяжение пряжи, устройство для измерения натяжения пряжи.

**Keywords:** spinning ring, thumb, the tension of the yarn, yarn tension measuring device.

Представленная ранее [1...4] методика экспериментального выбора оптимального сочетания типов бегунков и колец основана на определении величины натяжения нити в точке наматывания ее на паковку. Критерием для выбора оптимального сочетания типов прядильных колец и бегунков является эффективность технологической операции наматывания пряжи на патрон (уровень об-

рывности пряжи, плотность намотки, вес и длина пряжи на початке), а также продолжительность бесперебойной работы крутильно-мотальной пары.

С целью определения величины натяжения нити в точке наматывания впервые применено электронно-механическое устройство [5] разработанное на кафедре технологии текстильных изделий. Использо-



зование нового устройства повысило точность измерения натяжения нити между бегунком и паковкой при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине, что дало возможность оперативно регулировать и оптимизировать параметры технологического процесса, тем самым улучшить качество намотки пряжи на патрон и обеспечить снижение ее обрывности.

На основании проведенных исследований проанализируем, как влияет сочетание различных типов колец и бегунков на технологический процесс формирования и наматывания пряжи на паковку. С этой целью рассмотрим процесс формирования и намотки хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 25 текс на кольцевой прядильной машине П-76-5М со следующими

сочетаниями типов колец и бегунков:

- кольцо КРГ-2 - бегунок Э-ЭМ/д;
- кольцо КРГ-2 - бегунок 1-5-С;
- кольцо КРГ-3 - бегунок Э-ЭМ/д;
- кольцо КРГ-3 - бегунок 1-5-С.

Средние значения натяжения нити в точке наматывания ее на паковку для различных сочетаний типов бегунков и колец, полученные в результате измерения во время эксперимента, представлены в табл. 1 и 2, по которым построены зависимости величины натяжения нити в точке наматывания от радиуса намотки  $T_n=f(r_n)$ : на рис. 1 представлена зависимость  $T_n=f(r_n)$  при частоте вращения веретен 10500 об/мин; на рис.2 – зависимость  $T_n=f(r_n)$  при частоте вращения веретен 12500 об/мин.

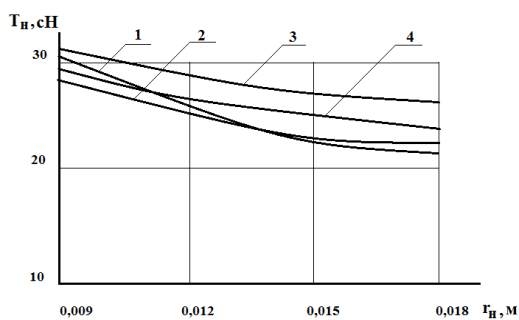


Рис. 1

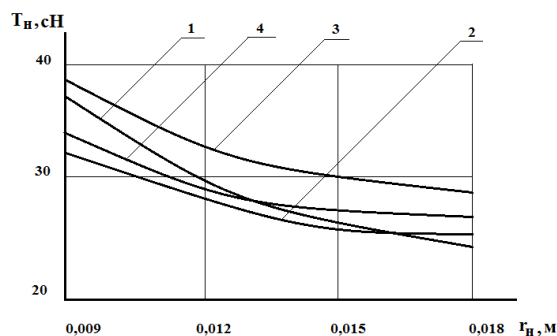


Рис. 2

Т а б л и ц а 1

Радиус намотки $r_n, м$	Среднее значение натяжения нити в точке наматывания $T_n, Н$			
	Сочетание типов колец и бегунков			
	кольцо КРГ-2 - бегунок Э-ЭМ/д	кольцо КРГ-2 - бегунок 1-5-С	кольцо КРГ-3 - бегунок Э – ЭМ/д	кольцо КРГ-3 - бегунок 1-5-С
0,009	0,268	0,303	0,290	0,315
0,0093	0,265	0,296	0,282	0,300
0,0096	0,262	0,283	0,275	0,296
0,0099	0,256	0,271	0,270	0,290
0,0102	0,251	0,264	0,265	0,285
0,0108	0,247	0,256	0,259	0,275
0,012	0,243	0,250	0,254	0,274
0,0123	0,240	0,247	0,249	0,272
0,0129	0,237	0,243	0,244	0,269
0,0132	0,234	0,239	0,240	0,267
0,0135	0,232	0,236	0,238	0,265
0,0138	0,231	0,233	0,236	0,264
0,0141	0,230	0,230	0,234	0,263
0,0144	0,230	0,228	0,233	0,262
0,0147	0,230	0,227	0,232	0,261
0,015	0,230	0,225	0,231	0,260
0,0153	0,230	0,224	0,231	0,259
0,0159	0,230	0,233	0,231	0,258
0,0177	0,230	0,231	0,231	0,257
0,018	0,230	0,231	0,231	0,256

На рис. 1 и 2 цифрами обозначены зависимости  $T_n = f(r_n)$  для следующих сочетаний прядильных колец и бегунков: 1 – сочетание: кольцо КРГ-2 – бегунок 1-5-С;

2 – сочетание: кольцо КРГ-2 – бегунок Э-ЭМ/д; 3 – сочетание: кольцо КРГ-3 – бегунок 1-5-С; 4 – сочетание: кольцо КРГ-3 – бегунок Э-ЭМ/д.

Т а б л и ц а 2

Радиус намотки $r_n$ , м	Среднее значение натяжения нити в точке наматывания $T_n$ , Н			
	сочетание типов колец и бегунков			
	кольцо КРГ-2 - бегунок Э-ЭМ/д	кольцо КРГ-2 - бегунок 1-5-С	кольцо КРГ-3 - бегунок Э - ЭМ/д	кольцо КРГ-3 - бегунок 1-5-С
0,009	0,336	0,358	0,344	0,372
0,0093	0,321	0,350	0,339	0,365
0,0096	0,312	0,342	0,331	0,358
0,0099	0,307	0,335	0,324	0,350
0,0102	0,302	0,328	0,318	0,344
0,0108	0,286	0,319	0,310	0,338
0,012	0,281	0,312	0,304	0,334
0,0123	0,277	0,303	0,300	0,330
0,0129	0,273	0,291	0,292	0,327
0,0132	0,270	0,284	0,286	0,322
0,0135	0,268	0,280	0,280	0,318
0,0138	0,267	0,277	0,277	0,314
0,0141	0,265	0,275	0,275	0,310
0,0144	0,264	0,272	0,273	0,307
0,0147	0,263	0,270	0,272	0,303
0,015	0,262	0,268	0,272	0,300
0,0153	0,262	0,262	0,271	0,297
0,0159	0,261	0,261	0,270	0,294
0,0177	0,260	0,258	0,268	0,290
0,018	0,260	0,256	0,267	0,288

Анализ графиков зависимости  $T_n=f_n(r_n)$  для различных сочетаний типов колец и бегунков показывает, что при использовании в крутильно-мотальном устройстве колец и бегунков в различных сочетаниях их типов, при условии равенства внутреннего диаметра колец и равенства масс бегунков натяжение в точке наматывания, которое создается в процессе баллонирования, будет различаться. Так, например, наибольшее натяжение в точке наматывания создается крутильно-мотальным устройством, в котором сочетаются кольцо типа КРГ-3 с бегунком 1-5-С.

Причем при сочетании кольца КРГ-3 с бегунком 1-5-С наблюдается и максимальная разница натяжения  $T_n$  в начале и в конце намотки: при  $n = 10500$  об/мин –  $\Delta T = T_{\max}-T_{\min} = 0,059$  Н; при  $n = 12500$  об/мин –  $\Delta T = T_{\max}-T_{\min} = 0,084$  Н.

Для сочетания кольца КРГ-3 с бегунком Э-ЭМ/д эта разница составляет: при

$n=10500$  об/мин –  $\Delta T = T_{\max}-T_{\min} = 0,059$  Н; при  $n = 12500$  об/мин –  $\Delta T=T_{\max}-T_{\min}=0,077$  Н.

Для сочетания кольца КРГ-2 с бегунком 1-5-С: при  $n= 10500$  об/мин –  $\Delta T=T_{\max}-T_{\min} = 0,072$  Н; при  $n=12500$  об/мин –  $\Delta T = T_{\max}-T_{\min} = 0,102$  Н.

Для сочетания кольца КРГ-2 с бегунком Э-ЭМ/д: при  $n = 10500$  об/мин –  $\Delta T = T_{\max}-T_{\min}= 0,038$  Н; при  $n = 12500$  об/мин –  $\Delta T = T_{\max}-T_{\min} = 0,076$  Н.

## В Ы В О Д Ы

1. Разработано и применено в экспериментальном исследовании новое устройство для определения натяжения пряжи в зоне "бегунок-паковка".

2. На основании экспериментального исследования технологической операции наматывания пряжи на патрон на кольцевой прядильной машине при различных сочетаниях типов колец и бегунков установлено, что при выработке хлопчатобу-

мажной пряжи линейной плотности 25 текс целесообразно применять крутильно-мотальную пару: кольцо КРГ-2 - бегунок Э-ЭМ/д.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Столяров А.А.* Методика определения оптимального сочетания типов колец и бегунков при выработке пряжи различной линейной плотности на кольцевой прядильной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №3. С.31...34.

2. *Столяров А.А.* Способ определения натяжения нити на кольцевой прядильной машине в зоне бегунок-паковка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.28...31.

3. *Столяров А.А.* О натяжении нити в точке наматывания при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине. – Иваново: ВИНТИ, 2006, №388.

4. *Столяров А.А.* Построение и анализ диаграммы натяжения нити на кольцевой прядильной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.28...31.

5. *Столяров А.А.* Устройство для измерения натяжения нити между бегунком и паковкой кольцевой прядильной машины // Патент на изобретение Российской Федерации № 2485226 , бюл.№17, опубл.20.06.2013.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий. Поступила 18.12.13.

---

УДК 677.023

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМАТЫВАНИЯ ГРУПП НИТЕЙ  
С МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК**

**RESEARCH OF WINDER YARN GROUP FROM WINDING PACKAGES**

*А.И. ПАНИН, И.В. РЫБАУЛИНА, С.Д. НИКОЛАЕВ*  
*A.I. PANIN, I.V. RYBAULINA, S.D. NIKOLAEV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: nsd0701@mail.ru

*Групповое сматывание нитей широко используется в различных технологических процессах текстильного производства. Оно, наряду с высокой производительностью труда, должно обеспечивать и требуемое качество выпускаемого продукта, поэтому требует дополнительного изучения и совершенствования.*

*Group taking-up of threads is widely used in various technological processes of textile production. It, along with high efficiency of work, should provide and demanded quality of a let-out product therefore demands additional studying and improvement.*

**Ключевые слова:** мотальная паковка, сматывание, натяжение, нити, диаметр.

**Keywords:** packing reeling, winding, tension, thread, diameter.

Групповое сматывание нитей с одной мотальной паковки широко применяется в ткацком и трикотажном производстве. Это сматывание нитей основы с ткацких навоев, сход лент с барабана ленточных сновальных машин (как конусных, так и штифтных) при перевивке их на навой, сматывание нитей основы с партии сновальных валиков при шлихтовании и т.д.

Очевидно, что данный процесс существенно отличается от процесса схода одиночной нити с мотальных паковок различ-

ного вида, поэтому он требует отдельного изучения.

Так, рассмотрению процесса сматывания нитей с навоя посвящены работы многих исследователей, как в нашей стране, так и за рубежом, а главными задачами их научных изысканий являлись вопросы:

- обеспечения одинакового и постоянного натяжения всех сматываемых нитей;
- одновременности схода всех нитей с мотальной питающей паковки, то есть исключения разновидности нитей.

Следует отметить, что групповое сматывание нитей в основном осуществляется с паковок цилиндрической формы (навоев сновальных валиков), однако в ленточном сновании перевивка основы с барабана на ткацкий навой осуществляется с цилиндрической поверхности, но с осевым смещением всех нитей в ленте с помощью суппорта. Это необходимое условие ленточного снования, исключающее образование слетов витков намотки на торцы лент и врезание верхних витков в толщу намотки, затрудняя ее сход нитей с паковки.

Решение первой задачи – обеспечение постоянного натяжения всех сматываемых с паковки нитей, по нашему мнению, возможно только при идеальной цилиндричности намотки, без бугров и впадин, так как в противном случае нити, находящиеся на буграх намотки, будут натянуты больше, чем нити, расположенные во впадинах, которые будут провисать относительно первых и иметь меньшее натяжение.

Выравнивание натяжения нитей в группе (идуших с навоя или сновального барабана) обычно добиваются за счет по-

движной системы скал или тормозных (компенсирующих) валиков, а по сути, за счет вытяжки наиболее натянутых нитей до провисающих, что отрицательно сказывается на физико-механических свойствах данных нитей, а в конечном итоге – и на качестве готовых изделий.

В работе [1] приведено условие, при выполнении которого устраняется бугристость намотки навоев и сновальных валиков. Это условие имеет вид:

$$\frac{\delta_1 T_1}{Y_1} = \frac{\delta_2 T_2}{Y_2} = \frac{\delta_3 T_3}{Y_3} = \dots = \frac{\delta_n T_n}{Y_n}, \quad (1)$$

где  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  и  $\delta_n$  – соответственно отклонение диаметра намотки от среднего значения на отдельном участке намотки паковки (рис. 1 – схема намотки нитей на сновальный валик);  $T_1, T_2, T_3$  и  $T_n$  – фактическая линейная плотность нитей, намотанных на соответствующих участках намотки паковки;  $Y_1, Y_2, Y_3$  и  $Y_n$  – объемная плотность намотки нитей на соответствующих участках намотки паковки.

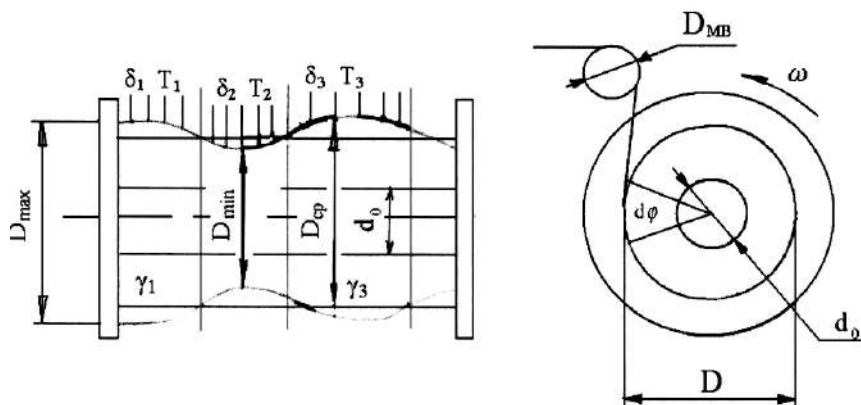


Рис. 1

В это условие (1) натяжение нитей непосредственно не входит, но оно присутствует в нем опосредованно. Так, на участках с высоким натяжением нитей  $T_1$  будет меньше (за счет вытяжки), а  $\gamma_1$  будет больше (за счет врезания витков в толщу намотки). В этом случае равенство (1) нарушается как бы дважды. Вот почему многие исследователи отмечают необхо-

димость выравнивания среднего натяжения отдельных нитей, расположенных на разных в осевом направлении участках намотки паковки. Конечно-укатывающий барабан (на партионной сновальной машине) или укатывающий валик (на шлифовальной машине), надавливая на выступающие бугры в ходе формирования паковки, стремится выровнять объемную

плотность намотки в осевом направлении паковки (то есть выполнить условие устранения бугристости), но не всегда справляется со своей задачей. Это обусловлено может быть и тем, что нити, идущие со шпулярика неравномерно, распределены вдоль образующей паковки, или разнонатянуты, что приводит к их различному смещению вдоль оси паковки, «набеганию» друг на друга (образованию бугров) или образованию «впадин» намотки.

Исследования по определению разнородности нитей при их разматывании с навоя показали, что процент разнородности нитей в намотке можно определить по формуле:

$$S_i = \frac{(L_{i1} - L_{i2})}{L_{i1}} \cdot 100\% = \frac{(D_{i1} - D_{i2})}{D_{i1} + d_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $L_{i1}$  и  $L_{i2}$  – длина нитей в первой группе на  $i$ -м участке, соответственно большая и меньшая по длине нити;  $D_{i1}$  и  $D_{i2}$  – диаметр намотки нитей на  $i$ -м участке соответственно по первой и второй нитям.

Очевидно, что максимальная разнородность может быть определена из выражения:

$$S_{\max} = \frac{|\Delta L_{\max}|}{L_{\min}} \cdot 100\% = \frac{(D_{\max} - D_{\min})}{D_{\min} + d_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $\Delta L_{\max}$  – максимальное отклонение в длине нитей;  $D_{\max}$  – максимальный диаметр намотки паковки;  $D_{\min}$  – минимальный диаметр намотки паковки.

В этом можно убедиться, если учесть, что:

$$L_{\max} = \frac{D_{\max} + d_0}{4} \varphi, \quad (4)$$

$$\varphi = \int_0^t \omega dt = \int_0^t \frac{2\vartheta_0 \eta}{d_{\text{MB}}} dt = \frac{2\eta}{d_{\text{MB}}} \int_0^t \vartheta_0 dt = \frac{2\eta}{d_{\text{MB}}} L, \quad (7)$$

где  $t$  – время намотки нити;  $L$  – длина намотки нити.

Угол поворота вала счетчика:

$$L_{\min} = \frac{D_{\min} + d_0}{4} \varphi, \quad (5)$$

где  $\varphi$  – угол поворота паковки при ее формировании.

Из выражений (4) и (5) следует, что увеличение диаметра ствола –  $d_0$  мотальной паковки, на которой формируется намотка группы нитей, значительно снизит процесс разнородности нитей в намотке.

Образование разнородности нитей в намотке партионных сновальных валиков или в намотке лент может происходить из-за ошибок в измерении длины снования (отдельных валиков или лент) с помощью мерильного валика с механическим счетчиком.

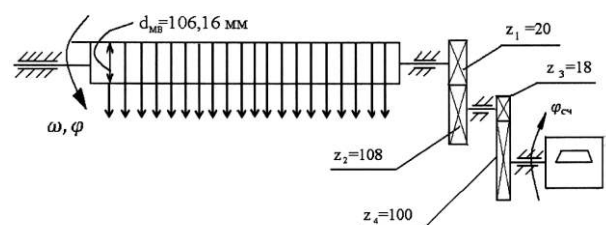


Рис. 2

На рис. 2 показана схема механического счетчика партионной сновальной машины.

Угловая скорость вращения мерильного валика:

$$\omega = \frac{2\vartheta_0}{d_{\text{MB}}} \eta, \quad (6)$$

где  $\vartheta_0$  – окружная скорость снования;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий проскальзывание нитей по поверхности мерильного валика;  $d_{\text{MB}}$  – диаметр мерильного валика.

Угол поворота мерильного валика:

$$\varphi_{\text{сч}} = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\eta L}{d_{\text{MB}}^2} \eta, \quad (8)$$

где  $i$  – передаточное отношение от мерильного валика к валу счетчика. Длина нитей, отмеренная мерильным валиком:

$$L = \frac{\varphi_{сч} d_{МВ}}{2\eta}, \quad (9)$$

$$\varphi_{сч} = \frac{2\pi k_{сч}}{10}, \quad (10)$$

где  $k_{сч}$  – показание счетчика.

При одном обороте вала счетчика он показывает 10. Тогда:

$$L = \frac{2\pi k_{сч} d_{МВ}}{10 \cdot 2\eta} = \frac{\pi k_{сч} d_{МВ}^i}{10\eta}. \quad (11)$$

Для удобства отсчета необходимо, что-

бы  $L = k_{сч}$ , то есть  $\frac{\pi d_{МВ}^i}{10\eta} = 1$ ,

или

$$i = \frac{10\eta}{\pi d_{МВ}} \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \frac{\pi \cdot 0,10616}{10} \frac{108 \cdot 100}{20 \cdot 18} = 1.$$

Однако коэффициент проскальзывания  $\eta \neq \text{const}$  (он зависит от массы валика, времени на останов и т.д.), поэтому длины сновки не всегда равны показанию счетчика  $L \neq L_c$ . Особенно велики погрешности в измерении длины снования при пусках и остановках машины.

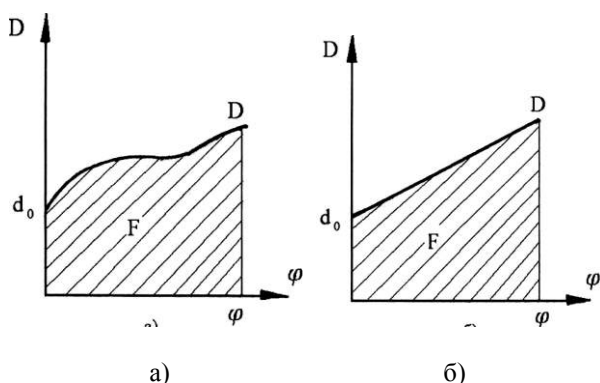


Рис. 3

Поэтому для точного определения длины навивки группы нитей на одну паковку необходима разработка конструкции интегрирующего устройства под кривой  $D=D(\varphi)$  (рис. 3-а). На рис. 3 представлены графики

зависимости диаметра намотки паковки от угла ее поворота.

Впрочем, если объемная плотность намотки остается постоянной в радиальном направлении паковки при формировании последней, то зависимости  $D=D1(\varphi)$  и  $D=D2(\varphi)$  носят линейный характер (рис. 3-б).

В этом случае:

$$F_1 = \frac{D_1 + d_0}{4} \varphi_1 \text{ и } F_2 = \frac{D_2 + d_0}{4} \varphi_2. \quad (12)$$

Условие равенства длин снования (навивок) будет иметь вид:

$$(D_1 + d_0)\varphi_1 = (D_2 + d_0)\varphi_2. \quad (13)$$

Таким образом, для данного случая нужно только суммирующе-перемножающее устройство.

## ВЫВОДЫ

1. При сматывании групп нитей с одной мотальной паковки для обеспечения одинакового и постоянного их натяжения необходимо добиваться строгой цилиндричности поверхности паковки, исключая бугристость намотки.

2. Равная длина групп нитей, навиваемых на одну паковку, может быть достигнута за счет разработки и использования интегрирующих счетчиков, считывающих число оборотов паковки и приращение диаметра намотки нитей.

3. Снижение неоднородности (отходов) нитей, навиваемых на одну паковку, возможно за счет увеличения диаметра ствола паковки, на которую наматываются группы нитей (ленты).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайцев И.П.* Исследование структуры намотки и процесса формирования партионных сновальных паковок: Дис...канд. техн. наук. – Л.: ЛИТЛПИ им. Кирова, 1970.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 30.09.13.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ТКАНИ С РАЗНОУРАБАТЫВАЮЩИМИСЯ НИТЯМИ ОСНОВЫ**

**FORECASTING OF POSSIBILITY OF FORMATION  
OF FABRIC WITH THE THREADS  
OF A BASIS HAVING DIFFERENT SIZE OF SHRINKAGE**

*Л.В. КОЖЕВНИКОВА, А.В. АДУСИНА, Т.Ю. КАРЕВА*  
*L.V. KOZHEVNIKOVA, A.V. AVDUSINA, T.YU. KAREVA*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail :pti@igta.ru)

*В статье приводится материал по теоретическому исследованию возможной величины разницы между величинами уработок разнопереплетающихся нитей основы при формировании тканей с рельефной структурой, тканей с продольными полосами, клетками и т.д., при которой технологический процесс будет протекать нормально. В результате проведенных исследований получено математическое выражение, позволяющее прогнозировать возможность формирования ткани с разноурабатываемыми нитями основы с учетом их жесткостных характеристик.*

*The material is given in article on theoretical research of possible size of a difference of shrinkages of different threads of a basis when forming fabrics with relief structure, fabrics with longitudinal strips, cages, etc. when technological process will normally proceed. As a result of the conducted researches mathematical expression which allows to predict possibility of formation of fabric with different basis threads taking into account their rigidity on a bend is received.*

**Ключевые слова:** уработка основных нитей, ткани с рельефной структурой, продольными полосами, жесткость нитей на изгиб, возможность использования разных нитей.

**Keywords:** shrinkage of the main threads, fabric of relief structure, longitudinal strips, rigidity of threads on a bend, opportunity to use different basis threads in fabric.

В настоящее время на мировом рынке текстильных полотен преобладают ткани, имеющие разнообразные эффекты на поверхности, полученные как за счет использования нитей разной линейной плотности, сырьевого состава и структуры, так и за счет использования различных переплетений, имеющих значимо различную среднюю длину перекрытия нитей основы, за счет чего на ткани получают участки с выпуклой и вогнутой структурой. Однако использование переплетений с разной величиной уработки нитей основы в преде-

лах раппорта ткани приводит либо к обрывности, либо к провисанию последних. В связи с этим, прогнозирование возможной величины разницы между величинами уработок нитей основы при формировании тканей с рельефной структурой, тканей с продольными полосами, клетками и т.д., при котором технологический процесс будет протекать нормально, является задачей актуальной.

Нами проведены теоретические исследования по определению возможной величины разницы между значениями уработок



нитей основы, формирующих две продольных полосы ткани (плотность ткани в полосах одинаковая). Рассмотрим, как будет изменяться длина основной нити, идущей в одну и вторую полосы. Известно выражение для определения длины основы необходимой для формирования ткани:

$$L_o = \frac{L_{\text{тк}}}{1 - 0,01a_o}, \quad (1)$$

где  $L_{\text{тк}}$  – длина отрезка ткани, мм;  $a_o$  – уработка нитей основы, %.

Тогда длина основы, необходимая для формирования одного и того же участка по длине ткани двух полос, будет определяться следующим образом:

$$L_{o1} = \frac{L_{\text{тк}}}{1 - 0,01a_{o1}}, \quad L_{o2} = \frac{L_{\text{тк}}}{1 - 0,01a_{o2}}, \quad (2)$$

где  $a_{o1}, a_{o2}$  – уработка нитей основы соответственно в первой и второй полосах ткани, %;  $L_{o1}, L_{o2}$  – длина основы, необходимая для формирования соответственно первой и второй полос одной длины ткани, мм.

Приравняем выражения (2) через  $L_{\text{тк}}$ . Таким образом, что

$$L_{o2}(1 - 0,01a_{o2}) = L_{o1}(1 - 0,01a_{o1}). \quad (3)$$

Предположим, что вторая полоса ткани формируется основными нитями, имеющими большую величину уработки, чем нити основы первой полосы. Тогда длина основы, необходимая для формирования второй полосы ткани, вследствие разницы уработок нитей, может быть больше длины основы, необходимой для формирования первой полосы ткани на некоторую величину  $\Delta L$ :

$$L_{o2} = L_{o1} + \Delta L. \quad (4)$$

Подставив выражение (4) в формулу (3), получим:

$$(L_{o1} + \Delta L)(1 - 0,01a_{o2}) = L_{o1}(1 - 0,01a_{o1}). \quad (5)$$

Откуда следует, что

$$\Delta L = \frac{0,01L_{o1}(a_{o2} - a_{o1})}{1 - 0,01a_{o2}}. \quad (6)$$

В выражение (6) входит разница значений уработок нитей основы во второй и первой полосах ткани, которое можно представить в виде:

$$\Delta a = a_{o2} - a_{o1}. \quad (7)$$

Тогда выражение (6), записанное только через уработку нитей основы первой полосы ткани, примет следующий вид:

$$\Delta L = \frac{0,01L_{o1}\Delta a}{1 - 0,01(a_{o1} + \Delta a)}. \quad (8)$$

В действительности, на ткацком станке запас длины  $\Delta L$  взять неоткуда, следовательно, эта величина будет соответствовать деформации нитей основы  $\lambda$ , то есть

$$\Delta L = \lambda_2, \quad (9)$$

где  $\lambda_2$  – деформация нитей основы второй полосы, мм.

Известно выражение для определения приращения натяжения нитей основы:

$$F = \frac{\lambda SE}{L_o}, \quad (10)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения нитей основы, мм<sup>2</sup>;  $E$  – модуль упругости нитей основы, МПа;  $\lambda$  – деформация нити основы, мм;  $L_o$  – приводимая длина основной нити, для которой рассчитывается деформация, мм.

В процессе формирования ткани нити основы испытывают деформацию от процессов зевобразования и прибоя. При этом наибольшее значение натяжения нити основы при выработке тканей средней линейной плотности имеет в момент прибоя. Таким образом, нити основы второй полосы в момент прибоя будут иметь суммарную деформацию  $\lambda_{o2}$ , мм:

$$\lambda_{o2} = \lambda_2 + \lambda_{np},$$

где  $\lambda_{np}$  – деформация нити основы от процесса прибора, мм.

Для нормального протекания процесса ткачества необходимым условием является тот факт, что натяжение нити основы  $F_o$  (Н) должно быть значительно меньше разрывной нагрузки:

$$F_o \ll F_{p.n}, \quad (11)$$

где  $F_{p.n}$  – разрывная нагрузка нитей основы, Н.

Как известно, разрывная нагрузка нитей основы может быть определена следующим образом:

$$F_{p.n} = Q_o T_o \cdot 10^{-2}, \quad (12)$$

где  $Q_o$  – относительная разрывная нагрузка, сН/текс;  $T_o$  – линейная плотность основной пряжи, текс.

Примем в первом приближении, что в процессе формирования ткани нить основы работает упруго [1]. В общей деформации (до момента разрушения материала)

упругая деформация, в зависимости от вида материала, может достигать 25...30%. Таким образом, для стабильного протека-

ния процесса ткачества с учетом (10) и (11) должно выполняться неравенство:

$$\lambda_2 + \lambda_{np} \ll \frac{0,25F_{p.n}L_o}{SE}, \quad (13)$$

где  $S = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}$ ;  $d_o$  – диаметр основной нити, мм.

Тогда выражение (13) с учетом (12) и (11) примет следующий вид:

$$\lambda_2 \ll \frac{L_o Q_o T_o \cdot 10^{-2}}{E\pi d_o^2} - \lambda_{np}. \quad (14)$$

Приняв во внимание, что,  $\lambda_2 = \Delta L$  имеем:

$$\frac{0,01L_{o1}\Delta a}{1-0,01(a_{o1} + \Delta a)} \ll \frac{L_o Q_o T_o \cdot 10^{-2}}{E\pi d_o^2} - \lambda_{np}. \quad (15)$$

Выразим из (15) возможную величину разницы между уработками нитей основы первой и второй полос, при которой процесс формирования ткани будет протекать стабильно, то есть не будет наблюдаться обрывности. Введем обозначение:

$$A = \frac{L_o Q_o T_o \cdot 10^{-2}}{E\pi d_o^2},$$

тогда

$$\begin{aligned} \frac{0,01L_{o1}\Delta a}{1-0,01(a_{o1} + \Delta a)} &\ll A - \lambda_{np}, \\ 0,01L_{o1}\Delta a &\ll (A - \lambda_{np})(1 - 0,01(a_{o1} + \Delta a)), \\ \Delta a(0,01L_{o1} + 0,01A - 0,01\lambda_{np}) &\ll (A - \lambda_{np})(1 - 0,01a_{o1}), \\ \Delta a &\ll \frac{(A - \lambda_{np})(1 - 0,01a_{o1})}{0,01(L_{o1} + A - \lambda_{np})}. \end{aligned} \quad (16)$$

Выражение (16) позволяет спрогнозировать поведение нитей основы в процессе ткачества. В силу равенства длины, идущей на формирование первой полосы ткани  $L_{o1}$ , и длины, на которую рассчиты-

вается деформация  $L_o$ , будет справедливо выражение  $L_{o1} = L_o$ , и уравнение (16) примет окончательный вид:

$$\Delta a \leq \frac{\left( \frac{L_o Q_o T_o \cdot 10^{-2}}{E \pi d_o^2} - \lambda_{np} \right) (1 - 0,01 \cdot a_{o1})}{0,01 \left( L_o + \frac{L_o Q_o T_o \cdot 10^{-2}}{E \pi d_o^2} - \lambda_{np} \right)} = \frac{\left( \frac{Q_o T_o 10^{-2}}{E \pi d_o^2} - \frac{\lambda_{np}}{L_o} \right) (1 - 0,01 a_{o1})}{0,01 \left( 1 + \frac{Q_o T_o \cdot 10^{-2}}{E \pi d_o^2} - \frac{\lambda_{np}}{L_o} \right)}. \quad (17)$$

Следует заметить, что длина основной нити, подвергающейся деформации в процессе формирования ткани, принимается от точки схода основы с ткацкого навоя до опушки ткани в момент заступа. Выполним расчет возможной разницы значений уработок нитей основы при формировании хлопчатобумажной ткани 123 артикула, для которой  $P_o = 246$  нит/дм,  $P_y = 224$  нит/дм,  $a_o = 7\%$ ,  $a_y = 6,9\%$ ,  $T_o = 25$  текс,  $T_y = 29$  текс. Принимаем модуль упругости нитей для основной хлопчатобумажной пряжи 25 текс  $E = 1170$  МПа,  $Q_o = 11$  сН/текс,  $L_o = 1,042 = 1042$  мм. Тогда, согласно формуле (17) и с учетом того, что  $d_o = 0,03162 c_o \sqrt{T_o} \tau_o$ , и принимая  $\tau_o = 0,95$ , получим  $\Delta a \leq 1,06\%$ .

Модуль упругости нитей для каждого конкретного случая необходимо определять экспериментально. Например, в случае если модуль упругости нитей основы

будет равен 1500 МПа, то согласно формуле (17)  $\Delta a \leq 0,64\%$ .

## ВЫВОДЫ

Получено выражение, позволяющее прогнозировать возможность формирования ткани с разноуробатываемыми нитями основы с учетом их жесткостных характеристик.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Власов П.В., Сумарукова Р.И., Юхин С.С. Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., Легпромбыт-издат, 1995.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных изделий. Поступила 11.11.13.

УДК 677.024

## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТКАНИ

## THE EXPERIMENT-CALCULATED METHOD USED TO EVALUATE BEARING SURFACE OF FABRIC

Э.А. ОНИКОВ, Д.В. СУМЕРИНА  
E.A. ONIKOV, D.V. SUMERINA

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: d.sumerina@gmail.com

*Статья посвящена разработке нового расчетно-экспериментального метода определения опорной поверхности ткани. В результате выполненной работы путем определения уработки и расчета, приведенного в статье, найдена опорная поверхность ткани.*

*The experiment-calculated method used to evaluate bearing surface of fabric has been developed. Bearing surface of fabric is found by determining warp and weft contraction on fabric and calculating in the article.*

**Ключевые слова:** уработка основы, уработка утка, фаза строения ткани, опорная поверхность ткани.

**Keywords:** warp contraction, weft contraction, phase construction of fabric, bearing surface of fabric.

В ЦНИХБИ при разработке многозевного ткацкого станка был предложен расчетно-экспериментальный метод определения фазы строения ткани и ее опорной поверхности, но экспериментально он проверен не был. В результате выполненного этапа работы экспериментально была подтверждена возможность определения фазы строения ткани и ее опорной поверхности с помощью предложенного метода. Это стало возможным в результате разработки метода определения уработки основы и утка в ткани с высокой точностью.

Известно несколько методов определения опорной поверхности ткани. Среди них наиболее точный – это экспериментальный метод определения опорной поверхности ткани путем фиксации ее поверхности с помощью копировальной бумаги [1]. Однако этот метод трудоемкий.

Ниже приведен расчетно-экспериментальный метод определения опорной по-

верхности тканей полотняного переплетения.

Исходные данные для определения опорной поверхности ткани:  $P_o$  – плотность ткани по основе, н/10см;  $P_y$  – плотность ткани по утку, н/10 см;  $T_o$  – линейная плотность основной нити, текс;  $T_y$  – линейная плотность уточной нити, текс;  $L_T$  – размеры образца ткани, из которой извлекаются нити, мм;  $\delta$  – коэффициент объемной плотности нити, зависящий от вида волокна.

Плотность нитей основы ( $P'_o$ ) и нитей утка ( $P'_y$ ), н/мм, равна:

$$P'_o = \frac{P_o}{100}, \text{ н/мм}, \quad (1)$$

$$P'_y = \frac{P_y}{100}, \text{ н/мм}.$$

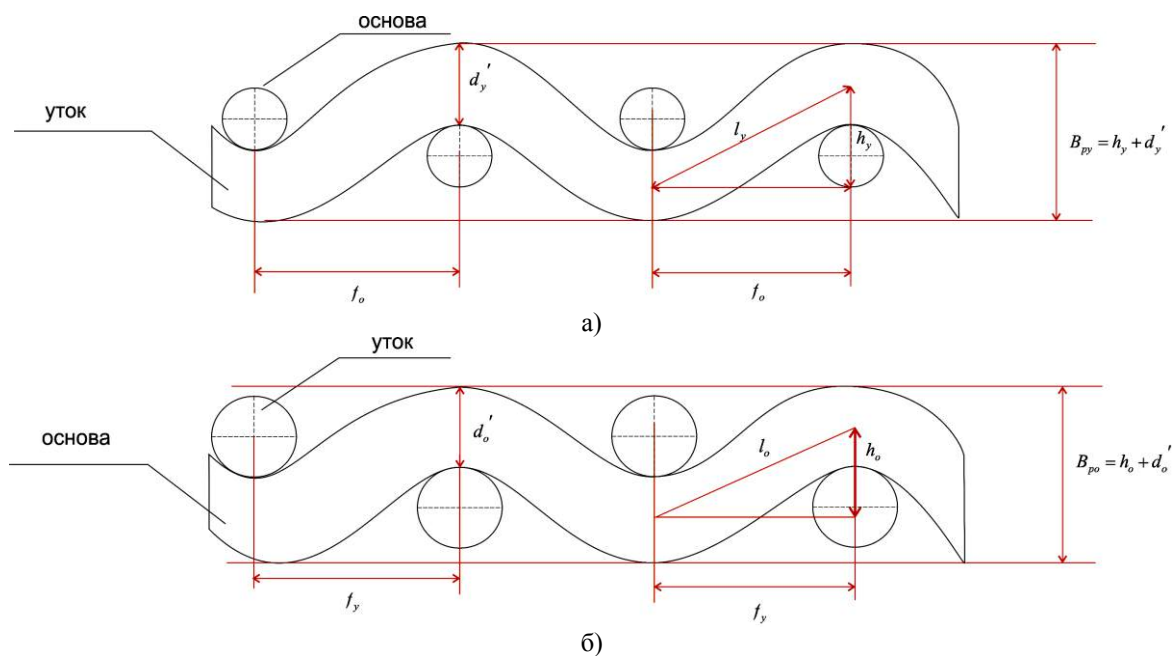


Рис. 1

Геометрическая плотность основных ( $f_o$ ) и уточных ( $f_y$ ) нитей в ткани (рис. 1-а – уточноопорная ткань, рис. 1-б – основоопорная) равна:

$$f_o = \frac{1}{P_o}, \text{ мм}, \quad (2)$$

$$f_y = \frac{1}{P_y}, \text{ мм}.$$

Длина основной ( $\ell_o$ ) и уточной ( $\ell_y$ ) нити в элементе ткани (рис. 1-б и а) равна:

$$\ell_o = \frac{L_o}{L_T P_y'}, \text{ мм}, \quad (3)$$

$$\ell_y = \frac{L_y}{L_T P_o'}, \text{ мм},$$

где  $L_o$ ,  $L_y$  – соответственно длина распрямленной основной и уточной нити, мм, извлеченной из образца ткани длиной  $L_T$ , мм. Она определяется экспериментально на динамометре для разрыва пряжи с диаграммой.

Высоты волн изгиба основной ( $h_o$ ) и уточной ( $h_y$ ) нити (рис. 1-а и б) равны:

$$h_o = \sqrt{(\ell_o^2 - f_o^2)}, \text{ мм}, \quad (4)$$

$$h_y = \sqrt{(\ell_y^2 - f_y^2)}, \text{ мм}.$$

Расчетные диаметры основной ( $d_o$ ) и уточной ( $d_y$ ) нити до их зарботки в ткань равны:

$$d_o = 0,0357 \sqrt{\frac{T_o}{\delta}}, \text{ мм}, \quad (5)$$

$$d_y = 0,0357 \sqrt{\frac{T_y}{\delta}}, \text{ мм}.$$

Известно, что сумма высот волн основы и утка в ткани равна сумме смятых диаметров основы ( $d_o'$ ) и утка ( $d_y'$ ) в ткани:

$$h_o + h_y = d_o' + d_y', \text{ мм}. \quad (6)$$

Учитывая, что нити из одного волокна сминаются в ткани в одинаковой степени, получаем:

$$d_o' = \frac{(d_o' + d_y')}{d_o + d_y} d_o = \frac{(h_o + h_y)}{d_o + d_y} d_o, \text{ мм}, \quad (7)$$

$$d_y' = \frac{(h_o + h_y)}{d_o + d_y} d_y, \text{ мм}.$$

Как видно по рисунку разреза ткани (рис. 1-а), расчетная толщина ткани, если ткань уточноопорная ( $B_{py}$ ), равна:

$$B_{py} = h_y + d_y' \text{ (мм)}. \quad (8)$$

Расчетная толщина ткани, если ткань основоопорная ( $B_{po}$ ), (рис. 1-б), равна:

$$B_{po} = h_o + d_o' \text{ (мм)}. \quad (9)$$

Сравнив расчетную толщину ткани с толщиной ткани, полученной экспериментально ( $B_{\text{э}}$ ), можно установить – ткань уточноопорная или основоопорная.

В процессе экспериментальной проверки метода было установлено, что для получения с высокой точностью результатов величины уработки нитей в ткани необходимо выбрать метод определения длины извлеченной из ткани основы или утка и отработать параметры ее определения. Анализ методов определения уработок нитей в ткани показал, что наиболее точные результаты обеспечивает метод [2], при котором длина распрямления нити измеряется на динамометре при нагрузках, близких к разрывным, но при этом исключается удлинение нити от нагрузки растяжения. Однако при использовании этого ме-

тогда необходимо, чтобы участок растяжения нити на диаграмме был бы прямолинейный. После уточнения параметров метода определения уработки, а также параметров определения толщины ткани было проведено определение опорной поверхности ткани типа бязь и фазы ее строения. Толщина ткани ( $B_3$ ) измерялась на приборе ТЭМ-1 под нагрузкой 30 сН. В зависимости от вида ткани нагрузка может изменяться.

Пример определения опорной поверхности ткани

Исходные данные, характеризующие образец ткани:  $P_o = 273$  нитей/10 см,  $P_y = 197$  нитей/10 см,  $T_o = 25$  текс,  $T_y = 29$  текс,  $L_T = 500$  мм,  $L_o = 515$  мм,  $L_y = 578$  мм,  $B_3 = 0,39$  мм. Пряжа хлопчатобумажная,  $\delta = 0,85$ .

$$P'_o = \frac{P_o}{100} = \frac{273}{100} = 2,73 \text{ н/мм}, \quad P'_y = \frac{P_y}{100} = \frac{197}{100} = 1,97 \text{ н/мм},$$

$$f_o = \frac{1}{P'_o} = \frac{1}{2,73} = 0,366 \text{ мм}, \quad f_y = \frac{1}{P'_y} = \frac{1}{1,97} = 0,508 \text{ мм},$$

$$\ell_o = \frac{L_o}{L_T P'_y} = \frac{515}{500 \cdot 1,97} = 0,523 \text{ мм}, \quad \ell_y = \frac{L_y}{L_T P'_o} = \frac{578}{500 \cdot 2,73} = 0,423 \text{ мм}$$

$$h_o = \sqrt{(\ell_o^2 - f_y^2)} = \sqrt{(0,523^2 - 0,508^2)} = 0,124 \text{ мм}, \quad h_y = \sqrt{(\ell_y^2 - f_o^2)} = \sqrt{(0,423^2 - 0,366^2)} = 0,212 \text{ мм},$$

$$d_o = 0,0357 \sqrt{\frac{T_o}{\delta}} = 0,0357 \sqrt{\frac{25}{0,85}} = 0,194 \text{ мм}, \quad d_y = 0,0357 \sqrt{\frac{T_y}{\delta}} = 0,0357 \sqrt{\frac{29}{0,85}} = 0,208 \text{ мм},$$

$$d_o' = \frac{d_o' + d_y'}{d_o + d_y} d_o = \frac{(h_o + h_y)}{d_o + d_y} d_o = \frac{(0,124 + 0,212)}{0,194 + 0,208} \cdot 0,194 = 0,162 \text{ мм},$$

$$d_y' = \frac{(h_o + h_y)}{d_o + d_y} d_y = \frac{(0,124 + 0,212)}{0,194 + 0,208} \cdot 0,208 = 0,174 \text{ мм},$$

$$B_{py} = h_y + d_y' = 0,212 + 0,174 = 0,386 \text{ мм}, \quad B_{po} = h_o + d_o' = 0,124 + 0,162 = 0,286 \text{ мм}.$$

Толщина ткани ( $B_3$ ), найденная экспериментально, равна 0,39 мм. Следовательно, ткань уточноопорная.

## ВЫВОДЫ

1. По данному расчетно-экспериментальному методу, сравнивая расчетную толщину ткани с толщиной ткани, полученной экспериментально, можно определить вид опорной поверхности ткани и фазы ее строения.

2. Для использования данного метода необходимо длину основы и утка, извлеченных из ткани, определять с высокой точностью.

3. Для определения с высокой точностью длины основы и утка, извлеченных из ткани, необходимо на диаграмме их растяжения на динамометре иметь прямолинейный участок растяжения нити.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Хамраева С.А. Оников Э.А.* Выработка ткани с высокой стойкостью к истиранию // Текстильная промышленность. – 1992, №1.
2. *Оников Э.А., Бородин В.А.* Способ определения длины уточины, вынутой из ткани // Сборник работ ЦНИХБИ за 1971г. – часть1. – М., 1973. С.93...101.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 07.02.14.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ НАМОТКИ ПО ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ НИТЕЙ В СЛОЯХ

### DETERMINATION OF DENSITY CHANGES LAWS ON WINDING LONG STRANDS IN LAYERS

*Н.А. КУЛИДА, А.В. КРУГЛОВ*  
*N.A. KULIDA, A.V. KRUGLOV*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: knatex@yandex.ru

*Разработана методика вычисления среднего значения плотности гаковки партионного снования по результатам мониторинга закономерности изменения коэффициента нарастания длины нитей в слоях.*

*The technique of calculating the average density of beam warping package of the monitoring results regularities of changes in the coefficient of increase in the length of the filament layers.*

**Ключевые слова:** партионное снование, плотность намотки, среднее значение, коэффициента нарастания длины нитей в слоях.

**Keywords:** beam warping, winding density, of the average value, the coefficient of the rise of the thread length in the layer.

Вычисление среднего значения плотности намотки по результатам измерения коэффициента нарастания длины нитей в слоях дает возможность включить в состав комплексного идентификатора паковки еще один параметр, позволяющий точнее определять различие в параметрах партии сновальных валов. Существующая методика определения средней плотности основана на измерении массы нитей в результате взвешивания наработанного вала и его геометрических размеров. В процессе снования указанный параметр не контролируется, что не позволяет определять закономерность изменения плотности намотки и в случае необходимости принимать меры по устранению существенных отклонений от нормативного значения.

Рассмотрим возможность определения средней плотности намотки по закономерности изменения коэффициента приращения длины нитей в слоях, приведенной на рис. 2 в [1]. Для вычисления искомого па-

раметра необходимо, чтобы функция  $\gamma_c(n)$ , описывающая закон изменения плотности намотки  $\gamma_c$  в зависимости от угла поворота паковки, определяемого как целое число ее оборотов  $n$ , являлась непрерывной на отрезке  $[n_0, n_k]$ , тогда среднее значение плотности

$$\bar{\gamma}_c = \frac{1}{n_k - n_0} \int_{n_0}^{n_k} \gamma_c(n) dn, \quad (1)$$

где  $n_0, n_k$  – соответственно начальное и конечное значения  $n$ .

Выразим  $\gamma_c(n)$  через коэффициент нарастания длины нитей в слоях  $k_L(n)$ , воспользовавшись результатами [1] и пренебрегая величиной перемещения слоев:

$$\gamma_c(n) = \frac{mT[\Phi(n)(n+1) + 2r_0]}{10^6 H\Phi(n)[\Phi(n)n + 2r_0]}, \quad (2)$$

где  $m$ ,  $H$ ,  $T$ ,  $r_0$  – соответственно количество нитей, рассадка фланцев, линейная плотность и радиус основания сновального вала:

$$\Phi(n) = k_L(n)(n + 0,5)^{-1}[(2\pi)^{-1} - r_0]. \quad (3)$$

Закономерность нарастания коэффициента приращения длины нитей в слоях  $k_L(n)$  найдена путем аппроксимации экспериментальных данных, полученных с помощью микропроцессорной системы [2] при намотке четырех сновальных валов. В

$$\gamma_c(n) = \frac{2\pi m T [((2\pi)^{-1} k_L(n) - r_0)(n-1) + 2r_0]}{10^6 H (n + 0,5)^{-1} (k_L(n) - 2\pi r_0) [((2\pi)^{-1} k_L(n) - r_0)n + 2r_0]}. \quad (4)$$

При  $k_L(n) = 2\pi r_0$  функция (4) терпит разрыв. В реальности, исходя из определения коэффициента приращения длины нитей в слоях,  $k_L(n) > 2\pi r_0$ . Однако, в отдельных случаях, когда, например, используется линейная аппроксимация вида  $k_L(n) = a + bn$ , коэффициент  $a < 2\pi r_0 - pb$  в некотором интервале изменения  $n$ , а при  $n = (2\pi r_0 - a)b^{-1}$  функция  $\gamma_c(n)$  разрывна. Поэтому важно при выборе аппроксимирующей зависимости анализировать непрерывность функции  $\gamma_c(n)$  в интервале  $[n_0, n_k]$ . Если окажется, что в указанном интервале  $\gamma_c(n)$  терпит разрыв, вычисление интеграла (1) невозможно. Преодолеть возникающие трудности можно путем выбора подходящего вида аппроксимирующей функции или за счет изменения значения нижнего предела интегрирования  $n_0$ .

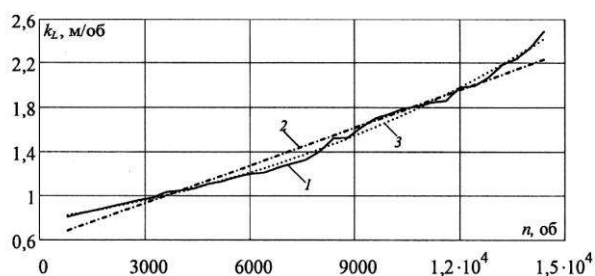


Рис. 1

На рис. 1 показаны экспериментальная 1, линейная 2 и нелинейная 3 аппроксимирующие функции. Линейная функция 2 имеет

качестве аппроксимирующих функций использовались линейные и нелинейные функции. Аппроксимация выполнена в *Machcad* [3] с использованием функции *regress* ( $x, y, k$ ), где  $x$  – вектор расположенных в порядке возрастания значений аргумента,  $y$  – вектор значений функций, соответствующих значениям аргумента,  $k$  – степень аппроксимирующего полинома.

Непрерывность функции  $\gamma_c(n)$  в интервале  $[n_0, n_k]$  определяется закономерностью изменения  $k_L(n)$ . Действительно, если в (2) использовать обозначение (3), то

вид  $k_L(n) = a + bn = 0,58752 + 1,1525 \cdot 10^{-4}n$  и при  $r_0 = 0,12$  а  $< 2\pi r_0$ , а при  $n = (2\pi r_0 - a)b^{-1} = (2\pi \cdot 0,12 - 0,58752) \cdot 1,1525 \cdot 10^{-1} = 1,43957 \cdot 10^3$  функция  $\gamma_c(n)$  разрывна. Поэтому вычисление интеграла возможно на интервале  $[n_0 = 1,43957 \cdot 10^3, n_k]$  с потерей точности определения средней плотности на всем периоде наматывания паковки.

Нелинейная функция  $k_L(n) = a + bn + cn^2 + dn^3 = 0,7762 + 5,3436 \cdot 10^{-5}n + 2,5448 \cdot 10^{-9}n^2 + 1,142 \cdot 10^{-13}n^3$  дает возможность выполнить интегрирование в интервале  $[0, n_k]$ , поскольку  $a = 0,7762 > 2\pi r_0$ . Различие в коэффициентах аппроксимирующих функций видно из рис. 1, где в начале координат нелинейная аппроксимирующая функция 3 обеспечивает более точное представление экспериментальных данных, поэтому при  $n = 0$  а  $> 2\pi r_0$  и функция (4) в этой точке непрерывна.

В табл. 1 представлены численные значения коэффициентов функции *regress* ( $x, y, k$ ) для различных  $k$ :  $k=1(a, b)$ ,  $k=2(a, b, c)$ ,  $k=3(a, b, c, d)$ . В табл. 1 строки с обозначениями номера экспериментальной зависимости со звездочкой соответствуют линейной аппроксимирующей функции ( $k=1$ ), в остальных случаях использовались нелинейные функции.

Полученные аппроксимирующие зависимости использованы при вычислении среднего значения плотности  $\bar{\gamma}_c$  (табл. 1). Здесь же для сравнения представлены экс-



периментальные значения плотности намотки сновальных валов  $\bar{\gamma}_m$ , полученные путем определения массы пряжи в ре-

зультате взвешивания и вычисления объема намотки.

Т а б л и ц а 1

Экспериментальные зависимости	Коэффициенты				Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
	a	b	c	d	$\bar{\gamma}_c$	$\bar{\gamma}_m$
1	0,7762	$5,3436 \cdot 10^{-5}$	$2,5448 \cdot 10^{-9}$	$1,142 \cdot 10^{-13}$	436,8	449,1
1*	0,58752	$1,1525 \cdot 10^{-4}$	-	-	518,0	
2	0,74742	$7,2222 \cdot 10^{-5}$	$5,0146 \cdot 10^{-11}$	-	516,6	516,8
2*	0,74489	$7,3064 \cdot 10^{-5}$	-	-	518,4	
3	0,75314	$7,1312 \cdot 10^{-5}$	$4,008 \cdot 10^{-10}$	$-6,833 \cdot 10^{-15}$	497,5	481,2
3*	0,74014	$7,627 \cdot 10^{-5}$	-	-	505,7	
4	0,7549	$7,1437 \cdot 10^{-5}$	$1,1424 \cdot 10^{-10}$	-	505,3	487,0
4*	0,7494	$7,3311 \cdot 10^{-5}$	-	-	508,2	

Для экспериментальной зависимости 1\* (табл. 1) при использовании линейной аппроксимирующей функции  $a < 2\pi g_0$ , поэтому интегрирование выполнено в интервале [1500, 14400], аналогично определялся нижний предел интегрирования для других экспериментальных зависимостей, в случае когда  $a < 2\pi g_0$ . Верхний предел интегрирования соответствовал числу оборотов сновального вала при полной наработке паковки.

Оценка достоверности вычисления среднего значения плотности осуществлена для теоретических зависимостей 1 и 2 [рис. 1, 1] с плотностью соответственно 320 и 680 кг/м<sup>3</sup>. Значения интеграла (1) для теоретических зависимостей 1 и 2 [рис. 1, 1] совпали с заданными значениями плотности, например, для плотности 320 кг/м<sup>3</sup> вычисленное значение составило 319,998 кг/м<sup>3</sup>, что свидетельствует о возможности вычисления плотности по предложенной методике.

В процессе формирования паковки плотность намотки может изменяться, поэтому важно это фиксировать и своевременно предпринимать меры по устранению причин, вызвавших изменения. Если для управления процессом используется система автоматического управления [4], то, учитывая, что при микропроцессорном измерении кинематических параметров осуществляется дискретизация, причем ее период определяется в основном точностью измерения кинематического параметра [5], характеризующего напряженное

состояние паковки, вычисление объемной плотности может быть осуществлено только по истечении времени намотки очередного слоя. Поэтому, наряду с контролем плотности очередного слоя, целесообразно вычислять среднее значение плотности намотанной части паковки. При определении текущего значения средней плотности в интеграле (1) верхний предел интегрирования должен быть переменным.

Плотность паковки, наряду с отмеченными ранее факторами, в значительной степени зависит от линейной плотности наматываемой пряжи. Допустимые ее изменения вследствие неровноты, вызывают колебания плотности.

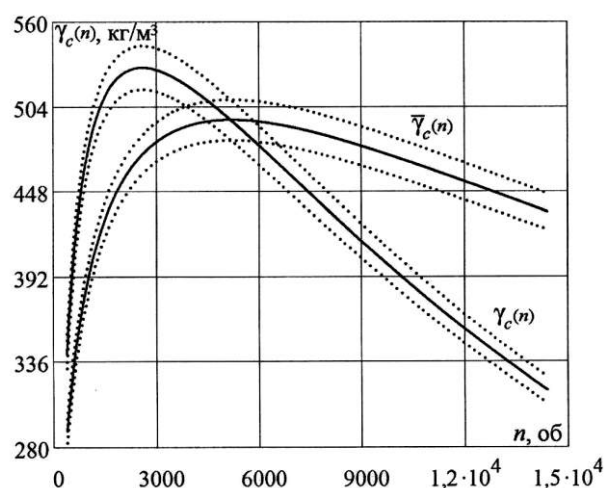


Рис. 2

На рис. 2 приведены кривые  $\bar{\gamma}_c(n)$  и  $\gamma_c(n)$  при наматывании паковки с эксперимен-

тальной зависимостью коэффициента  $k_L(n)=0,7762 + 5,3436 \cdot 10^{-5}n + 2,5448 \cdot 10^{-9}n^2 + 1,142 \cdot 10^{-13}n^3$ . Здесь же показаны зоны расположения указанных кривых при отклонениях линейной плотности  $\pm \Delta T$  от номинального значения ( $\pm 2,5\%$  от 18,5 текс).

Кроме отмеченного влияния линейной плотности среднее значение объемной плотности сновальной паковки зависит от процессов деформирования тела намотки в результате наматывания очередного слоя и релаксации пряжи [6]. Поскольку контролируемые кинематические параметры могут лишь косвенно характеризовать эти процессы, вопрос об учете параметров напряженно-деформированного состояния может быть решен при нахождении дополнительных каналов получения информации о процессе, например, при экспериментальном изучении деформирования тела намотки из пряжи определенного состава и линейной плотности, в результате которого может быть создана база данных о физико-механических характеристиках формируемых паковок. Однако даже без учета указанных процессов близость вычисленных значений средней плотности к экспериментальным данным свидетельствует о возможности применения методики определения среднего значения объемной плотности намотки паковки партионного снования.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена методика определения среднего значения плотности намотки па-

ковки партионного снования, основанная на аппроксимации экспериментальной зависимости коэффициента нарастания длины нитей в слоях от угла поворота паковки и вычислении интеграла (1).

2. При аппроксимации предпочтительно использовать нелинейные функции, обеспечивающие более близкое к эксперименту определение плотности намотки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кулида Н.А., Демидов Н.А., Круглов А.В. Методика отбора сновальных валов в партию на основе идентифицированных кинематических параметров их наматывания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С. 77...81.
2. Демидов Н.А. Микропроцессорная система контроля кинематических параметров партионного снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.159...161.
3. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad. – СПб.: Питер, 2005.
4. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К., Маховер В.Л. Новая безотходная технология формирования ткацкого навоя высокого качества // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 3. С. 43...45.
5. Кулида Н.А., Круглов А.В. Обоснование выбора периода квантования при измерениях кинематических параметров партионного снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6С. С. 91 ... 94
6. Вайнер И.И. Расчет цилиндрических текстильных паковок с учетом пассивных и активных зон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, № 5. С. 28...31.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 15.01.14.

УДК 677

**ВЛИЯНИЕ "ХОЛОДНОГО" СПОСОБА ПОДГОТОВКИ  
ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ НА КАЧЕСТВО КРАШЕНИЯ**

**THE INFLUENCE OF "COLD" METHOD  
OF PREPARING OF THE COTTON FABRIC FOR QUALITY DYEING**

*Е.В. МИЩЕНКО, Л.А. НЕСТЕРОВА, М.В. КОСТЫНА*  
*E.V. MISCHENKO, L.A. NESTEROVA, M.V. KOSTYNA*

(Херсонский национальный технический университет,  
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины)  
(Kherson National Technical University,  
National University of Life and Environmental Science of Ukraine)  
E-mail: kstu@tlc.kherson.ua

*В статье проведена сравнительная оценка показателей качества крашения субстантивными и несубстантивными красителями хлопчатобумажных тканей, подготовленных по типовому запарному щелочно-перекисному и "холодному" способам.*

*In article the comparative estimation of indicators of quality of dyeing is spent by substantive and not substantive dyes of the textile materials prepared on typical steamed alkaline peroxide method and "cold" ways.*

**Ключевые слова, подготовка, текстильный материал, холодный способ, пигмент, активный краситель, крашение, качество.**

**Keywords: preparing, textile materials, cold method, pigment, reactive dye, dyeing, quality.**

Для управления процессами крашения и получения требуемого результата качества окрашенного текстильного материала необходимо иметь сведения об основных свойствах волокна – поверхностных и объемных, которые влияют на процесс крашения [1...3].

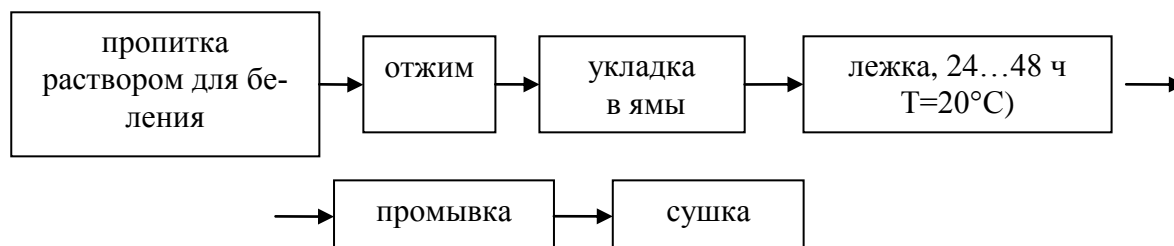
В процессе подготовки тканей свойства волокна изменяют таким образом, чтобы

обеспечить необходимую сорбционную способность волокна и диффузионную проницаемость в процессе крашения.

В настоящее время технологии подготовки хлопчатобумажных тканей с применением пара претерпели значительную трансформацию и вытесняются низкотемпературными способами, которые называют "холодными". Однако при этом прак-

тически отсутствуют данные о том, насколько волокна тканей, подготовленных по "холодному" способу, соответствуют по своему составу свойствам и структуре волокнам, подготовленным по типовым запарным способам.

С учетом вышеотмеченного необходимо исследования, которые позволят выявить особенности, приобретаемые волокном после указанных способов подготовки.



Как видно из схемы, "холодная" технология подготовки, используемая предприятиями, характеризуется значительным сокращением технологической схемы и полностью осуществляется при темпера-

Задачей настоящего исследования была сравнительная оценка показателей качества тканей, подготовленных по различным технологиям.

Хлопчатобумажная ткань – бязь арт. 1В0276 ХЕ производства ОАО "Херсонский хлопчатобумажный комбинат" в условиях предприятия подвергалась подготовке по схемам "холодного" способа, применяемой на производстве, а также по запарному щелочно-перекисному способу белизны.

туре производственного помещения без применения теплоносителя.

Подготовленные по двум схемам ткани сравнивали по показателям качества (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Запарной щелочно-перекисный способ подготовки	"Холодная" технология подготовки
Капиллярность, мм/60'	150	110...130
Содержание воскообразных веществ, %	0,18...0,32	0,8
Белизна, %	82	83
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	128	145
Разрывная нагрузка, кгс:		
по основе	36,0	43,1
по утку	24,0	34,4
Устойчивость к истиранию	600	2200

Как следует из табл.1, "холодная" технология обеспечивает улучшение свойств по многим показателям, установленным ГОСТ на соответствующую текстильную продукцию: повышается степень белизны ткани, устойчивость к истиранию увеличивается более чем в 3 раза, значительно повышается разрывная нагрузка ткани по основе и утку. Увеличивается также поверхностная плотность ткани. Подготовленная по "холодному" способу ткань характеризуется эластичностью, наполненным грифом, который ткани обычно приобретают после процесса аппретирования.

Оценка качества тканей, подготовленных по "холодному" способу, показала, что способ обеспечивает, прежде всего, сохранение прочности волокна, исключая его деструкцию и потерю массы волокна, которая может составлять 10...15% и более. Однако достаточно высокая капиллярность волокна оказалась "ложной": при тщательной промывке ткани капиллярность снижалась до 80 мм/60' и ниже, то есть капиллярность ткани, подготовленной по "холодному" способу, обеспечивалась наличием на ее поверхности поверхностно-активных веществ (ПАВ). Наличие

ПАВ на поверхности волокна отражалось положительно и при последующем крашении: наблюдалась высокая ровнота окрас-

ки ткани при крашении активными красителями (табл.2) и пигментами (табл.4).

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Значение показателя качества крашения ткани активным красителем Drimarene Orange CL-3R	
	запарной щелочно-перекисный способ подготовки	"холодная" технология подготовки
Степень фиксации, %	72,55	62,30
Сорбция, г/кг	21,75	18,60
Степень гидролиза, %	21,09	29,55
Устойчивость окраски к стирке, балл	5/4	4/4
Устойчивость окраски к трению, балл	5/4	5/4
Устойчивость окраски к свету, балл	7	7
Неровнота окраски, %	6,0	2,0

Как видно из табл. 2, ровнота окраски заметно повышается. Однако сорбция красителя и степень его фиксации на волокне снижаются, что связано с уменьшением объемов микро- и макропор. Данные с характеристиками поровой структуры волокон тканей, подготовленных по запарному и "холодному" способам, приведены в табл. 3. В указанной таблице поровая структура оценена показателями, которые

объединяют понятие "дифференциальное влагосодержание", а именно: полная влагоемкость, гигроскопическая влага, адсорбированная влага.

Уменьшение показателей пористости волокна отрицательно влияет на процесс крашения субстантивными красителями, так как снижаются диффузионные и сорбционные свойства.

Т а б л и ц а 3

Дифференциальное влагосодержание, %		Запарной щелочно-перекисный способ подготовки	"Холодная" технология подготовки
Полная влагоемкость		107	92,3
Гигроскопическая влага		28	23,0
Адсорбированная влага	микропор	14	11,6
	макропор	5,4	4,2

Положительное влияние наличия ПАВ на поверхности ткани на ровноту окраски особенно ярко проявилось при крашении пигментами в средние тона. Известно, что пигментами стремятся красить лишь в светлые тона, поскольку при крашении в средние и тем более в темные тона из-за миграции красителя при сушке имеет место значительная неровнота окраски. Ниже, в табл. 4, показано, как изменяются показатели качества окрасок пигментами при переходе на "холодный" способ беле-ния.

Показатели устойчивости пигментных окрасок не снижаются, а ровнота окраски увеличивается, что позволяет производить

крашение тканей пигментами в средние тона [3...6].

Вследствие специфичного способа фиксации пигментов на ткани явления сорбции и диффузии красителя внутрь волокна перестают играть роль, а важное значение приобретают поверхностные свойства субстрата и взаимодействия в системе адгезив – субстрат.

В табл. 5 показано, как изменяются поверхностные свойства волокна, характеризующиеся показателем критической поверхностной энергии (КПЭ), в зависимости от схемы подготовки, и как эти изменения отражаются на работе адгезии связующих.

Т а б л и ц а 4

Степень подготовки ткани	Качество подготовки		Качество окраски пигментом алым 2 СТП							
			дисперсия полиуретана				дисперсия бутадиен-нитрильного карбоксилатного полимера			
	капиллярность, мм/60'	белизна, %	устойчивость, балл		интенсивность окраски	неровнота окраски	устойчивость, балл		интенсивность окраски	неровнота окраски
			к стирке	к трению			к стирке	к трению		
Расшлихтовка	10	64	5/5	4/5	2,3	-	4/4	3/4	2,2	-
Расшлихтовка, отварка, отбелка по запарному способу	154	83	5/5	4/5	1,9	11	4/5	4/4	2,0	12
Расшлихтовка, отварка, отбелка по запарному способу, мерсеризация	160	81	5/5	4/5	2,0	13	5/5	4/5	2,1	10
Расшлихтовка, отварка, отбелка по "холодному" способу	135	84	5/5	4/5	2,2	2	5/5	4/5	2,3	2

Непрогнозируемым явилось повышение устойчивости пигментных окрасок при использовании некоторых типов связующих, полученных на тканях, подготовленных по "холодному" способу. Повышение устойчивости окрасок объяснено изменением работы адгезии связующих к субстратам и снижением межфазного натяжения в системе волокно – адгезив.

Как показали исследования (табл. 5), работа адгезии полиуретановых связую-

щих не повышается с увеличением степени подготовки ткани: на отваренных образцах ткани отмечается примерно такое же значение работы адгезии, как и на отбеленных. Напротив, при применении акрилового связующего и поливинилацетата (ПВА) с увеличением степени подготовки ткани работа адгезии повышается. Мерсеризация снижает работу адгезии этих связующих, поскольку поверхностная энергия ткани после мерсеризации уменьшается.

Т а б л и ц а 5

Степень подготовки хлопчатобумажной ткани	КПЭ, мН/м	Работа адгезии связующего, мН/м				
		дисперсия полиуретана		дисперсия поливинилацетата	дисперсия акриловая	дисперсия бутадиен-нитрильного карбоксилатного полимера
		№1	№ 2			
Суровая	25,8	59,4	60,7	78,5	67,3	80,9
Расшлихтованная	30,0	64,1	65,5	84,7	72,6	87,2
Расшлихтованная и отваренная	40,0	76,9	75,6	97,8	83,8	100,7
Отваренная и отбеленная по запарному способу	43,9	77,5	76,2	102,4	87,8	105,5
Мерсеризованная (после белиения)	41,2	75,1	76,7	99,2	85,0	102,2
Расшлихтованная и отбеленная по "холодному" способу	38,2	72,3	73,9	95,6	81,9	98,4

При использовании для крашения пигментов связующих на основе уретановых полимеров подготовку текстильного материала можно ограничить расшлихтовкой и

отваркой или расшлихтовкой и белиением, то есть схема подготовки хлопчатобумажной ткани может быть облегчена без снижения качества окрашенных тканей.

Полученные данные позволяют заключить, что мерсеризация при пигментном крашении не оказывает такого влияния, как при крашении субстантивными красителями. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при пигментном крашении поверхностные свойства волокна играют большую роль, чем его объемные свойства, в соответствии с чем ткани, направляемые под крашение несубстантивными пигментами, могут быть подготовлены по "холодному" способу.

"Холодный" способ беления обеспечивает получение необходимой белизны, что в свою очередь обеспечивает сохранение яркости пигментных окрасок. Однако при крашении тканей, подготовленных по "холодному" способу субстантивными красителями, необходимо принимать во внимание ухудшение показателей, характеризующих объемные свойства волокна. Повышение показателей объемных свойств волокна может быть восполнено непосредственно в процессе крашения путем применения соответствующих способов интенсификации. Практический интерес в данном случае могут представить добавки смесей органических растворителей, способных влиять на диффузионные и сорбционные свойства волокна.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что при подготовке хлопчатобумажной ткани по низкотемпературному способу снижаются показатели свойств волокна, определяющие их диффузионную и сорбционную способность по отношению к красителям.

2. Установлено, что процесс крашения субстантивными, в частности активными красителями, тканей, подготовленных по низкотемпературным способам, нуждается в соответствующей интенсификации, обеспечивающей улучшение объемных свойств волокна и требуемое качество окрасок.

3. Поскольку объемные свойства волокна на процесс крашения пигментами не оказывают такого влияния, как поверхностные, "холодные" способы подготовки целесообразны для тканей, предназначенных для колорирования пигментами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
2. Сафонов В.В. Изменение сорбционных и поверхностных свойств хлопчатобумажных тканей в процессах подготовки к колорированию // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №2. С.43.
3. Ковальчук Л.С. и др. Интенсификация процессов предварительной подготовки хлопчатобумажных тканей // ЦНИИТЭИ. – 1979, №6. С.62.
4. Погоріла О.В. Розробка латексної композиції для фарбування пігментами // Легка промисловість. – 1999, №4. С.58...59.
5. Гнидець В.П., Погорелая Е.В., Субботина Н.Е. Повышение устойчивости и интенсивности пигментных окрасок // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2000, №3(9). С.318...319.
6. Погорелая Е.В., Слезко Г.Ф., Сумская О.П. Оценка качества окрасок, формируемых пигментами на хлопчатобумажных тканях // Мат. Всеукраинской научн.-техн. конф.: Проблемы легкой и текстильной промышленности на пороге нового века. – Херсон, 1999. С.112...113.

Рекомендована кафедрой химии и экологии ХНТУ. Поступила 15.01.14.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОПИТЫВАЕМОСТИ БАЗАЛЬТОВОЙ НИТИ  
ПРИ МОДИФИКАЦИИ ЗАМАСЛИВАТЕЛЯ 4С  
СМАЧИВАЮЩИМИ АГЕНТАМИ\***

**RESEARCHES OF PENETRATING POWER OF BASALT YARN  
BY WETTING AGENTS WHEN MODIFYING SIZE 4C**

*Н. М. ДЕМИНА, К. П. ЦВЕТКОВА, В. К. ГРОМКОВ  
N.M. DEMINA, K.P. TSVETKOVA, V.K. GROMKOV*

(ОАО "НПО Стеклопластик", Московская обл., Солнечногорский р-н, р.п. Андреевка)  
(OJSC «NPO Stekloplastic», Moscow Region, Solnechnogorsk r-n, p/o Andreevka)  
E-mail: kristinapavlovna@mail.ru

*В работе выполнено исследование возможности введения в промышленный замасливатель 4с ряда смачивателей российских производителей с целью увеличения пропитываемости обработанного непрерывного базальтового волокна. В ходе эксперимента определены торговые марки смачивателей и концентрационные пределы их использования, увеличивающие пропитываемость базальтового волокна эпоксиангидридным связующим.*

*In the course of work we studied the possibility of introducing into the industrial size 4C a number of wetting agents of the Russian producers to improve the penetration of the treated continuous basalt fiber. In the course of tests there were defined the trade marks of the wetting agent and concentration levels during their use resulting into increasing the penetration power of the basalt fiber by epoxy-anhydride binder.*

**Ключевые слова:** базальтовое волокно, смачиватель, замасливатель 4С, пропитываемость, микробазальтопластик, эпоксиангидридное связующее.

**Keywords:** basalt fiber, wetting agent, size 4C, penetration, microbasalt-plastic, epoxyanhydride binder.

В настоящее время технологией получения промышленного конструкционного непрерывного базальтового волокна (НБВ) владеют Россия, Украина, Грузия. Запущены и/или строятся заводы в Китае и Европе. В ближайшие годы базальтовое волокно займет значительную долю в индустрии армирующих материалов.

Преимущества НБВ перед стеклянными волокнами типа Е доказаны: прочность, термостойкость, коррозионная устойчивость [1]. Однако небольшие объемы промышленного производства (не более 3

тыс. тонн в год во всем мире) и непроработанная нормативная база по применению сдерживают технический прогресс в данной области.

Представители компании BSP (Basalt Specialty Products, Inc., США) отмечают, что в себестоимости производства базальтового волокна значительную долю занимают затраты на энергоносители и рабочую силу, а также технологические проблемы. Констатируется отсутствие специальных замасливателей для базальтового волокна, которые достаточно успешно ре-

\* Работа выполнена при содействии проф., докт. хим. наук. Г. П. Шапошникова (Ивановский государственный химико-технологический университет).



шали бы задачи смазки во время производства/переработки и функции совместимости волокна с различными матрицами (преимущественно с эпоксидной [2]).

В России в подотрасли производства непрерывного базальтового волокна широко используется замасливатель 4с, который обеспечивает наивысшие прочностные свойства эпоксидных базальтопластиков.

Замасливатель №4с разработан ОАО "НПО Стеклопластик" и применяется на производстве при выработке стекловолокон на основе алюмоборосиликатного, высокомодульного стеклокерамики и базальта для производства намоточных ровингов и комплексных крученых нитей под эпоксидные и полиамидные связующие.

Перспективными для исследования в качестве добавки в рецептуру 4с представлялись 14 торговых марок смачивателей.

Важной задачей является установление совместимости выбранных смачивателей с замасливателем 4с, так как требуется однородность композиции и ее стабильность при хранении в течение 3 суток.

Специально для выполнения дипломной работы из базальта Васильевского месторождения (Якутия) наработали нить БН 13 - 80 на воде (13 – микронаж элементарного волокна, 80 – текс (вес 1000 м нити в граммах)).

Для пропитки волокна использовалось эпоксиангидридное связующее.

Следует отметить, что оксиэтилированные нонилфенолы торговой марки Неонол производства ОАО "Нижекамскнефтехим", композиции неионогенных и катионактивных ПАВ торговых марок Сульфосид 61, Феноксол 9/10 БВ, Эмульгатор ЭП, Эколан, Алкамон ОС-3, Ивол фирмы ОАО "Ивхимпром" не являются эффективными в качестве модификаторов для замасливателя 4с. Полученные данные подтверждают высокую эффективность "собственной" системы смачивателей промышленного замасливателя 4с.

Учитывая тот факт, что мировые производители непрерывных стеклянных волокон отмечают эффективность использования борной кислоты и борсодержащих соединений на прочность стеклопластиков

[3] представляло интерес изучить влияние этих продуктов на базальтовые нити.

Имеются сведения о том, что аминоксидное борной кислоты марки CRODACORBELQ-(AP) фирмы "Croda" (Великобритания) в концентрации 0,01% в составе промышленного замасливателя 4с способствует повышению скорости пропитки.

В соответствии с этим были изготовлены образцы пластиков на модификациях замасливателя 4с с борной кислотой 2% и CRODACOR BE LQ-(AP) 0,01%. Установлено, что прочность модельного базальтопластика в случае модификации замасливателя 4с с 0,01% CRODACOR BE LQ-(AP) существенно повышается (рис.1), что хорошо согласуется с данными по пропитываемости.



Рис. 1

Установлено, что композиция неионогенных оксиэтилированных продуктов, не содержащих алкилфенолэтоксилатов марки Синтанол БВ фирмы ОАО "Ивхимпром" в концентрации 0,5% в составе замасливателя 4с, несколько улучшает пропитку эпоксиангидридным связующим обработанного базальтового волокна (рис. 2), а также прочность микробазальтопластика: БН 13-80х4 – 4с – 20,6 кгс; БН 13-80х4 – 4с + 0,5% Синтанол БВ – 21,6 кгс.

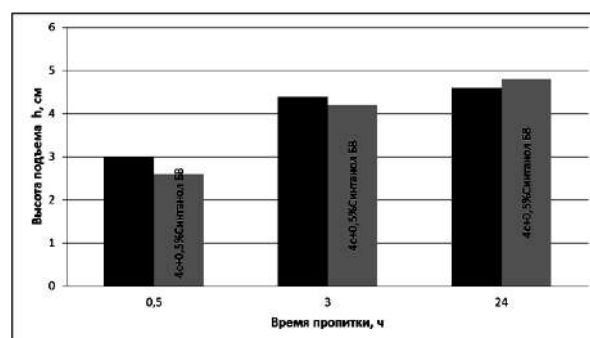


Рис. 2

Выполненный комплекс экспериментального исследования доказал высокую эффективность замасливателя 4с для обработанного непрерывного базальтового волокна под эпоксиангидридные пластики. Улучшить пропитку и прочностные свойства базальтопластиков удалось при введении в рецептуру 4с композиции неионогенных оксиэтилированных продуктов торговой марки Синтанол БВ (0,5%) производства ОАО "Ивхимпром" и аминокислотного борной кислоты торговой марки CRODACORBELQ-(AP) производства "Croda" (Великобритания).

1. Джигурис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. – М.: Теплоэнергетик, 2002.

2. Swink M., Fanale A., Sokolinsky M., J. Forsythe M. // Continuous Filament Basalt, a Unique Fiber Capable of Leadership in High Temperature Applications, Techtextil North America Symposium. – Atlanta, GA, USA, april 9, 2002.

3. Патент WO2013000863 (A1), 2013, (3B FIBERGLASS)

Рекомендована экспертной комиссией ОАО "НПО Стеклопластик". Поступила 15.01.14.

УДК 677.027.524

## ПЕЧАТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ

### PRINTING COMPOSITIONS ON THE BASIS OF POLYURETHANE BINDING

*Е.Э. КУЗНЕЦОВА, В.В. САФОНОВ*  
*E.E. KUZNETSOV, V.V. SAFONOV*

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

*В статье изучены основные реологические показатели пигментных печатных композиций на основе полиуретановых связующих различных свойств.*

*In article the main rheological indicators of pigmentary printing compositions on the basis of polyurethane binding with various properties are studied.*

**Ключевые слова:** реологические свойства, полиуретановые связующие, пигментная печать.

**Keywords:** rheological properties, polyurethane binding, pigmentary printing.

В настоящее время печать текстильных материалов пигментными красителями доминирует и составляет примерно 60% от общего количества печати текстильных материалов. При использовании технологии пигментной печати актуальным остается вопрос достижения наиболее качественных отпечатков, обладающих рядом свойств, таких как эластичность, мягкость грифа, насыщенность и интенсивность

цвета, ровнота напечатанного слоя, четкость контуров, а также устойчивость пленок к физико-механическим воздействиям.

Известно, что определяющее влияние на свойства печатных композиций и отпечатков, получаемых на ткани, в большей степени оказывает природа пленкообразующего связующего ("биндера") в связи со специфическими особенностями закрепления красителя при печати пигментами.

Кроме того, "биндер" для пигментных композиций наряду с традиционными требованиями, предъявляемыми к связующим веществам, должен обладать совместимостью с компонентом загустителя.

На сегодняшний день все большее применение в различных сферах производства получает класс пленкообразующих полимеров – полиуретанов, перспективный, по мнению зарубежных исследователей [1]. Широкое использование полиуретанов обусловлено многими положительными свойствами и возможностями, а также безвредностью для окружающей среды и здоровья человека. Известно, что пленки печатных паст на основе полиуретана эластичны и фиксируются при сравнительно низких температурах (от 110°C) в течение 8...10 мин, обладают хорошей устойчивостью к стирке, химчистке, а также действию света. В связи с этим представляло интерес изучить свойства полимеров этого вида в качестве связующих и проанализировать некоторый ассортимент таковых.

Прямую информацию по свойствам печатных композиций и влиянию их на технологический процесс печатания дает вискозиметрический (реологический) метод. Оценка структурно-механических характеристик исследуемых объектов проводилась на ротационном вискозиметре Реотест-2 (Германия) в диапазоне градиента скорости  $\dot{\gamma}$  от 0,33 до 145,8 с<sup>-1</sup>. Математическая обработка результатов осуществлялась при помощи программы "Guliver" Curves NTVM reologia.

В качестве объектов исследования выбраны водные дисперсии полиуретанов

(ПУ) марки Аквапол отечественного производства. ПУ-дисперсии представляют собой полностью прореагировавшие, не содержащие свободных изоцианатов, гидрофильно модифицированные полиуретанмочевины, диспергированные в воде [2].

С целью оценки возможности применения в печатных композициях препаратов отечественного производства взамен зарубежных аналогов для сравнительного анализа были рассмотрены пленкообразующие препараты на основе полиуретанов импортной фирмы СНТ ВЕЗЕМА (Швейцария). В качестве эталона выбрана печатная краска Aqua Colors фирмы Esaprint (Россия) с требуемым набором свойств, рекомендованная к использованию в промышленности.

В качестве загустителей выбраны акриловый загуститель ВРЗ и Манутекс RS (продукт модификации альгината натрия) в концентрациях, обеспечивающих необходимую вязкость печатных составов. На рис. 1 представлены полученные кривые течения для загустителя ВРЗ и Манутекс RS. Зависимость в данных координатах кривых течения позволяет оценить реологическое поведение систем.

Из данных рис. 1-а (рис. 1 – кривые течения пигментных композиций на основе загустителя: а) – ВРЗ и б) – Манутекс RS, взятого до кг печатной краски, пигмента Minerprint Royal Blue R h/c-30г/кг и связующих-180г/кг: 1 – Аквапол 11, 2 – Аквапол 12, 3 – Аквапол 21, 4 – Аквапол 23, 5 – Tubicoat RU 80, 6 – Tubicoat RUS, 7 – Aqua Colors(эталон)) видно, что наиболее сопоставимы с эталоном системы 1 и 4.

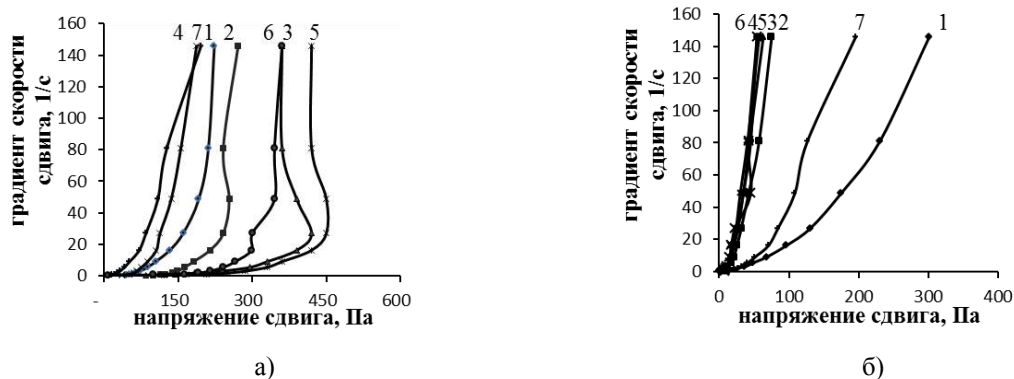


Рис. 1

Таблица 1

Показатели	1	2	3	4	5	6	7
$\eta$ , Па·с	14,6	21,7	44	12,4	54	34,3	7,4
m	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4
P, %	78	42	89	86	79	100	92

Реологическое поведение этих систем можно описать как структурированное. Основные реологические характеристики печатных композиций на основе загустителя ВРЗ представлены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что печатные композиции на основе Аквапол 11 и 23 в наибольшей степени соответствуют эталону по значению величины динамической вязкости. Установлено, что все из перечисленных композиций, кроме 2, сопоставимы с эталоном по значению величины степени тиксотропного восстановления, при этом ее значение достаточно высоко, что обуславливает быстрое восстановление эффективной вязкости после снятия механической нагрузки. Из рассматриваемых композиций данная рецептура в большей степени подходит для применения с Акваполом 23, что объясняется низкой вязкостью самого продукта связующего. В остальных случаях печатная краска с

большим количеством загустителя достаточно неоднородна по консистенции, а также обладает повышенным значением вязкости, что негативно влияет на технологический процесс и печатно-технические показатели, в том числе на жесткость рифа.

В следующей серии опытов рассмотрено реологическое поведение печатных композиций на основе загустителя Манутекс RS и полиуретановых связующих (рис. 1-б). Из графика видно, что с 2...6 системы являются идеальными бингамовскими, а система 1 наиболее сопоставима с эталоном. Известно, что в данной дисперсии наибольшее содержание основного вещества и она обладает повышенной вязкостью. Данные специфические свойства позволяют эффективно использовать ее с загустителем Манутекс RS и в малых, и в больших концентрациях, что невозможно для остальных связующих.

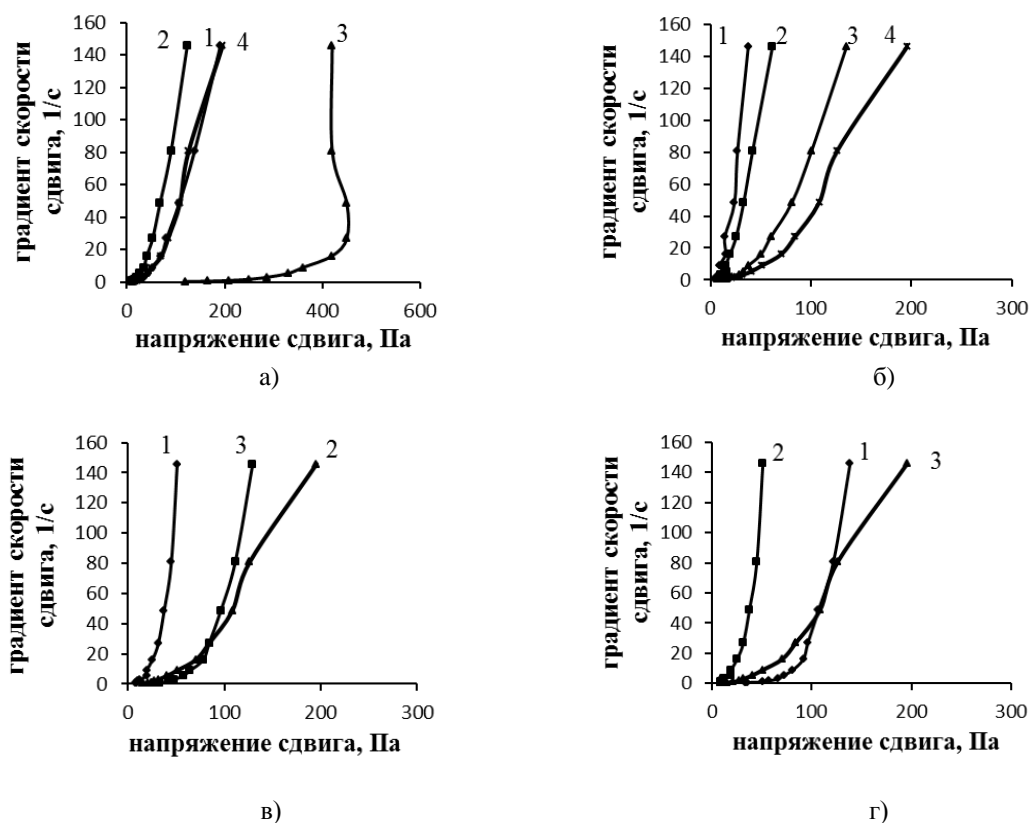


Рис. 2

Обозначения композиций:

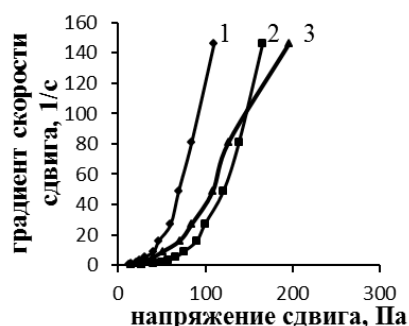
Соотношение связ./загуст.	Аквапол 11	Аквапол 12	Аквапол 21	Аквапол 23	TUBI-COAT RU 80	TUBI-COAT RUS
1	2	3	4	5	6	7
90:10	1	-	-	-	-	-
80:20	2	-	-	-	1	1
70:30	3	1	1	1	-	-
60:40	-	2	-	-	2	2
50:50	-	3	2	2	-	-
эталон	4	4	3	3	3	3

Таблица 2

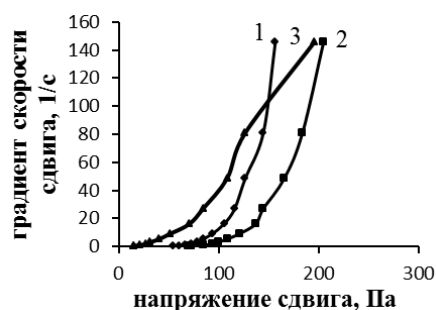
Показатели	Аквапол 11 80:20	Аквапол 12 50:50	Аквапол 21 50:50	Аквапол 23 50:50	TUBI-COAT RU 80 70:30	TUBI-COAT RUS 80:20	Эталон
Обозначение композиции	1	2	3	4	5	6	7
$\eta$ , Па·с	4,6	6	9,6	12,3	12	14	7,4
$m$	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4
$P$ , %	100	97	91	90	90	84	92

На следующем этапе работы изучено каждое из связующих отдельно с различными соотношениями их с загустителем ВРЗ в печатной композиции. Процентные соотношения выбирались исходя из поведения того или иного связующего в смеси с загустителем в предыдущем опыте. Результаты представлены на рис. 2 (кривые течения для печатных композиций на основе

связующих отечественного производства: а) Аквапол 11, б) Аквапол 12, в) Аквапол 21, г) Аквапол 23) и рис. 3 (кривые течения для печатных композиций на основе связующих импортного производства: а) Tubicoat RU 80, б) Tubicoat RUS) и в табл. 2 (основные реологические характеристики печатных композиций оптимизированного состава на основе загустителя ВРЗ).



а)



б)

Рис. 3

Исходя из полученных результатов, сопоставляя реологические поведения композиций различных составов с эталоном, видно, что для изучения систем оптимальными являются соотношения: Аквапол 11 – 80:20, Аквапол 12 – 50:50, Аквапол 21 – 50:50, Аквапол 23 – 50:50, TUBICOAT RU 80 – 70:30, TUBICOAT RUS – 80:20. При данных соотношениях связующих и загустителя печатные композиции проявляют свойства псевдопластических систем с до-

статочно высокой текучестью. Такая система обеспечивала необходимые условия для образования рисунка на ткани с четким контуром и необходимой степенью пропечатки материала.

Зависимости в координатах напряжения сдвига от эффективной вязкости позволяют оценить характер поведения оптимизированных составов печатных композиций (рис. 4 – реологические кривые течения печатных композиций оптимизиро-

ванных составов на основе загустителя ВРЗ (обозначения кривых см. в табл.2, пунктирные кривые соответствуют ветвям обратного хода)).

Для всех исследованных систем падение эффективной вязкости с ростом напряжения сдвига объясняется снижением энергии активации процесса вязкого течения, возможно, с учетом влияния на вязкость разрушения внутренней структуры [4]. Отсутствие гистерезиса у кривых 1, 2, 3, 7 отвечает практически полной тиксотропности изучаемых систем в данных интервалах изменения градиента скорости сдвига.

Для оценки устойчивости полученных отпечатков к физико-механическим воздействиям образцы исследованы на устойчивость к сухому трению. По результатам

исследований наилучший результат показали оптимизированные составы по сравнению с первоначальными (табл. 3 – устойчивость образцов, напечатанных составами на основе загустителя ВРЗ, к сухому трению (баллы)).

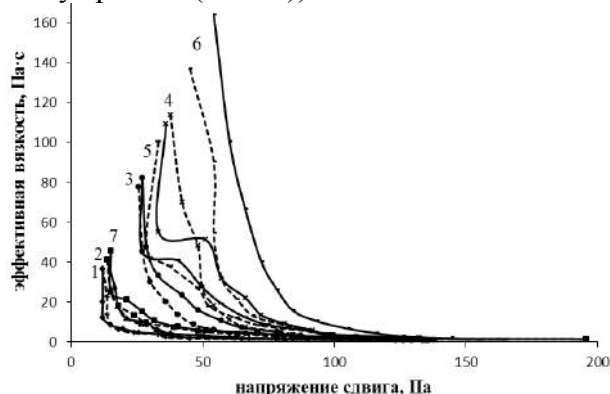


Рис. 4

Таблица 3

Связующее	Аквапол 11	Аквапол 12	Аквапол 21	Аквапол 23	TUBI-COAT RU 80	TUBI-COAT RUS	Эталон
Первоначальный состав	4	4	5	5	4	4	5
Оптимизированный состав	5	4	5	5	4	4	-

При сопоставлении результатов анализа печатных красок на основе отечественных связующих выявлено, что по данному критерию они не уступают, а в некоторых случаях превосходят показатели импортных аналогов.

## ВЫВОДЫ

1. Исследован и оптимизирован состав пигментной печатной краски с использованием полиуретановых связующих и загустителей различной природы на основе их реологического поведения.

2. Показано, что пленки на основе полиуретановых дисперсий обладают повышенной устойчивостью к физико-химическим воздействиям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агсер Х. Пигментная печать и экология. Мягкая химия: мечта и реальность // Текстильная химия. – 1996, №1(8). Спец. выпуск РСХТК. С.13...19.
2. Антипова Е.А., Короткова Н.П., Лебедев В.С. Современные полиуретановые, эпоксидные, ПУ-акрилатные и эпоксиакрилатные связующие для промышленных ЛКМ производства ООО "НПП Макромер"// Экономика и статистика. – 2012, №9.
4. Сенахов А.В., Коваль В.В., Садов Ф.И. Загустки, их теория и применение. – М.: Легкая индустрия, 1972.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 15.01.14.

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА  
В БИОЦИДНОЙ ОТДЕЛКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**APPLICATION OF SILVER NANOPARTICLES  
AT THE BIOCIDAL FINISHING OF TEXTILE MATERIALS**

*A. S. ТОРШИН, А. Е. ТРЕТЬЯКОВА, В. В. САФОНОВ*  
*A. S. TORSHIN, A. E. TRETYAKOVA, V. V. SAFONOV*

(Московский государственный университет дизайна и технологий)  
(Moscow State University of Design and Technology)  
E-mail: k\_htvm@mail.msta.ac.ru

*Разработана эффективная технология фунгицидной отделки целлюлозных текстильных материалов с применением наночастиц ноль-валентного серебра.*

*An effective technology of fungicidal finishing of cellulosic textile materials using zero-valent nanosilver has developed.*

**Ключевые слова:** наночастицы, серебро, отделка, фунгицидность, бицидность.

**Keywords:** nanoparticles, silver, finishing, fungicidal, biocidal.

Серебросодержащие материалы вызывают особый интерес в связи с возможностью их использования в биотехнологии и медицине в качестве сорбентов и материалов, обладающих бактериостатическим и бактерицидным действием. Наночастицы серебра в водных растворах получают путем химического восстановления ионов серебра с помощью глюкозы, аскорбиновой кислоты, гидразина, боргидрида натрия и других восстановителей. Реакцию восстановления проводят в различных условиях. Изменения размера нанокластеров металлов добиваются варьированием природы восстановителя [1].

Известны способы получения наночастиц серебра и в неводных средах. Наночастицы серебра с фиксированным размером были синтезированы с помощью модифицированного высокомолекулярного процесса, который предполагает восстановление нитрата серебра с этиленгликолем в присутствии стабилизаторов, таких как поливинилпирролидон [2]. Несмотря на то, что принцип селективности для этих систем еще не полностью изучен, предпо-

лагают, что селективная адсорбция ПВП на различных кристаллографических плоскостях серебра определяет морфологию продукта. В последние несколько лет для получения коллоидных частиц металлов использовалось лазерное облучение. Для элементов, в первых работах Мафуна [3], было показано, что получение наночастиц с помощью лазера может быть выполнено в растворах. Эта возможность используется металлическими коллоидными частицами, без учета ионов в конце процесса образования наночастиц. Изучается возможность расширения этого процесса для большего числа различных растворителей, отличных от воды, что было представлено в работах Амондола, который предложил способ контролирования металлических кластерных соединений за счет переизлучения, мониторинга результатов с помощью исследования оптических свойств [4]. Известно несколько способов нанесения наночастиц серебра на различные синтетические ткани, например, при помощи ионного пучка или восстановления серебра из растворов [5].

В представленной работе проведена разработка оптимальной технологии восстановления серебра до ноль-валентного металлического состояния, проанализирована устойчивость биоцидных свойств обработанных тканей до и после оценки истирания к стиркам с помощью микробиологических способов.

В процессе испытаний использовались реактивы: нитрат серебра  $\text{AgNO}_3$ , боргидрид натрия  $\text{NaBH}_4$ , аскорбиновая кислота  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ , глюкоза  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , крахмал  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ , дигидрокверцетин  $\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_7$ , гидрозоль серебра  $\text{Ag}$ . Для исследования в качестве материала применялся хлопчатобумажный ситец арт. 19.

При проведении лабораторных испытаний руководствовались ГОСТ 9.802–84, который устанавливает метод исследовательских лабораторных испытаний на грибостойкость тканей и изделий (штучные изделия, пряжа, нитки, шпагат, шнуры, веревочные и другие крученые изделия, текстильно-галантерейные изделия тканые, плетеные, вязаные) бытового, технического и специального назначения из натуральных, искусственных, синтетических волокон и их смесей с обработкой и без обработки биоцидами [6].

Наночастицы серебра в водных растворах получали путем восстановления ионов серебра до ноль-валентного металла с помощью различных восстановителей. В работе использовались химические (в растворных системах с помощью боргидрида натрия, кварцетина, водного раствора гелеобразного крахмала) и биоминерализационные (глюкоза, аскорбиновая кислота) методы получения наночастиц серебра. При использовании всех восстановителей обработка образцов осуществлялась в соответствии с традиционными производственными процессами обработки натуральных волокнистых материалов, применяемыми в отделочном производстве. Был использован периодический способ обработки. Ткань пропитывалась раствором нитрата серебра, затем обрабатывалась раствором восстановителя при температуре  $80^\circ\text{C}$  и высушивалась.

На первом этапе исследований на рН-метре-милливольтметре рН-410 были определены значения окислительно-восстановительного потенциала используемых химических реагентов.

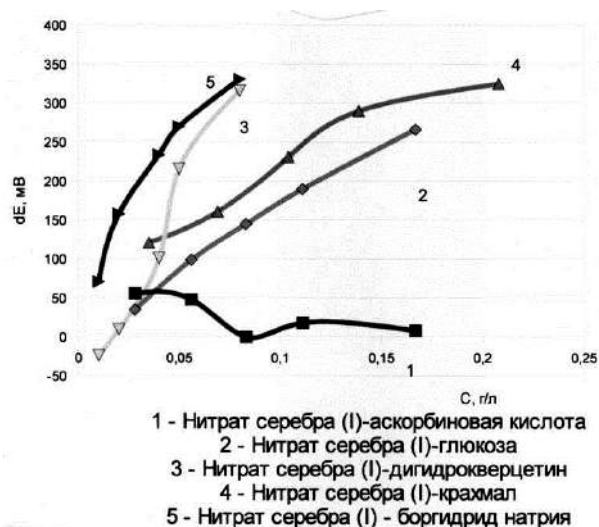


Рис. 1

На рис. 1 (определение окислительно-восстановительного потенциала в технологических растворах, содержащих нитрат серебра (1) - восстановитель) показано, что уже при малом содержании дигидрокверцетина в растворе разница окислительно-восстановительного потенциала резко повышается, а с увеличением содержания другого восстановителя – аскорбиновой кислоты редокс-потенциал практически не изменяется.

Качественно полноту восстановления серебра на ткани оценивали по степени белизны обработанной ткани с использованием шкалы белизны Berger. Сравнительный анализ полноты восстановления серебра, представленный на рис. 2, позволил оценить качество восстановления серебра при использовании различных реагентов (\* – наносился на ткань без восстановителя). Из сравнения полученных зависимостей можно сделать вывод, что наиболее полно реакция восстановления протекала при использовании дигидрокверцетина.



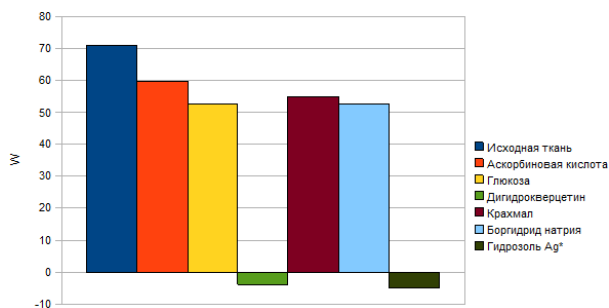


Рис. 2

На следующем этапе работы для оценки грибостойкости обработанных образцов ткани проводили испытания, определяющие степень подавления роста грибов. По-

сле обработки в растворах биоцида образцы ткани (5×5 мм) раскладывали в чашки Петри с питательной средой Чапека. Заранее в питательную среду были внесены культуры плесневых грибов. В течение 10 суток наблюдали развитие тест-культур на обработанных дисках и вокруг них. По характеру роста и зоне подавления роста в начальной стадии развития и на более поздних сроках можно определить биологическую активность препарата, нанесенного на образец. Полученные результаты показаны в табл. 1 (результаты анализа после трех суток инкубации).

Таблица 1

Образцы	Тест-культуры				
	Chaetomium globosum	Alternaria alternata	Aspergillus niger	Penicillium chrysogenum	Ulocladium atrium
Контроль (х/б)	мицелий без споронирования 5	споронирование хорошее 5	5	4 нет споронирования	5
1	0	0 зона	4 белые головки	2	0
2	1	0	4 белые головки	3	2
3	1	0	3 нет споронирования	3	3
4	5	0	4 белые головки	3	3
5	4	0	4 белые головки	4	4
6	5	2	4 белые головки	4	3

Примечание. Обозначения образцов хлопчатобумажной ткани: 1 – обработано  $\text{AgNO}_3 + \text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_7$ , 2 –  $\text{AgNO}_3 + \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ , 3 –  $\text{AgNO}_3 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , 4 –  $\text{AgNO}_3 + \text{NaBH}_4$ , 5 – гидрозоль  $\text{Ag}^0$  6 –  $\text{AgNO}_3 + \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ .

Прошедшие выдержку на фунгицидность испытательные образцы оценивались с точки зрения интенсивности развития плесневых грибов. Ткани считают грибостойкими при оценке от 0 до 3 баллов, где: 0 баллов — плесневых грибов не видно при номинальном, примерно 50-кратном увеличении; 3 балла — плесневые грибы отчетливо видны невооруженным глазом и покрывают более 25% испытуемой поверхности. Если оценка превышает 3 балла, то ткань не является грибостойкой. Из результатов опытов следует, что на третьи сутки образец, обработанный дигидрохверцетином, имеет лучшие показатели биоцидности по сравнению с другими восстановителями (0 баллов по трем тест-культурам). Хорошие показатели биоцидности имеет образец, обработанный крахмалом, показавший биоцидный эффект по четырем тест-культурам.

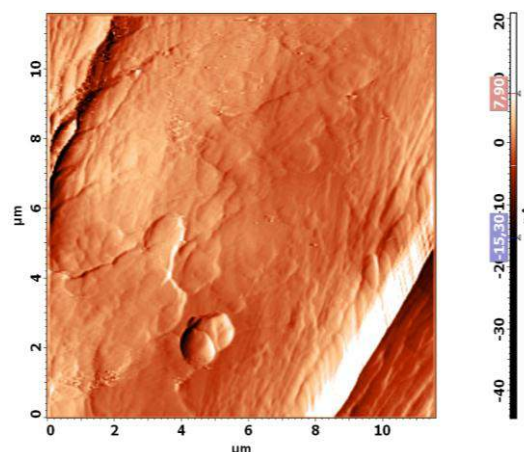


Рис. 3

Для оценки изменения поверхности ткани с наночастицами серебра обработанные образцы изучали методом атомно-силовой микроскопии (рис. 3 – микрофотография образца хлопчатобумажной тка-

ни, обработанного нитратом серебра и дигидрохверцетином; выполнена с помощью атомно-силового микроскопа, размер  $10 \times 10$  мкм).

В качестве экспериментального использовался образец, обработанный нитратом серебра и дигидрохверцетином, который показал высокие показатели биоцидности. Установлено, что площадь поверх-

ности у обработанного образца меньше, чем у исходного.

Проведено испытание к стиркам тех образцов, на которых наиболее полно восстановлено серебро. Результаты испытаний представлены в табл. 2 (оценка устойчивости образцов, обработанных ноль-валентным серебром, к стиркам).

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Образец	Баллы
1	$\text{AgNO}_3$ : глюкоза = 0,025 : 0,028 г/л	5
2	$\text{AgNO}_3$ : дигидрохверцетин = 0,15 : 0,08 г/л	5
3	$\text{AgNO}_3$ : $\text{NaBH}_4$ = 0,1 : 0,05 г/л	5
4	Гидрозоль $\text{Ag}$ = 0,15 г/л	5

Таким образом, показано, что предложенная обработка обеспечивает высокий биоцидный эффект, устойчивый к стиркам.

## ВЫВОДЫ

1. Методом оценки степени белизны ткани установлено, что наиболее полно реакция восстановления протекает при использовании дигидрохверцетина. Также показана эффективность использования гидрозоль серебра.

2. Анализ биоцидности образцов, обработанных ноль-валентным серебром с применением тест-культур плесневых грибов, показал наибольшую биостойкость образцов, обработанных в системе нитрат серебра-дигидрохверцетин.

3. Методом атомно-силовой микроскопии установлено, что на поверхности волокна образуются наночастицы серебра со срезом приблизительно 24 нм.

4. Показано, что биоцидный эффект в системе  $\text{AgNO}_3$ -дигидрохверцетин устойчив к стиркам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмина Л.Н., Звиденцова Н.С., Колесников Л.В. Получение наночастиц серебра методом химиче-

ского восстановления // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. – 2007. Т. XXX, № 8. С.7...12.

2. Сергеев Б.М., Кириухин М.В., Прусов А.Н., Сергеев В.Г. Получение наночастиц серебра в водных растворах полиакриловой кислоты // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 1999. Т.40, №2. С. 129...133.

3. Lilia Coronato Courrol. A simple method to synthesize silver nanoparticles by photo-reduction/ Lilia Coronato Courrol, Flravia Rodrigues de Oliveira Silva, Larercio Gomes// EPUSP. – Vol.18, №6, 2007. P.12...16.

4. Wanzhong Zhang. Synthesis of silver nanoparticles--Effects of concerned parameters in water/oil microemulsion/Wanzhong Zhang, Xueliang Qiao, Jianguo Chen// State Key Laboratory of Material Processing and Die & Mould Technology. – 2007. P.17...21.

5. C. Meng, Li-Ying, Jian-Tao Han, Jun-Yan Zhang, Zhi-Yuan Li, Dong-Lin Qian. Preparation and Study of Polyacryamide-Stabilized Silver Nanoparticles through a One-Pot Process//Journal of Fudan University. – Vol. 45. №17, 2006. P. 34...38.

6. Егорова Е.М., Ревина А.А., Ростовщикова Т.Н., Киселева О.И. Бактерицидные и каталитические свойства стабильных металлических наночастиц в обратных мицеллах // Вестник Московского университета. сер. 2. Химия. – 2001. Т. 42. № 5.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 15.01.14.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СШИВАЮЩИХ АГЕНТОВ  
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕТКИ  
СТИРОЛ-АКРИЛОВОГО ПОЛИМЕРА LACRYTEX 640**

**STUDY OF CROSSLINKER'S INFLUENCE  
ON THREE-DIMENSIONAL NETWORK CHARACTERISTICS  
OF STYRENE-ACRYLIC POLYMER LACRYTEX 640**

*И. СЛЕПЧУК, И.Н. КУЛИШ, Д.Г. САРИБЕКОВА  
I. SLEPCHUK, I.N. KULISH, D.G. SARIBEKOVA*

(Херсонский национальный технический университет, Украина)  
(Kherson National Technical University, Ukraine)  
E-mail: islepchuk@gmail.com

*Представлены результаты исследования влияния количества функциональных групп глицидиловых эфиров на характеристики пространственной сетки сшитого стирол-акрилового полимера. Методом равновесного набухания в органических растворителях определены параметры трехмерной пространственной сетки исследуемых образцов полимерной пленки.*

*The results of influence of functional group amount of glycidyl ether on three-dimensional network characteristics of crosslinked styrene-acrylic polymer. Using method of equilibrium swelling in organic solvents the parameters of three-dimensional network of the test samples are determined.*

**Ключевые слова:** стирол-акриловая дисперсия, сшивающий агент, степень сшивания, абсолютное число поперечных связей.

**Keywords:** styrene-acrylic dispersion, crosslinking agent, crosslinking degree, absolute number of cross-links.

Водные дисперсии полимеров широко применяют в различных областях промышленности: в пищевой, фармацевтической, текстильной, бумажной, а также используют в очистке загрязненных промышленных вод, стабилизации почв и т.д.

Растущий спрос на полимерные связующие, обладающие высокой химической и механической прочностью, а также ограничения, связанные со строгими экологическими нормами, соблюдение которых является обязательным условием получения современной конкурентоспособной продукции, обусловили необходимость разработки новых полимерных композиций, характеризующихся низким содержанием летучих органических соединений.

В некоторых случаях полимеры используют в виде несшитых термопластичных пленок, однако во многих областях,

где необходимы материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами, для получения пространственной структуры применяют сшивающие агенты, например, глицидиловые эфиры или мочевино- и меламиноформальдегидные смолы.

Если в качестве сшивающих агентов в текстильной промышленности используют меламиноформальдегидные смолы, то процесс сшивания является трансэтерификацией гидроксильных групп [1]. Однако по Международным стандартам, определяющим экологическое качество текстильной продукции, допускается наличие низкого содержания экстрагируемого формальдегида в пределах от 300 до 20 ppm (для бесконтактных изделий и для текстильных изделий, предназначенных для детей ясельного возраста, соответственно). Поэтому использование глици-

диловых эфиров является более перспективным направлением.

Наиболее часто в отделочном производстве используются водные дисперсии акриловых полимеров вследствие их хороших адгезионных свойств, низкой стоимости и доступности. Однако в случаях, где требуются высокие показатели прочности покрытий, необходима сшивка акрилового полимера. При использовании глицидиловых эфиров она возможна за счет реакции эпоксидных групп с карбоксильными или гидроксильными группами стирол-акрилового полимера. Отличительной особенностью реакции эпоксидных групп с карбоксильными и гидроксильными группами является реакция конденсации раскрытия цикла, что не дает реакционноспособных летучих веществ, как и при реакции замещения. Сформированная трехмерная полимерная структура матрицы ингибирует гидролиз эфирных связей в случае применения глицидиловых эфиров эффективнее, чем меламиноформальдегидных смол. В результате этого полученные полимерные системы более устойчивы к внешним факторам и при этом более экологичны, что будет иметь большое практическое и экономическое значение для текстильной промышленности [2].

Целью настоящей работы является исследование влияния функциональности глицидиловых эфиров в качестве сшивающих агентов на процесс сшивания стирол-акрилового полимера Lacrytex 640.

В качестве объекта исследования в работе использовали водную стирол-акриловую дисперсию Lacrytex 640, обладающую высокой адгезионной и когезионной прочностью [3]. В качестве сшивающих агентов применяли моноглицидиловые эфиры марок Лапроксид 301-Б и АФ; диглицидиловый эфир Лапроксид 702; и триглицидиловые эфиры марок Лапроксид 603, 703 и ТМП. Для сравнения эффективности сшивающего действия препаратов использовали модифицированную диметилдигидроксиэтиленмочевину - Appretta ESO.

О протекании процесса сшивки в системе можно судить с помощью фазовой

контрастной или электронной микроскопии, ИК- и ЯМР-спектроскопии, а также по изменению температуры стеклования при динамических воздействиях. Наиболее широко используют количественный анализ характеристик полимера, основанный на применении теории строения полимерных сеток [4].

Предварительно проведенные исследования, представленные в работе [5], показали, что стирол-акриловый полимер Lacrytex 640 обладает низкой степенью межмолекулярной сшивки, на что указывает полное растворение пленки в органическом растворителе. Введение в качестве сшивающих агентов Лапроксидов марок 301-Б и АФ также не обеспечивает необходимое число поперечных связей для повышения устойчивости стирол-акрилового полимера. Стабилизация полимерной пленки происходит при введении сшивающих агентов Лапроксидов 702 и ТМП при их концентрации в пределах 6...10%, что обеспечивает степень отверждения полимерной системы до 54...84%.

При введении в стирол-акриловый полимер сшивающих агентов марок Лапроксид 603 и 703 степень отверждения значительно возрастает и составляет 78...79% при концентрации 2%, а при повышении концентрации сшивающего агента до 10...12% достигает максимального значения 97...99%.

В данной работе для расчета структурных параметров сетки стирол-акрилового полимера Lacrytex 640 индивидуально и со сшивающими агентами методом золь-гель анализа [4] определяли содержание золя для ряда образцов с разной плотностью сетки. Навеску полимера массой 1г вначале экстрагировали ацетоном для удаления растворимых продуктов, затем бензолом в инертной атмосфере, после чего вычисляли изменение массы образцов до и после экстракции бензолом. Степень сшивания геля определяли по равновесной степени набухания образцов. Данные представлены в табл. 1 (влияние сшивающих агентов на степень сшивания стирол-акрилового полимера Lacrytex 640).

Таблица 1

Сшивающий агент	S, %	a, %	j, %	V <sub>c</sub>
Лапроксид 702	18,28	11,74	4,43	336
Лапроксид ТМП	17,32	5,63	4,65	294
Appretta ESO	22,00	6,80	3,74	523
Лапроксид 703	9,47	2,77	7,90	64
Лапроксид 603	16,76	7,20	4,80	271

Примечание. S – значение золь-фракции; a – равновесная степень набухания полимера; j – степень сшивания полимера; V<sub>c</sub> – доля активных цепей полимера.

Согласно полученным результатам, представленным в табл.1, использование триглицидилового эфира Лапроксид 703 обеспечивает степень сшивания стирол-акрилового полимера, равную 7,9%, то есть позволяет повысить показатель степени сшивания полимерной пленки Lacrytex 640 более чем в 2 раза по сравнению с Appretta ESO. При введении сшивающих агентов марок Лапроксид 702, 603 и ТМП степень сшивания увеличивается на 20...28% по сравнению с диметиллодигидроксилэтиленмочевинной и составляет 4,43, 4,8 и 4,65% соответственно.

Одной из важнейших структурных характеристик аморфных сетчатых полимеров является абсолютное число поперечных связей:

$$N = \frac{A\rho_k}{M_c} \quad (1)$$

Плотность цепей сетки исследовали по данным равновесного набухания полимера [4], [6]. Прямоугольные образцы с размера-

ми 20×10×2 мм и массой около 0,3 г вырезали из центральной части полимерной пленки и погружали в изопропанол на 24 часа. Наружную поверхность набухшего образца высушивали, и образец взвешивали, после чего помещали в сушильный шкаф на 24 часа при 60°C для удаления растворителя. Высушенный образец взвешивали. Молекулярную массу цепей сетки определяли по уравнению Флори-Ренера:

$$\frac{1}{M_c} = \frac{V_r + \chi V_r^2 + \ln(1 - V_r)}{\rho_k V_0 (V_r^{1/3} - 0,5V_r)}, \quad (2)$$

где V<sub>0</sub> – парциальный мольный объем растворителя (V<sub>0</sub>=m/ρ= 60/0,785= 76,4 см<sup>3</sup>/моль (для изопропанола)); V<sub>r</sub> – объемная доля полимера в набухшем образце; χ – константа взаимодействия полимер-растворитель (константа Хаггинса).

Влияние сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки стирол-акрилового полимера Lacrytex 640 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сшивающий агент	V <sub>r</sub>	χ	M <sub>c</sub> , г/моль	ρ <sub>k</sub> , г/см <sup>3</sup>	N×10 <sup>-19</sup> , см <sup>-3</sup>
Лапроксид 702	0,39	0,57	2403	1,0175	26
Лапроксид ТМП	0,56	0,66	792		428
Лапроксид 703	0,91	0,84	50		704
Лапроксид 603	0,67	0,72	437		385

Примечание. χ – константа Хаггинса; V<sub>r</sub> – объемная доля полимера в набухшем образце; M<sub>c</sub> – молекулярная масса цепей сетки; ρ<sub>k</sub> – плотность полимера; N – абсолютное число поперечных связей.

Необходимо отметить, что в процессе испытаний с использованием в качестве растворителя изопропанола пленки, содержащие Лапроксид 301-Б, Лапроксид АФ и Appretta ESO, растворились.

В то же время введение в качестве сшивающего агента Лапроксида марки 703

приводит к значительному повышению показателя абсолютного числа поперечных связей в 1 см<sup>3</sup> сшитого стирол-акрилового полимера Lacrytex 640 и составляет 704×10<sup>-19</sup> см<sup>-3</sup>.

Таким образом, анализ результатов, представленных в табл. 1 и 2, подтвержда-

ет предположение о том, что сшивание стирол-акрилового полимера Lacrytex 640 триглицидиловым эфиром происходит с образованием трехмерной структуры, что позволит использовать указанную полимерную систему в технологиях отделки текстильных материалов.

## ВЫВОДЫ

Применение глицидиловых эфиров является эффективным методом повышения физико-химических свойств стирол-акриловой дисперсии Lacrytex 640, при этом наилучшим комплексом свойств обладают образцы полимера, сшитые триглицидиловым эфиром марки Лапроксид 703.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wu S., Soucek M.D. Crosslinking of acrylic latex coatings with cycloaliphatic diepoxide // Polymer. – Vol. 41, Issue 6, March 2000. PP. 2017...2028.
2. Werner J. Blank, He Z. A., Picci Marie. Catalysis of the epoxy-carboxyl reaction // Journal of Coat-

ings Technology. – Vol. 74, Issue 926, March 2002. PP. 33...41.

3. Слечук И., Кулиш И.Н., Сарибеков Г.С. Разработка клеящего состава для дублирования текстильных материалов // Сучасні технології в легкій промисловості та сервісі: збірник тез доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції за участю іноземних вчених. – Хмельницький: Хмельницький національний університет, 18-19 мая 2011. С.17.

4. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования свойств полимеров.– Казань: КГТУ, 2002. С. 503...506.

5. Слечук И., Кулиш И.Н., Сарибеков Г.С. Влияние бесформальдегидных препаратов на процесс отверждения акриловых полимеров, используемых в композиционных отделочных составах // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2012, № 2 (45). С. 180...183.

6. Кузнецов Е.В., Двигун С.М., Бударина Л.А., Аввакумова Н.И., Куренков В.Ф. Практикум по химии и физике полимеров. – М.: Химия, 1977. С. 150...152.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна волокнистых материалов. Поступила 07.04.14.

УДК 677-486.2:539.11

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЖЕСТКОСТИ ТРИКОТАЖА  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ОТ ЕГО ПЛОТНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ НИТЕЙ  
И ДЛИНЫ НИТИ В ПЕТЛЕ**

**USE OF NONLINEAR THEORY OF ELASTICITY  
FOR DEFINITION OF DEPENDENCE OF RIGIDITY OF JERSEY  
AT EXTENSION FROM ITS DENSITY, RIGIDITY OF FILAMENTS  
AND LENGTH OF THE FILAMENT THE LOOP**

*Л.А. КУДРЯВИН, О.Ф. БЕЛЯЕВ, В.А. ЗАВАРУЕВ*  
*L.A. KUDRJAVIN, O.F. BELJAEV, V.A. ZAVARUEV*

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

*Описано использование нелинейной теории упругости для расчета деформации металлического кулирного трикотажа переплетения гладь при изотропном двухосном нагружении. Результаты расчета хорошо согласуются с экспериментальными данными.*

*Use of nonlinear theory of elasticity for calculation of deformation metallic jersey is presented at isotropic biaxial a loading. Results of calculation will well agree with experimental data.*

**Ключевые слова:** металлический трикотаж, двухосное нагружение, нелинейная теория упругости.

**Keywords:** metal jersey, biaxial a loading, nonlinear theory of elasticity.

В работе теоретически показано, что если размер ячеек в образце трикотажа, не меняя формы ячеек, уменьшать в  $n_y$  раз по вертикали и по горизонтали и увеличивать в  $n_x$  раз жесткость нити на изгиб, то жесткость трикотажа при двухосном растяжении возрастает в обоих направлениях в  $n_y^3 \cdot n_x$  раз. Поскольку длина нити в петле обратно пропорциональна  $n_y$ , то жесткость

трикотажа растет обратно пропорционально кубу длины нити в петле.

Анализ микрофотографий нерастянутого трикотажа подтверждает [1], что практически любой вид трикотажа можно представить в виде совокупности одного или нескольких одинаковых так называемых повторяющихся элементов. Их относительная деформация при растяжении образца соответствует относительной де-

формации всего образца. Повторяющиеся элементы можно аппроксимировать сочетанием частей окружностей различного радиуса и отрезков прямых линий. Такая модель наиболее универсальна, так как описывает любую форму рассматриваемого элемента.

Предположим, что точки приложения сил к повторяющемуся элементу при растяжении образца практически не перемещаются вдоль элемента. Как показали наши предыдущие исследования [1...5], это справедливо, когда образец растягивается в двух взаимно - перпендикулярных направлениях (по вертикали и по горизонтали) одинаковыми удельными силами (силами, приходящимися на единицу размера образца). Для краткости будем называть в дальнейшем такие нагрузки симметричными. Если удельные силы различаются по вертикали и по горизонтали, такие нагрузки будем называть несимметричными. Далее будем полагать, что на нить действуют только сосредоточенные силы и не действуют распределенные.

Рассмотрим один из повторяющихся элементов в нерастянутом образце. Разделим его на несколько участков так, чтобы рассматриваемый участок имел во всех точках одну и ту же кривизну и чтобы сосредоточенные силы  $f_0$  и  $f_1$  и внешние изгибающие моменты  $M_0$ ,  $M_1$  были приложены только по концам 0 и 1 (рис. 1 – схематическое изображение одного из участков повторяющегося элемента) рассматриваемого участка (они взяты с учетом действия отрезанных частей нити на участок 0-1). Поскольку на участке 0-1 отсутствуют распределенные силы, то из условия равновесия участка имеем  $f_0+f_1=0$  или  $f_0 = - f_1$ .

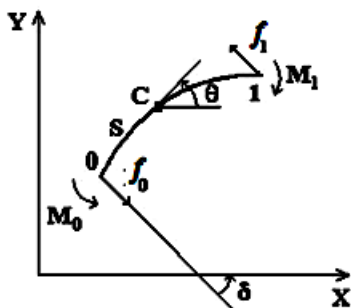


Рис. 1

Введем угол  $\delta$ , отсчитываемый против часовой стрелки от направления силы  $f_0$  к оси X (или по часовой стрелке от оси X к направлению силы  $f_0$ ). Начальную кривизну нити будем считать переменной по длине  $s$  повторяющегося элемента, но постоянной в пределах одного участка ( $s$  – это расстояние по нити от начальной точки повторяющегося элемента до рассматриваемой точки C).

Для каждого участка повторяющегося элемента можно записать [1]:

$$d^2\theta/ds^2 = -(f/H) \sin(\theta+\delta). \quad (1)$$

Здесь  $\theta$  – угол наклона касательной в произвольной точке C нити к оси 0X в деформированном состоянии участка;  $f$  – величина силы, действующей на концы этого участка;  $H$  – жесткость нити при изгибе.

Для упрощения дальнейшего рассмотрения перейдем от  $s$  к безразмерной переменной  $\tau$ . Выберем ее так, чтобы на каждом участке она менялась в пределах от 0 до 1. В связи с этим для первого участка примем  $\tau=s/L_1$  (в этом случае в начале участка  $s=0$  и  $\tau=0$ , в конце участка  $s=L_1$ , а  $\tau=1$ ), для второго  $\tau=(s-L_1)/L_2$  (в начале участка  $s = L_1$ ,  $\tau=0$ , в конце участка  $s=L_1+L_2$ ,  $\tau=1$ ), для третьего  $\tau=(s - L_1 - L_2)/L_3$  (в начале участка  $s = L_1 + L_2$ ,  $\tau=0$ , в конце участка  $s=L_1+L_2+L_3$ ,  $\tau=1$ ) и т.д. Здесь  $s$  – текущее значение величины  $s$  для каждого участка,  $L_1, L_2, L_3, \dots$  – длина каждого участка.

После небольших преобразований уравнение (1) для произвольного  $i$  - го участка повторяющегося элемента будет иметь вид:

$$d^2\theta_i/d\tau^2 = - A_i \sin(\theta_i+\delta_i), \quad (2)$$

где  $A_i = f_i L_i^2/H$ ,  $i$  – номер участка;  $f_i$  – сила, действующая на этот участок;  $L_i$  – его длина.

Пусть мы имеем два образца, состоящих из одинаковых по форме, но разных по размеру повторяющихся элементов, причем эти элементы изготовлены из нитей с разной жесткостью. Подействуем на



каждый из образцов разными симметричными нагрузками. Можно показать, что два любых аналогичных участка в них будут иметь одно и то же относительное удлинение, если для них выполняется условие:

$$A_{1i} = A_{2i} \text{ или } f_{1i} \cdot L_{1i}^2 / H_{1i} = f_{2i} \cdot L_{2i}^2 / H_{2i}. \quad (3)$$

Одинаковое и такое же относительное удлинение будут иметь повторяющиеся элементы в этих образцах и сами эти образцы.

В уравнении (3) подстрочные индексы 1 и 2 означают номера образцов, а  $i$  – номер аналогичных участков в этих образцах.

Используем формулу (3) для оценки влияния плотности трикотажа и жесткости нити при изгибе на жесткость трикотажа при его растяжении. Для этого представим, что мы имеем два абсолютно одинаковых образца с одинаковыми по форме и по размерам ячейками, изготовленными из нити с одинаковой жесткостью. В этих образцах будут одинаковые по размеру и форме повторяющиеся элементы, разбитые на одно и то же количество участков, причем участки с одинаковым номером будут абсолютно одинаковы. Подействуем на каждый из этих образцов одинаковыми удельными силами по горизонтали и вертикали. Очевидно, аналогичные участки в повторяющихся элементах будут после деформации иметь одинаковые размеры, на них будут действовать одинаковые по величине и по направлению силы, и они будут иметь одинаковые относительные удлинения, такие же относительные удлинения будут иметь и образцы.

Будем вносить изменения во второй образец. Вначале уменьшим в  $n_y$  раз размер петель по вертикали и по горизонтали, оставляя их форму прежней (увеличиваем в  $n_y$  раз плотность образца по вертикали и по горизонтали). При этом длина  $i$ -го участка  $L_{2i}$  уменьшится в  $n_y$  раз, а  $L_{2i}^2$  в  $n_y^2$  раз и для получения одинаковых относительных удлинений образцов (для сохранения равенства  $A_{2i} = A_{1i}$ ) сила  $f_{2i}$  по сравнению с силой  $f_{1i}$  должна увеличиться в  $n_y^2$

раз. Во столько же раз должна увеличиться сила, действующая на один повторяющийся элемент и на одну ячейку второго образца. За счет уменьшения размера ячеек второго образца в  $n_y$  раз по вертикали и по горизонтали число ячеек, приходящихся на единицу размера второго образца вдоль вертикали и вдоль горизонтали, увеличится в  $n_y$  раз, что приведет к дополнительному увеличению удельной силы, действующей на каждую сторону второго образца еще в  $n_y$  и в общем удельная сила увеличится в  $n_y^3$  раз.

Будем теперь во втором образце увеличивать жесткость нити в  $n_j$  раз при неизменной форме и размере петель. Для обеспечения прежней относительной деформации второго образца величина  $A_{2i}$  должна остаться прежней. Это произойдет при условии, что  $f_{2i}$  увеличится в  $n_j$  раз.

Таким образом, чтобы второй образец, изготовленный из в  $n_j$  раз более жесткой на изгиб нити, имеющий те же по форме петли, что и первый образец, но меньшие по размеру в  $n_y$  раз, имел бы то же самое относительное удлинение, что и первый образец, удельная сила  $F_2$ , действующая на каждую его сторону, и удельная сила  $F_1$ , действующая на каждую сторону первого образца, должны быть связаны соотношением:

$$F_2 = F_1 n_y^3 n_j. \quad (4)$$

Эту формулу можно применять также и в случае несимметричной нагрузки, если при этом формы повторяющихся элементов в образцах одинаковы, точки приложения сил при деформации не перемещаются по нити, и отношение удельных сил, действующих на два образца по горизонтали, равно отношению удельных сил, действующих на эти образцы по вертикали. Только в этом случае под  $F_2$  и  $F_1$  в формуле (4) будем понимать либо только силы, действующие по вертикали, либо только силы, действующие по горизонтали. Однако, даже если точка приложения сил по нити немного перемещается, эту формулу можно использовать для ориентировочных оценок.

Поскольку относительная деформация обоих образцов при выполнении равенства (4) одинакова, отношение  $F_2/F_1 = n_{\text{я}}^3 \cdot n_{\text{ж}}$  показывает, во сколько раз жесткость второго образца отличается от жесткости первого.

Перейдем теперь к практическому применению формулы (4).

Пусть мы имеем квадратные образцы трех видов трикотажа (кулирного, одногребеночного трико открытое и одногребеночного трико закрытое) с одинаковыми размерами  $12 \times 12$  см, на которые по горизонтали и по вертикали действуют одинаковые силы 150 сН, а следовательно, и одинаковые удельные силы  $F_1$ .

Как показывают эксперимент и теоретические расчеты [3...5], относительная деформация образца кулирного трикотажа, изготовленного из стальной микропроволоки  $\varnothing 50$  мкм в два сложения, при такой нагрузке составляет по вертикали  $\varepsilon_{\text{в}}=0,15\%$ , а по горизонтали  $\varepsilon_{\text{г}}=10,5\%$ . Для такого же по размеру квадратного образца одногребеночного трико открытого, изготовленного из стальной микропроволоки  $\varnothing 50$  мкм в одно сложение, при воздействии на него такой же удельной силы  $F_1$  относительная деформация его по вертикали  $\varepsilon_{\text{в}}=2,29\%$ , а по горизонтали  $\varepsilon_{\text{г}}=8,96\%$ . Для образца одногребеночное трико закрытое при этих же условиях получили относительную деформацию по вертикали  $\varepsilon_{\text{в}} = 6,63\%$ , а по горизонтали  $\varepsilon_{\text{г}}=2,82\%$  [3...4].

Уменьшим теперь размеры ячеек в каждом образце, например, в два раза ( $n_{\text{я}}=2$ ) и уменьшим жесткость нити в 4 раза ( $n_{\text{ж}}=0,25$ ). В этом случае согласно формуле (4) для обеспечения той же самой относительной деформации к образцам нужно приложить удельную силу  $F_2=F_1 \cdot n_{\text{я}}^3 \cdot n_{\text{ж}} = F_1 \cdot 2^3 \cdot 0,25 = 2 \cdot F_1$ , то есть в два раза большую, чем к первому образцу, в два раза больше будет и общая сила, действующая на каждую сторону второго образца, следовательно, она должна быть равна 300 сН.

Ранее нами была разработана программа по расчету двумерной деформации трикотажа при симметричной нагрузке образцов по горизонтали и по вертикали [1], [2].

Она была использована для расчета относительной деформации кулирного трикотажа и одногребеночных трико открытое, трико закрытое [3...5]. При сопоставлении теоретических расчетов с экспериментом было обнаружено хорошее согласие между ними, что указывает на правильность подхода, положенного в основу расчета, и позволяет использовать эту программу для проверки сделанных выше выводов.

Расчеты по программе при упомянутой симметричной нагрузке в 300 Н дают для кулирного трикотажа  $\varepsilon_{\text{в}} = 0,15\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}}=10,5\%$ , для одногребеночного трико открытого  $\varepsilon_{\text{в}}=2,29\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}} = 8,96\%$ , для одногребеночного трико закрытое  $\varepsilon_{\text{в}} = 6,63\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}} = 2,82\%$ , что совпадает с относительной деформацией первого образца при силе 150 Н и подтверждает их одинаковое относительное удлинение.

Рассмотрим теперь несимметричную нагрузку при отсутствии перемещения контактов по повторяющемуся элементу.

Пусть на первый образец по вертикали действует сила 150 сН, а по горизонтали – сила 75 сН. При одинаковых относительных удлинениях согласно формуле (4) на второй образец по вертикали должна действовать сила 300 сН, а по горизонтали – 150 сН.

Проведем проверку и этих выводов с помощью программы. Для кулирного трикотажа при этих силах для первого образца получаем  $\varepsilon_{\text{в}} = 0,19\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}}= 6,95\%$ , для второго образца  $\varepsilon_{\text{в}} = 0,19\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}}= 6,95\%$ , для одногребеночных трико открытое первый образец  $\varepsilon_{\text{в}} = 1,55\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}} = 7,25\%$ , второй образец  $\varepsilon_{\text{в}} = 1,55\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}} = 7,25\%$ , для трико одногребеночное закрытое первый образец  $\varepsilon_{\text{в}}=3,78\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}}=1,42\%$ , второй образец  $\varepsilon_{\text{в}}=3,78\%$ ,  $\varepsilon_{\text{г}}= 1,42\%$ , то есть и здесь относительные деформации при нагрузках, рассчитанных по формуле (4), для первого и второго образцов совпадают.

Таким образом, формула (4) может быть использована для оценки влияния плотности трикотажа и жесткости нити на изгиб, на деформационные свойства трикотажа.

## ВЫВОДЫ

Используя нелинейную теорию упругости, было показано, что если при неизменной форме ячеек увеличивать жесткость нити на изгиб и уменьшать в  $n$  раз размеры ячеек по вертикали и по горизонтали, то жесткость трикотажа при его двухосном растяжении прямо пропорциональна жесткости нити на изгиб, прямо пропорциональна  $n^3$  и обратно пропорциональна кубу длины нити в петле.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Применение нелинейной теории упругости к расчету двумерной деформации трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8. С.69...72.

2. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет двумерной деформации трикотажа трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.80...83.

3. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет деформации трико одноребеночное открытое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.57...60.

4. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет деформации трико одноребеночное закрытое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.75...78.

5. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев Н.В. Расчет деформации кулирного трикотажа при двумерной симметричной нагрузке с помощью нелинейной теории упругости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С.74...77.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 15.01.14.

УДК 687.01:677.075.004.12

## ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА НА КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЯ

### THE INFLUENCE OF STOCKINET PROPERTIES ON THE CLOTHES DESIGN CHARACTERISTICS

Л.Л. ЧАГИНА  
L.L. CHAGINA

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru.

*Показано влияние свойств трикотажного полотна на основные конструктивные характеристик изделия. На примере льняных трикотажных изделий рассмотрены особенности проектирования с учетом рассматриваемых свойств.*

*There is indicated stockinet properties and clothes design characteristics correlation. Through the example of flax stockinet clothes there are distinguished design distinctive features with due regard to the inspected properties.*

**Ключевые слова:** свойства трикотажного полотна, конструктивные характеристики, способ формообразования, силуэт, объем, форма изделия.

**Keywords:** stockinet properties, design characteristics, forming method, silhouette, volume, clothes form.

При проектировании трикотажных изделий учет свойств полотен является обязательным условием, определяющим качество изделия. Комплексное использование свойств материалов позволяет создавать гармоничные формы изделий, устойчивые в процессе эксплуатации.

Льняной трикотаж является перспективным материалом, обладающим рядом свойств, отличающих его от других трикотажных полотен. Для изготовления высококачественных изделий при использовании новых видов текстильного сырья требуется уточнение методик на базе учета свойств полотна.

Традиционно при разработке конструкций трикотажных изделий учитываются растяжимость при эксплуатационных нагрузках, изменение линейных размеров, остаточная деформация при растяжении. Наличие специфических свойств у льняных трикотажных полотен обуславливает целесообразность учета при конструировании изделий дополнительных свойств: жесткости при изгибе, жесткости при растяжении, стабильности формы петли – количественной характеристики, определяющей изменение рисунка и рельефа поверхности трикотажного полотна, обусловленного эксплуатационными воздействиями или сужением изделия.

На основе изучения литературы, проведенных экспериментальных исследований и практических разработок выявлены свойства (рис. 1), оказывающие значимое влияние на конструктивные характеристики льняных трикотажных изделий.

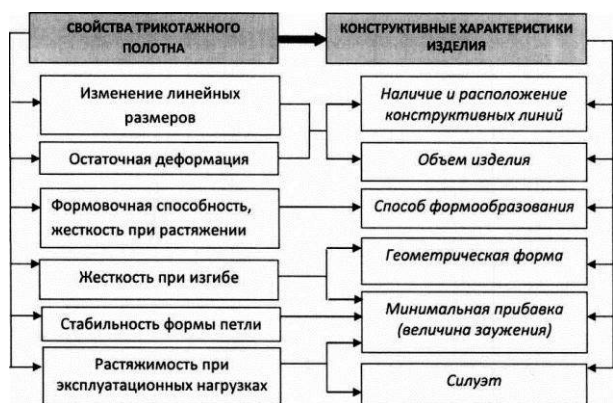


Рис. 1

Условно-остаточную деформацию при эксплуатационном растяжении и *изменение линейных размеров* (ИЛР) следует учитывать при выборе объема изделия (малого, среднего, большого), определения наличия и расположения конструктивных линий. Низкая размеростабильность полотна может обусловить уменьшение размера или нарушение пропорций изделия в результате действия эксплуатационных факторов. Для трикотажных полотен со значительной усадкой (притяжкой) предпочтительны изделия среднего и большого объема, не рекомендуются поперечные членения.

ИЛР льняных трикотажных полотен некоторых переплетений достигает 20%. При этом по ширине полотна может происходить усадка, а по длине – притяжка. Значения необратимой деформации льняных полотен при эксплуатационных нагрузках могут превышать максимально допустимые значения (6%). Учет изменения линейных размеров (ИЛР) и остаточной деформации по длине и ширине полотна производится при разработке конструкции посредством коэффициентов, которые для каждого полотна имеют индивидуальные значения и определяются экспериментально.

Значение конструктивного отрезка с учетом свойств полотна ( $U_{pc}$ ) рассчитывается по формуле:

$$U_{pc} = U_p(1 - K_{ост} \pm K_{илр}), \quad (1)$$

где  $U_p$  – расчетное значение конструктивного отрезка без учета свойств полотна;  $K_{ост}$  – коэффициент условно-остаточной деформации по длине (ширине);  $K_{илр}$  – коэффициент изменения линейных размеров по длине (ширине).

Отличительной особенностью льняных трикотажных полотен является повышенная жесткость при изгибе и растяжении, определяющая способность материала сопротивляться изменению формы под действием внешних изгибающих и растягивающих сил. Эти данные необходимы при моделировании пространственной формы изделия и оценке возможности повторения

материалом сложной неразвертываемой поверхности фигуры человека. При использовании льняных полотен необходима особенно тщательная проработка конструкции с точки зрения достижения задуманной художником формы. Льняные полотна, обладая повышенной жесткостью, могут не обеспечить требуемых пластических свойств формы.

*Жесткость при изгибе* влияет на характер формы (жесткая, средняя пластичность, мягкая) и соответственно, возможность получения формы изделия определенного геометрического вида.

Для прогнозирования геометрической формы льняных трикотажных изделий на стадии проектирования в зависимости от значений жесткости на изгиб исходных полотен и длины конструктивных линий предложена методика определения проекции геометрического очерка элементов и деталей трикотажного изделия. Методика реализуется на базе теории больших перемещений при плоском изгибе тонких упругих деталей, основанной на точном решении дифференциального уравнения упругой линии [1].

Для решения рассматриваемой задачи по определению линейных и угловых перемещений при изгибе концевой точки, а также нахождению очертания упругой линии (в соответствии с условиями экспериментального исследования жесткости на изгиб текстильного полотна на приборе ПТ-2) используется точное уравнение равновесия упругой линии сильно изогнутого стержня, для рассматриваемого случая имеющее вид:

$$\frac{d^2\vartheta}{ds^2} = -(n+1-L) \frac{P\ell^2}{H} \sin(\vartheta + \theta), \quad (2)$$

$$\frac{L-1}{n} < s \leq \frac{L}{n},$$

где  $\vartheta$ ,  $\theta$  – углы наклона касательной соответственно в текущей точке упругой линии и начальной кривой ( $\theta = \pi/2$ );  $s$  – длина дуги упругой линии (и начальной кривой), отсчитанная от некоторой точки, принятой за начало;  $P$  – равномерно распределенная

нагрузка (силы тяжести);  $H$  – жесткость стержня при изгибе, постоянная по длине;  $\ell$  – длина упругой линии;  $L$ ,  $n$  – соответственно количество участков и узлов разбиения упругой линии.

Проекции геометрических очерков элементов изделия из льняного трикотажного полотна прессового переплетения в зависимости от жесткости на исходных полотнах (рис. 2) определяются в результате решения нелинейного дифференциального уравнения (2) методом численного решения в среде MATLAB с использованием разработанной программы (1,2,3,4 – элементы изделия без шва длиной соответственно 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 метра из трикотажного полотна прессового переплетения; 5,6,7,8 – элементы изделия со швом длиной соответственно 0,4; 0,3; 0,2; 0,2; 0,1 м).

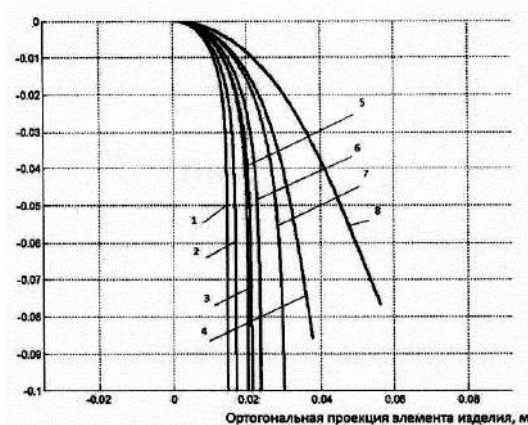


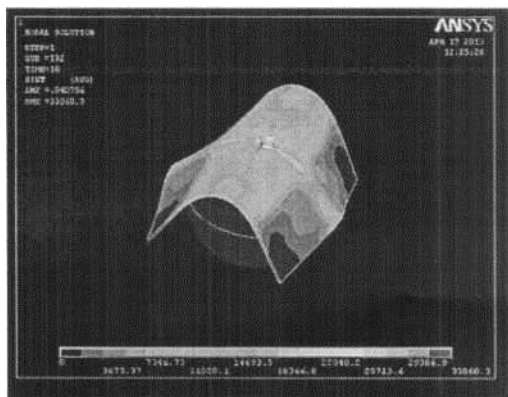
Рис. 2

Информация о *жесткости при растяжении* и *формовочной способности* трикотажных полотен необходима при выборе способа формообразования (технологического – за счет свойств полотна; конструктивного – за счет членений и вытачек; комбинированного). В зависимости от группы трикотажного полотна по формовочной способности (высокая, средняя, низкая) и с учетом данных о жесткости при растяжении выявляется возможность создания объемной формы женского плечевого изделия без нагрудной вытачки. Оценка формовочной способности трикотажного полотна осуществляется по критерию, предлагаемому авторами [3], определяемому отношением площади сегмента

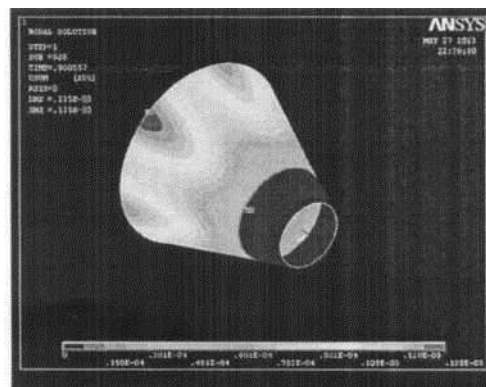
полусферы, на котором материал полностью повторяет его форму, не образуя морщин, складок и зазоров, к общей площади полусферы.

Для визуального моделирования формовочной способности льняных трикотаж-

ных полотен (рис. 3-а) и геометрической формы изделия (рис. 3-б) предлагается методика, разработанная на базе метода конечных элементов (МКЭ) [2] с использованием современного программного компьютерного продукта ANSYS.



а)



б)

Рис. 3

*Растяжимость* при эксплуатационных нагрузках влияет на величину минимальной конструктивной прибавки (степени заужения) изделия, а также определяет возможность создания требуемого силуэта (прямого, полуприлегающего, приталенного) трикотажного изделия без использования дополнительных членений и вытачек.

В результате осуществления факторного эксперимента определена зависимость минимальной конструктивной прибавки по линии груди ( $y$ ) в плечевых льняных трикотажных изделиях от растяжимости полотна ( $x$ ), которая выражается уравнением  $y = -0,068x + 5,56$  [4]. Проведенная опытная носка льняных трикотажных изделий, изготовленных с минимальной величиной конструктивной прибавки, показала вероятность несоблюдения комфортных условий носки и появления негативных ощущений при эксплуатации изделия вследствие повышенной жесткости льняных полотен. В зависимости от группы жесткости при изгибе (малой, средней, большой) при расчете прибавки предложено использовать поправочные коэффициенты на жесткость полотна (соответственно  $K_{ж} = 1; 1,1; 1,2$ ).

Льняные трикотажные полотна отличаются достаточно рыхлой и неустойчивой структурой. При проектировании трико-

тажных изделий с минимальными величинами конструктивных прибавок на опорных участках может наблюдаться изменение внешнего вида полотна, фактуры поверхности и рисунка переплетения. При значительных деформациях происходит видимое искажение рисунка переплетения, которое приводит к снижению эстетического уровня изделия и зрительно воспринимается как дефект [5]. Поэтому при разработке конструкций необходима информация о допустимых пределах заужения изделия из конкретного трикотажного полотна. В качестве количественного критерия изменения внешнего вида полотна в трикотажных изделиях предлагается использовать *стабильность формы петли* при растяжении. Разрабатываемая методика оценки изменения эстетических свойств полотна при растяжении базируется на применении принципов автоматизированного распознавания оптических изображений.

По результатам данного исследования для практического использования предложены алгоритмы проектирования льняных трикотажных изделий с учетом рассматриваемых свойств. Составлены рекомендации выбору конструктивных решений в изделиях различного ассортимента.

## ВЫВОДЫ

1. Использование информации о свойствах трикотажного полотна определяет научно обоснованный подход к проектированию трикотажных изделий и обеспечивает выбор наиболее рационального конструктивного решения модели.

2. На примере льняного трикотажа показана возможность прогнозирования конструктивных особенностей изделия (геометрической формы, способа формообразования) на основе данных о свойствах полотна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.

2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / Пер. с англ. под ред. Б.Д. Победри. – М.: Мир, 1975.

3. Горелова А.Е., Корнилова Н.Л., Комарова А.А. Новый способ учета формовочных свойств материалов при определении параметров выгачек на выпуклость груди и лопаток // Швейная промышленность. – 2008, №1. С. 57...58.

4. Чагина Л.Л., Виноградова Г.Л., Воронова Е.М. Разработка методики конструирования льняных трикотажных изделий и ее реализация в системе T-Flex CAD // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4.

5. Болдовкина О.С. Проектирование трикотажных изделий с учетом растяжимости и формовочных свойств полотна. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 31.01.14.

УДК 677.025(075.8)

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ПЕТЕЛЬ ПРИ РАСЧЕТЕ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

## TECHNOLOGICAL MAINTENANCE OF THE METHOD OF DEFINITION OF THE NUMBER OF LOOPS AT CALCULATION OF THE KNITTED PRODUCTS

Д.А. ГАДЖИЕВ  
J.A. HAJIYEV

(Азербайджанский технологический университет)  
(Azerbaijan Technological University)  
E-mail: j.hajioглу@mail.ru; hajioглу@rambler.ru

*Статья посвящена технологическому обеспечению метода определения числа петель при расчете трикотажных изделий. Установлено, что формулы для определения числа петель на участках деталей изделия регулярного способа производства характеризуют сумму членов арифметической прогрессии, состоящих из значения площадей малых прямоугольников.*

*This article is devoted to the technological maintenance of a method of the definition of the number of loops at calculation of the knitted products. It is found, that the formulas for the definition of the number of loops on parts of details of a product of a regular way of manufacture, etc. characterize the sum of the members of the arithmetic progression consisting of the areas of small rectangles.*

**Ключевые слова:** трикотаж, метод, число, петля, арифметический, прогрессия.

**Keywords:** knitted, method, number, loop, arithmetic, progression.

Обычно расчет трикотажных изделий, независимо от способов их производства завершается определением массы изделия, в том числе установлением количества отходов, получаемых при их производстве. В зависимости от вида трикотажного изделия и технологии его получения методы расчета меняются. Проектирование и расчет трикотажных изделий, полученных раскройным, полурегулярным и регулярным способами отличаются друг от друга. Совсем другие особенности проектирования и расчета чулочных и перчаточных изделий [1...3].

В производстве трикотажа раскройным и полурегулярным способами определение массы изделия или отходов, в зависимости от площади лекала изделия или геометрической фигуры вырезаемых отходов и поверхностной плотности материала, не составляет трудности. Для определения массы отходов при подкрое купонов применяется и другой способ: по числу петель и длине нити в петле. При этом число петель следует определять с помощью площади геометрических фигур, основания которых соответствуют числу петельных столбиков, а высота – числу петельных рядов. Массу участков можно определять с учетом числа петель на участке, длины нити в петле и линейной плотности нити [1]. Массу деталей регулярного изделия определяют этим же способом, причем по расчетным участкам и затем суммируют.

Перед расчетом числа петель на деталях изделия нужно разбить их на соответствующие участки. В соответствии с моделью изделия и технологией вязания прямоугольные участки вяжутся на постоянном числе игл. Поскольку число петель в петельных рядах таких участков в отдельности составляет арифметическую

прогрессию с разностью  $d=0$ , очевидно, определение числа всех петель в этих участках по площади прямоугольника оправдано [3] и не представляет трудности.

Для расчета числа петель на участках деталей изделия, требующих изменения ширины, необходим специальный подход в зависимости от порядка прибавки или сбавки петель. Если изменение числа петель (игл) с различных сторон участков изделия осуществляется в определенном порядке и после вязания соответствующего числа рядов, то использование формул, для определения общего числа петель на участке должно быть обосновано. Иначе расчеты могут привести к неправильным результатам.

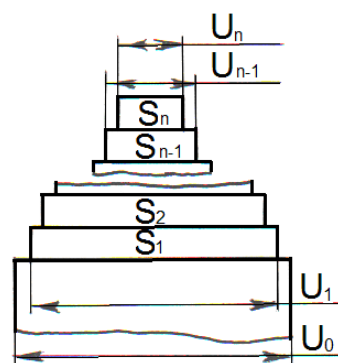


Рис. 1

При этом самым доступным методом расчета числа петель на участке (например, участок проймы, оката и т.п.) является определение их по отдельным малым прямоугольникам, полученным после каждой, соответствующей сбавки или прибавки петель (рис. 1 – схема изменения участка детали изделия) с последующим суммированием, то есть

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_n = \sum_{i=1}^n N_i,$$

$$N_1 = S_1 = U_1 m_1, \quad N_2 = S_2 = U_2 m_2, \quad \dots, \quad N_n = S_n = U_n m_n,$$



тогда

$$N = U_1 m_1 + U_2 m_2 + \dots + U_n m_n = \sum_{i=1}^n U_i m_i, \quad (1)$$

где  $n$  – число петель на участке;  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – число петель на малых прямоугольниках, составляющих участок;  $S_1, S_2, \dots, S_n$  – площади соответствующих малых прямоугольников;  $U_1, U_2, \dots, U_n$  – число игл (петельных столбиков), участвующих при вязании соответствующих малых прямоугольников после каждой сбавки или прибавки петель;  $m_1, m_2, \dots, m_n$  – число петельных рядов в соответствующих малых прямоугольниках.

Если сбавка или прибавка петель будет осуществлена после вязания равного числа рядов, то есть при  $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$ , то определение числа петель на участке по формуле (1) упрощается:

$$N = S_1 + S_2 + \dots + S_n = \sum_{i=1}^n S_i$$

или

$$N = (U_1 + U_2 + \dots + U_n) m = m \sum_{i=1}^n U_i. \quad (2)$$

Из-за большого числа малых прямоугольников на участке деталей изделия определение числа петель в нем по формулам (1) и (2) является слишком утомительным.

Если изменение числа петель с каждой стороны участков изделия осуществлено в одинаковом порядке и после вязания равного числа рядов, при этом площади малых прямоугольников или число петель в них соответственно составят:  $S_1 = U_1 m$ ,  $S_2 = U_2 m$ , ...,  $S_n = U_n m$ . Так как для получения этих прямоугольников число игл уменьшилось в одинаковом количестве, то есть  $d_u = |U_n - U_{n-1}| = \text{const}$  и число пе-

тельных рядов  $m$  имеет постоянное значение – это условие того, что вышеуказанная последовательность  $S_1, S_2, \dots, S_n$  составляет арифметическую прогрессию (рис. 1) с разностью  $d = (U_n - U_{n-1}) m = \text{const}$ . При  $d < 0$  арифметическая прогрессия соответствует части (или частям) участка детали изделия, полученной со сбавкой петель, а  $d > 0$  – полученной с прибавкой.

Сумму значения площадей малых прямоугольников на участке или общее число петель в них можно определять как сумму первых  $n$  членов арифметической прогрессии [4]:

$$N = S = \frac{S_1 + S_n}{2} n = \frac{(U_1 + U_n) m}{2} n = \frac{U_1 + U_n}{2} P, \quad (3)$$

где  $U$  и  $U_n$  – число игл, вяжущих первый и последний малый прямоугольник на участке;  $n$  – число сбавок или прибавок и малых прямоугольников на участке, принятое абсолютным значением:  $n = |(U_0 - U_n) / d_u|$ ;  $U_0$  – число игл на конце вязания предыдущего участка, до первой сбавки или прибавки петель;  $P$  – общее число петельных рядов на участке:  $P = mn$ ;  $m = P_i$  – число петельных рядов в рассматриваемом малом прямоугольнике:  $m = P_i = h^* / B_1$ ;  $h^*$  – высота малого прямоугольника;  $B_1$  – высота петельного ряда.

Если число петельных рядов в малом прямоугольнике, полученном после последней сбавки или прибавки петель не равно  $m$ , то есть при  $m_n \neq m$ , формулы (2) и (3), соответственно, можно написать в виде (4) и (5):

$$N = (U_1 + U_2 + \dots + U_{n-1}) m + U_n m_n = m \sum_{i=1}^{n-1} U_i + U_n m_n, \quad (4)$$

$$N = \frac{U_1 + U_{n-1}}{2} m(n-1) + U_n m_n, \quad (5)$$

где  $U_{n-1}$  – число игл, вяжущих предпоследний малый прямоугольник с постоянным  $m$ .

В случае несимметричности участка детали изделия порядок сбавки или прибавки петель устанавливается и осуществляется в соответствии с конфигурацией участка. Поэтому участок детали может быть разделен на две, три и более части, где имеются малые прямоугольники с одинаковым числом петельных рядов, образованные при постоянном числе игл, после соответствующей сбавки или прибавки петель.

Допустим, участок детали условно разделен на три части. На первой расположены малые прямоугольники в количестве  $g$ , имеющие  $k$  петельных рядов, на второй –  $q$  малых прямоугольников, имеющих  $r$  петельных рядов, а на конце участка один малый прямоугольник получен после последней сбавки или прибавки с количеством петельных рядов  $s$ , причем  $k \neq r \neq s$ ,  $d_1 = \text{const}$  и  $d_2 = \text{const}$ .

Поскольку условие арифметической прогрессии нарушается только в последнем малом прямоугольнике, полученном при постоянном числе игл  $U_n$  и петельных рядов  $m_n = s$ , то в этом случае число петель на участке, требующем сбавки или прибавки петель, следует определить по формуле:

$$N = \frac{U_1 + U_g}{2} kg + \frac{U_{g+1} + U_{n-1}}{2} rq + U_n s, \quad (6)$$

где  $n$  – число сбавок или прибавок петель и малых прямоугольников, полученных после сбавки или прибавки,  $n = g + q + 1$ ;  $U_1$  и  $U_g$  – число игл, вяжущих первый и последний малые прямоугольники на первой части участка;  $U_{g+1}$  и  $U_{n-1}$  – число игл, вяжущих первый и последний малые прямоугольники на второй части участка;  $U_n$  – число игл, вяжущих малый прямоугольник на третьей части участка.

Формула (6) является общей для расчета числа петель на участках, получаемых с выполнением сбавок или прибавок петель

в определенном порядке. При расчете числа петель участка, полученного с соответствующей сбавкой петель, разность арифметической прогрессии  $d < 0$ , а с соответствующей прибавкой петель  $d > 0$ , от которой результат расчета не зависит. При  $k = r = s = m = \text{const}$ ,  $d = U_n - U_{n-1} = \text{const}$  и  $g + q + 1 = n$  из формулы (6) можно получить формулы (2) и (4), при  $k = r = m = \text{const}$ ,  $d = U_{n-1} - U_{n-2} = \text{const}$ ,  $g + q = n - 1$  и  $m_n = s \neq m$  – формулу (5) и (6).

Полученная формула (3), формулы (5) и (6) без последнего слагаемого соответствуют сумме первых  $n$  членов арифметической прогрессии (с формулой площади трапеции путать нельзя, хотя вид записей идентичен).

Чтобы результаты определения числа петель были достоверными, необходимо строгое согласование между технологической особенностью формирования участков изделия и особенностями выбранного метода.

Для обоснованности использования формул площадей геометрических фигур, таких как трапеция, треугольник и т.п., при определении числа петель на участке в изделиях, необходимо обобщить некоторые важные их свойства.

Доказано [3], что прямые и параллельные к основанию, отсекающие высоты треугольника и трапеции на равные части по величине, составляют арифметическую прогрессию с вычитаемым  $d$ :

$$d = -h^* \frac{AB}{h} = -\frac{AB}{n} = \text{const} \quad (d < 0), \quad (7)$$

где  $h^*$  – расстояние между прямыми, отсекающими высоты треугольника или трапеции,  $h^* = h/n$ ;  $h$  – высота треугольника или трапеции;  $n$  – число равных частей отсеченной высоты треугольника или трапеции;  $AB$  – основание треугольника (рис. 2 – схема разбивки треугольника  $ABC$  и трапеции  $ABUT$  на малые трапеции и прямоугольники).

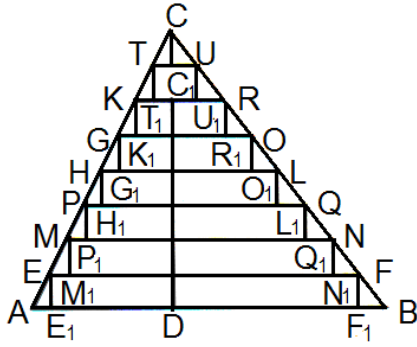


Рис. 2

Итак, из равенства  $d$  во всех малых трапециях, полученных в треугольнике и трапеции, их основания по величине составляют арифметическую прогрессию с числом членов, равным  $n+1$ .

Теперь определим свойства площадей малых трапеций или прямоугольников, вписанных в треугольник или в трапецию, образованных прямыми, по величине составляющими арифметическую прогрессию.

Допустим, дан треугольник  $ABC$  (рис. 2) с высотой  $DC=h$ , которая разделена на равные  $n$  части. Высота каждой части  $h^*$ . Прямые  $AB, EF, MN, \dots, TU, C=0$  (точка вершины) являются параллельными сторонами полученных геометрических фигур – малых трапеций и треугольника  $TUC$  на вершине.

$$S = \frac{S_1 + S_n}{2} \cdot n = \frac{ABh^* + TUh^*}{2} \cdot n = \frac{(AB + TU)h^* n}{2} = \frac{(AB + TU)h}{2}. \quad (9)$$

Важно иметь в виду, что площади  $s_1$  и  $s_2$  треугольников  $AEE_1$  и  $BFF_1$ , прибавленных для дополнения трапеций в малые прямоугольники, в сумме являются постоянными, то есть  $c = s_1 + s_2 = \text{const}$ . Тогда площади малых трапеций, вписанных в  $\triangle ABC$  и  $\triangle TUC$ , соответственно определяются как:

$$d_{nST} = S_n - S_{n-1} = (TU - KR)h^* = h^*d = -hAB/n^2 = \text{const}.$$

Получено, что значение площадей малых трапеций, вписанных в треугольник  $ABC$  и в треугольник  $TUC$ , то есть  $S_{1T}, S_{2T}, \dots, S_{(n-1)T}, S_{n\Delta}$ , составляют арифме-

По свойству треугольника величина этих прямых и точки ( $C$ ) на вершине составляют арифметическую прогрессию [3].

Если дополним каждую малую трапецию на прямоугольник, то отдельная их площадь будет:  $S_1 = AB \cdot h^*$ ,  $S_2 = EF \cdot h^*$ ,  $S_3 = MN \cdot h^*$ , ...,  $S_n = TU \cdot h^*$ .

Соответствующая разность между последующими и предыдущими значениями площадей малых прямоугольников:

$$d_{nS} = S_n - S_{n-1} = (TU - KR)h^* = h^*d,$$

при

$$d = -AB/n \text{ и } h^* = h/n \\ d_{nS} = -hAB/n^2 = \text{const}. \quad (8)$$

Так как разность сторон, заключенных в скобке, и  $h^*$  являются равными и постоянными (по свойству прямых, параллельных к основанию в треугольнике и трапеции), то разность площадей  $d_{nS}$  также будет иметь постоянную величину. Отсюда ясно, что значения площади дополненных малых прямоугольников  $S_1, S_2, \dots, S_n$  составляют арифметическую прогрессию, суммарная площадь которых равна

$$S_{1T} = S_1 - c = ABh^* - c, \\ S_{2T} = S_2 - c = EFh^* - c, \dots, \\ S_{(n-1)T} = KRh^* - c, S_{n\Delta} = TUh^* - c.$$

Разность между последующими и предыдущими значениями площадей малых трапеций и треугольника  $TUC$ :

тическую прогрессию, тогда их сумма равна площади треугольника  $ABC$ :

$$S_n = \frac{S_{1T} + S_{n\Delta}}{2} \cdot n,$$

где  $S_{n\Delta} = TUh^* - c = 2c - c = c$ .

В этом случае:

$$S = S_n = \frac{ABh^* - c + c}{2} \cdot n = \frac{ABh}{2} \cdot n. \quad (10)$$

Без учета площади  $\Delta TUC$  в этой последовательности при  $S_{(n-1)\Gamma} = KRh^* - c = TUh^* + c$  можно получить площади трапеции  $ABTU$ , вписанной в  $\Delta ABC$ :

$$S_T = \frac{S_{1T} + S_{(n-1)\Gamma}}{2} (n-1) = \frac{(AB + TU)h^*}{2} (n-1). \quad (11)$$

$$d_{(n-1)st} = S_{n-1} - S_{n-2} = (KR - GO)h^* = h^*d = -hAB/n^2 = \text{const}$$

свидетельствует о том, что значения площадей малых прямоугольников, вписанных в  $\Delta ABC$ , в определенных условиях также составляют арифметическую прогрессию. Тогда сумма площади этих малых прямоугольников выражается формулой

$$S_n = \frac{(EF + TU)h^*}{2} (n-1). \quad (12)$$

Если в формулах (11) и (12)  $(n-1)$  заменить на  $n$ , то в первом случае можно получить формулу площади трапеции  $ABUT$  (рис. 2), а во втором случае – формулу, характеризующую сумму площадей малых прямоугольников, вписанных в трапецию. При этом выражение (9) характеризует сумму всех членов арифметической прогрессии, состоящих из значения площадей дополненных малых прямоугольников в треугольнике, трапеции и т.п., а выражение (12) – сумму значения площадей малых прямоугольников, вписанных в треугольнике, трапеции и т.п.

## ВЫВОДЫ

Итак, при определении свойства малых трапеций или прямоугольников, вписанных в треугольник и трапецию, доказано, что значения площадей малых трапеций или прямоугольников в определенных

Если из соответствующей площади дополненных малых прямоугольников отнять площадь, равную  $2c$ , то можно получить площади малых прямоугольников, вписанных в  $\Delta ABC$ :

$$S_{1n} = S_1 - 2c = ABh^* - 2c, \\ S_{2n} = EFh^* - 2c, \dots, S_{(n-1)n} = KRh^* - 2c.$$

Разность между последующими и предыдущими значениями площадей малых прямоугольников:

условиях также составляют арифметическую прогрессию.

В результате исследований установлено, что при определении числа петель на отдельных участках, требующих изменения ширины детали изделия путем сбавки или прибавки петель, а также – на отдельных частях детали, нужно пользоваться свойствами прямых, отсекающих высоты треугольника и трапеции на равные части и параллельные к основанию и ими образованных малых трапеций или прямоугольников.

Достоверность определения числа петель с применением формул, характеризующих суммы членов последовательности, состоящих из значения площадей малых прямоугольников, обеспечивается надежностью выполнения условия свойств прямых, малых трапеций или прямоугольников, составляющих по значению арифметическую прогрессию в рассматриваемых фигурах.

Число игл ( $U$ ) или петельных столбиков и постоянная высота  $h^*$  малых трапеций или прямоугольников, выраженных с числом петельных рядов  $m = P/n = \text{const}$ , выступает в качестве параметров технологического обеспечения выбранного метода определения числа петель на участках детали изделия.

При этом определение числа петель, например, на участках деталей изделия ре-

гулярного способа производства, в пятке или мыске чулочного изделия, выработанного классическим способом и др., с использованием выражений, характеризующих суммы членов арифметической прогрессии, состоящих из значения площадей малых прямоугольников, полученных вследствие сбавки или прибавки петель, является научно-технологически обоснованным. Тогда как определение числа петель с формулой площади трапеции приводит к завышенным значениям. Определение расхода полотна на изделие при раскройном способе производства и числа петель для установления количества отходов при полурегулярном способе производства изделий с применением формул и площадей геометрических фигур также является правильным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шалов И.И., Кудрявин Л.А. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. Гонтаренко А.Н., Худин В.Д., Сирохин Л.А. Одинарные хлопчатобумажные машины для производства верхнего трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1973.
3. Гаджиев Д.А. Некоторые особенности определения числа петель на регулярных и полурегулярных изделиях // НАНА, Гянджинский региональный научный центр, "Сборник известий". – 2010, №40. С. 127...134.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1980.

Рекомендована кафедрой технологии товаров потребления и дизайна. Поступила 03.02.14.

УДК 687.016:687.256:687.12

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ЖЕНСКОЙ ФИГУРЫ,  
СОЗДАВАЕМОГО КОРСЕТОМ,  
С УЧЕТОМ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КОМФОРТА**

**DESIGNING EFFECT OF WOMAN'S FIGURE,  
CREATED CORSET,  
CONSIDER PSIKHOFIZIOLOGIC COMFORT**

*A.B. СЕЛЕЗНЕВА, А.Л. СЛАВИНСКАЯ*  
*A.V. SELEZNEVA, A.L. SLAVINSKAYA*

(Хмельницкий национальный университет, Украина)  
(Khmelnitsky National University, Ukraine)  
E-mail: anna10488@i.ua

*В статье представлены результаты оценки негативного воздействия величины моделирующего эффекта корсета на физиологическое состояние здоровья человека с позиций электропунктурной диагностики и психофизиологического комфорта. В основу оценки комфортности корсета положены значения уровней позитивного, негативного влияния корсета и инертности, а также балльная оценка показателей самочувствия.*

*The results of experimental researches of maximum designing effect, created a corset, which does not render negative influence on the state of comfort of woman, are reduced in the article.*

**Ключевые слова:** женский корсет, моделирующий эффект, комфортность, физиологическое состояние, электропунктурная диагностика, инертность, воздействие, самочувствие.

**Keywords:** female corset, modeling effect, comfort, physiological condition, electroacupuncture diagnostics, inertia, impact, health.

В соответствии с [1] к основным эргономическим показателям качества корсета относятся антропометрические и гигиенические показатели, обеспечивающие его комфортность.

Оценка антропометрических показателей заключается в определении величины

утяжки фигуры корсетом, которая называется моделирующим эффектом корсета.

Гигиенические показатели обеспечиваются материалами, из которых изготавливается женский корсет. На основе анализа 470 моделей корсетов для проектирования корсета в качестве исходных мате-

риалов выбраны классические ткани (9 образцов), исходя из определения их волокнистого состава, геометрических и механических свойств, а также с учетом характера их применения. Показатели разрывных характеристик материалов оценены с позиций их соответствия требованиям деформационной способности для обеспечения физиолого-гигиенических характеристик корсета. Обобщенный показатель деформационной способности материала – это комплексная величина, в качестве которой использована площадь треугольника [2], на основе которой выделено три группы материалов: с минимальной (31,3%), средней (64,7%) и максимальной (100%) деформационной способностью. Образец с наилучшими показателями обобщенной деформационной способности в каждой группе оценивался в соответствии с его биоэнергетическим влиянием на человека при помощи метода электропунктурной диагностики PSI Vector DIA COR и аппаратно-программного диагностического комплекса АПДК "Intera-DiaCor" [3]. Этот метод базируется на изучении и оценке биоэнергетических полей со свойственными им частотно-волновыми характеристиками и позволяет определить степень комфортности материала.

Для объективной оценки показателей при проведении исследований учитывался индивидуальный биоритм человека, который рассчитывается по дате его рождения и находится на самом высоком уровне (3...4 дня). Существуют три вида биоритма человека: физический, интеллектуальный и эмоциональный. График проведения обследований составлен с учетом физического биоритма, поскольку он характеризует состояние физического здоровья. Остальные два биоритма не учитывались, так как человек, принимающий участие в обследовании, находится в состоянии полного покоя. В результате исследований установлено, что образцы материалов по степени комфортности располагаются в такой последовательности: П4 (хлопок–60%, ПА–20%, ЕА–20%) – ткань полотняного переплетения средней деформационной способности имеет самый высокий

уровень инертности (0,9), А3 (ПА–50%, ПЕ–30%, ЕА–20%) – ткань атласного переплетения высокой деформационной способности и П2 (Ац–60%, ПЕ–40%) – ткань полотняного переплетения малой деформационной способности, соответственно, уровни инертности (0,84 и 0,82). Следовательно, все три образца оказывают положительное воздействие и могут быть использованы при изготовлении корсетов.

В медицинских исследованиях по определению комфортности каждого корсета принимали участие женщины младшей возрастной группы (20÷24 года) ростом Р – 158, 164 см, с обхватом груди О<sub>ГIII</sub> – 88 см, обхватом бедер Об – 92, 96 см, которые отвечали условиям организации объема выборки с учетом определения подчиненных размерных признаков относительно известного конструктивного признака. Для минимизации размера выборки на первом этапе исследований обследованы органы и системы органов человека без корсета с помощью АПДК "Intera-DiaCor". Наличие закономерности одинаковой реакции органов и положительных результатов диагностики позволили ограничить выборку в 10 человек для второго этапа обследования функционального состояния органов человека, одетого в корсет, при величине моделирующего эффекта по обхвату талии согласно [4] максимальному (6...10%), среднему (3...5%) и минимальному (1...2%).

Диагностика каждого состояния человека длится 5...7 мин. Сравнение функционального состояния органов и систем органов человека без корсета и одетого в корсет осуществляется путем регистрации их количества за позитивными и негативными изменениями показателей функционального состояния, а также количество органов, которые находятся в инертном состоянии. Инертное состояние органов характеризуется отсутствием как позитивных, так и негативных изменений при утяжке фигуры и принято за основу оценки комфортного состояния человека. В табл. 1 представлены результаты оценки воздействия моделирующего эффекта корсета.

№ п/п	Максимальный моделирующий эффект			Средний моделирующий эффект			Минимальный моделирующий эффект		
	положительное влияние	негативное влияние	инертное состояние	положительное влияние	негативное влияние	инертное состояние	положительное влияние	негативное влияние	инертное состояние
1	0,037	0,185	0,778	0,037	0,167	0,796	0,000	0,167	0,833
2	0,000	0,333	0,667	0,000	0,278	0,722	0,056	0,259	0,685
3	0,093	0,167	0,741	0,056	0,056	0,889	0,056	0,111	0,833
4	0,111	0,185	0,704	0,019	0,222	0,759	0,056	0,167	0,778
5	0,074	0,278	0,648	0,074	0,056	0,870	0,056	0,130	0,815
6	0,056	0,315	0,630	0,093	0,185	0,722	0,185	0,167	0,648
7	0,093	0,296	0,611	0,093	0,093	0,815	0,093	0,185	0,722
8	0,019	0,278	0,704	0,037	0,185	0,778	0,000	0,185	0,815
9	0,056	0,204	0,741	0,056	0,130	0,815	0,093	0,167	0,741
10	0,056	0,241	0,704	0,056	0,148	0,796	0,074	0,167	0,759
∑	0,594	2,481	6,927	0,520	1,520	7,962	0,669	1,704	7,629
Сред. знач. коэф.	0,059	0,248	<b>0,692</b>	0,052	0,152	<b>0,796</b>	0,066	0,170	<b>0,762</b>

Анализ результатов расчета позволил установить, что максимальная величина моделирующего эффекта корсета оказывает наибольшее негативное влияние (0,248) на функциональное состояние организма по сравнению со средней (0,152) и минимальной (0,170). Кроме того, установлено, что негативное влияние уменьшается от максимального к среднему и возрастает от среднего к минимальному моделирующему эффекту корсета. Этот феномен объясняется инерционностью адаптивных систем организма человека, которым необходимо больше времени для своего восстановления и возвращения в нормальное состояние.

В ходе эксперимента по специальной антропометрической программе определялись размерные признаки фигур женщин: Р, О<sub>ГIII</sub>, Об, О<sub>ГIV</sub>, О<sub>т</sub>, d<sub>ГIII</sub>, d<sub>ГIV</sub>, d<sub>т</sub>, d<sub>б</sub>, d<sub>пзГIII</sub>, d<sub>пзГIV</sub>, d<sub>пзт</sub>, d<sub>пзб</sub> с учетом ГОСТ 17522–72 и ОСТ 17-497–83, без корсета и в корсете при максимальном, среднем и минимальном моделирующем эффекте изделия по линии талии.

В результате парного корреляционного анализа исследуемых размерных признаков установлено, что между обхватом талии утянутым (О<sub>тут</sub>) и обхватом груди четвертым существует высокая степень связи ( $r_{xy}=0,989$ ). Поэтому для выполнения регрессионного анализа в качестве основных

факторов, влияющих на величину максимального моделирующего эффекта, приняты размерные признаки О<sub>т</sub> и О<sub>ГIV</sub>, в результате которого получено уравнение, позволяющее определить максимальный моделирующий эффект корсета по линии талии:

$$O_{тут} = 77,44 - 1,51O_{ГIV} + 0,637O_{т}, \quad (1)$$

где О<sub>тут</sub> – величина максимальной утяжки фигуры по линии талии, см; О<sub>ГIV</sub> – обхват груди четвертый, см; О<sub>т</sub> – обхват талии, см.

Значение коэффициента детерминации  $R^2=0,701$  подтверждает, что 70,1% вариации результативного признака ΔО<sub>тут</sub> объясняется вариацией размерных признаков О<sub>ГIV</sub> и О<sub>т</sub> (уровень значимости  $\alpha_p=0,0146<0,05$ ). Дополнительно значимость коэффициента детерминации  $R^2$  подтверждается критерием Фишера. Поскольку выполняется условие  $F_p < F_{кр}$  ( $0,337 < 3,02$ ), рассчитанные коэффициенты регрессионного уравнения являются адекватными и математическая зависимость может использоваться при определении максимального моделирующего эффекта корсета по линии талии.

Расчеты по формуле (1) показывают, что величина максимального моделирующего эффекта для типовых фигур женщин зависит от размеров и полнот.



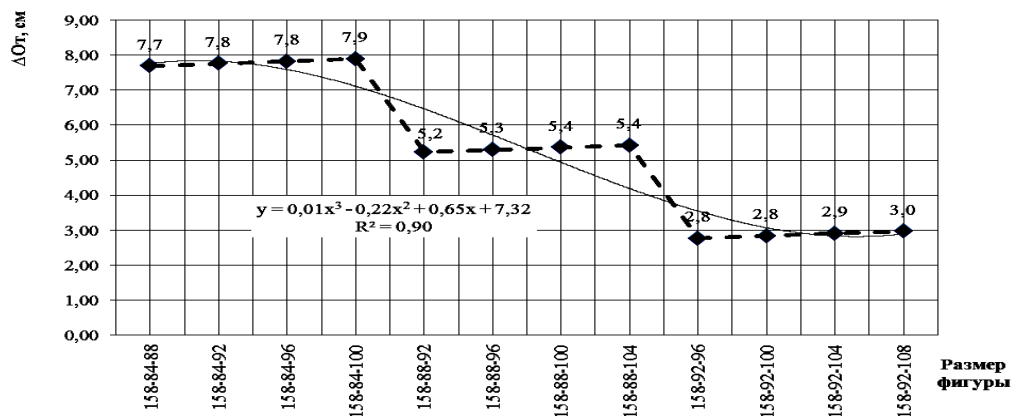


Рис. 1

На рис. 1 представлена зависимость изменения максимальной величины моделирующего эффекта от ведущих размерных признаков для фигур 84...92, которая показывает, что в пределах одного размера с увеличением полноты фигуры моделирующий эффект по линии талии равномерно увеличивается. В то же время с увеличением размера фигуры при сохранении полноты моделирующий эффект уменьшается и при переходе от размера к размеру составляет в среднем 2,5 см, то есть находится в пределах межразмерного интервала безразличия по обхвату талии.

Определение комфортного состояния человека в корсете с учетом разных технологических решений при минимальном, среднем и максимальном моделирующем эффекте корсета выполнено экспертным методом. Эксперту необходимо было определить балл от 1 до 5, соответствующий тому самочувствию, которое он испытывает, находясь одетым в корсет. Величине моделирующего эффекта, который получил наивысший балл, предоставляется ранг 1, а величине с самым низким баллом – ранг 5.

Согласованность мнений экспертов подтверждена коэффициентом конкордации ( $W=0,807$ ) и критерием Пирсона  $\chi^2_p = 64,62$ , так как выполняется условие ( $\chi^2_p > \chi^2_{табл}$ ) при степени свободы  $f = 8$  и  $\chi^2_{табл} = 15,51$ .

Согласно результатам опроса при использовании малорастяжимых, жестких тканей комфортным является только ми-

нимальный моделирующий эффект корсета (2,0 см). При использовании тканей средней и высокой деформационной способности комфортным является минимальный и средний моделирующий эффект (3,0...5,0 см), который находит применение в практическом конструировании корсетов. Максимальный моделирующий эффект при использовании всех трех образцов корсета характеризует чувства дискомфорта обследуемых женщин. Его величина (6,0...8,0 см) целесообразна для проектирования ортопедических корсетов.

Установлено, что максимальный моделирующий эффект должен учитывать пакет используемых материалов, наличие формирующих элементов и способа их закрепления в изделии (стропа, виды косточек), застежки корсета и места ее расположения, а также наличие формованных чашек, обеспечивающих объем и поддержку грудных желез.

## ВЫВОДЫ

В основу оценки комфортных величин моделирующего эффекта корсета положен коэффициент инертности организма. Выявлено, что инертное состояние человека во время средней (0,796) и минимальной утяжки (0,762) фигуры корсетом выше по сравнению с максимальной (0,693). Поэтому величины минимальной и средней утяжки могут быть использованы как "комфортные" при проектировании женских корсетов бытового назначения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей: ГОСТ 4.45–86. – [Введ. 01.01.1988]. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
2. Скляников В.П., Афанасьева Р.Ф., Машикова Е.Н. Гигиеническая оценка материалов для одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
3. Падченко С.И. Научно-медицинское обоснование методики информационной диагностики "Intera Vector-BIOPSI-DiaCor" // Мат. Первого

Междунар. конгресс-круиза: Медицина третьего тысячелетия. – 2003. С.134...138.

4. Баландина Г.В., Корнилова Н.В. Исследование воздействия корсетного изделия на торс женской фигуры // Швейная промышленность. – 2007, №4. С. 52...53.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования швейных изделий. Поступила 15.01.14.

УДК 821.161.1:003:687.122.18

## СЕМИОТИКА ЖЕНСКОГО КОСТЮМА ПЕРВОЙ ТРЕТИ XIX ВЕКА В ЛИТЕРАТУРНОМ ОТРАЖЕНИИ

### SEMIOTICS OF THE FEMALE SUIT OF THE FIRST THIRD OF THE XIX CENTURY IN LITERARY REFLECTION

К. И. ШАРАФАДИНА  
K.I. SHARAFADINA

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)  
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)  
E-mail: rector@sutd.ru

*Рассмотрены модные тенденции женских бальных туалетов эпохи ампира на материале произведений Евгения Баратынского, Александра Пушкина, Льва Толстого. Автор приходит к выводу о строгой ритуализации светского быта, распространявшейся и на бальные туалеты.*

*In the article the author considers fashionable tendencies of female ball toilets of the empire style era on the material of works of Evgeny Baratynsky, Alexander Pushkin, Lev Tolstoy. The author comes to a conclusion about the strict ritualization of secular life extending on ball toilets as well.*

**Ключевые слова:** женский костюм, эпоха ампира, бальные туалеты, аксессуары, ткани, головные уборы, цветы, драгоценные и полудрагоценные камни (жемчуг, алмаз).

**Keywords:** female suit, era of empire style, ball toilets, accessories, fabrics, headdresses, flowers, precious and semiprecious stones (pearls, diamond).

Для бытовой дворянской культуры пушкинской поры была характерна высокая степень ритуализации. Это касалось бала, обедов, дуэли, маскарада, а также модных туалетов. Светская дама первой половины XIX века должна была быть модно одетой вне зависимости от личных вкусов. Круг людей, которые следовали

моды, был очень узок, и соответствие общепринятой норме служило признанием своего сословного долга.

Символизация быта отражалась, становясь предметом осмысления, в литературе. Современные литературоведы единодушно отмечают сгущенную концентрацию живописно-пластического изображения при

воссоздании бытовой реальности в поэмах Евгения Баратынского. Попробуем выявить семантику модных туалетов в портретировании женских персонажей в его поэме "Бал" (1828).

Вот описание бального убранства главной героини княгини Нины: "Перед трюмо стоит она. / Уж газ на ней, струясь, блистает, / Роскошно, сладостно очам / Рисует грудь, потом к ногам / С гирляндой яркой упадает. // Алмаз мелькающих серег / Горит за черными кудрями, / Жемчуг чело ее облеет, / И, меж обильными косами / Рукой искусной пропущен, / То видим, то невидим он. / Над головою перья веют, / По томной прихоти своей / То ей лицо они лелеют, / То дремлют в локонах у ней..."

Упомянутые здесь ткань "газ" и отдельные аксессуары — отделка платья в виде гирлянды, алмазные серьги, жемчужные нити, перья в прическе — в совокупности составляют краткую антологию тенденций женской моды 1820-х годов. Легкая полупрозрачная ткань особого переплетения "газ" была известна в России с XVIII в., но ее популярность значительно возросла в первой четверти XIX в., когда "нагая мода", продиктованная ампирическим стилем, потребовала отдать предпочтение легким воздушным тканям. Тогда же появилось и наибольшее количество его видов.

"Яркая гирлянда" на платье Нины — также модное украшение бального туалета конца 1820-х гг., как и нити жемчуга в прическе ("меж обильными косами рукой искусной пропущен"), и эспри (русск. название "ива") — украшение из перьев, вошедшее в моду после 1789 г.: "Над головою перья веют... / То ей лицо они лелеют, то дремлют в локонах у ней..." От других украшений из перьев эспри отличались большими размерами. Для него использовались перья журавля, павлина или фазана. Эспри прикреплялось к прическе аграфами и располагалось справа или слева, иногда одновременно с обеих сторон.

Комментируя портрет героини поэмы, Е. Н. Купреянова предположила его "спи-санность с натуры". Ссылаясь на "Семейные мемуары" Л. Растопчиной, исследова-

тельница приводит свидетельство о пристрастии знаменитой светской красавицы А. Ф. Закревской (прототип княгини Нины) к экстравагантным прозрачным одеждам, "обнаруживающим все тайные изгибы монументального тела". Она обращается к известному литографированному портрету Закревской конца 1820-х гг. (работа Е. Гейтмана с живописного оригинала Дж. Доу 1823 г.) и констатирует, что на светской красавице приблизительно тот же костюм, что и на героине "Бала".

Любовь к прозрачным одеждам, как уже отмечалось, была модной тенденцией бальных туалетов первой четверти XIX века. 1820-е гг. стали временем расцвета ампира в моде. Сравним описание балов этого времени с показательной отсылкой к античному искусству: "Если бы не мундиры и фраки, на балы можно было бы тогда глядеть, как на древние барельефы и этрусские вазы: <...> полупрозрачные платья <...> обрисовыва<ют> прелестные формы <...> легкокрылые Психеи порха<ют> на паркете".

В "бальных" сценах поэмы в микропортретах светских дам также перечислены модные аксессуары — *перья, драгоценные камни, одежды легкие, цветы*. "Кружатся дамы молодые, / Не чувствуют себя самих: / Драгими камнями у них / Горят уборы головные, / <...> Одежды легкие, как дым, / Их легкий стан обозначают... (Стихи 21–22); "В роскошных перьях и цветах, / С улыбкой мертвой на устах, / Обыкновенной рамой бала, / Старушки светские сидят / И на блестящий вихорь зала / С тупым вниманием глядят (Стихи 9–18). Сравнение черновых редакций с печатными вариантами показали, что автор тщательно подбирал отдельные детали для женских бальных туалетов, обнаруживая при этом осведомленность в их этикетном назначении. Так, первоначально "старушки светские", они же "барыни пожилые", были убраны, как подобает замужним пожилым дамам, в чепцы, причем им на выбор "предлагались" автором то "узорные", то "вычурные", то "распашные". Сравним: "Обычно молодые женщины носили чепцы с утра до вечернего выезда в театр, на бал

или прием. Для "выходов" существовали иные головные уборы, приличествующие замужней даме (берет, тюрбан, а также ток. — *К. Ш.*). Лишь очень пожилые женщины появлялись на балах в чепцах, но более нарядных и дорогих, нежели в домашней обстановке. Чепцы отделялись лентами, кружевами, цветами. Обычно ткань чепца была белого цвета, а отделка — любых модных оттенков, как правило, в тон платья или капота". В конце концов Баратынский остановился на "роскошных перьях и цветах" — метонимическом обозначении "бальных" головных уборов типа тока или тюрбана. Портретируя "бальных" завсегдатаев в романе в стихах, Пушкин также выделяет "старушек", знаменательно делая их приметой "чепцы" и "розы": "Тут был, однако, цвет столицы, / И знать, и моды образцы <...> Тут были дамы пожилые, / В чепцах и в розах, с виду злые" (8, XXIV). Живые цветы как убор прически — традиционный бальный атрибут исключительно молодых девушек. Вспомним розы в описании бального туалета Наташи и Сони в "Войне и мире" Толстого: белые дымковые платья на розовых шелковых чехлах, с розанами в корсаже, "одинаковые розы в черных волосах" (т. 2, ч. 3, гл. XIV, XV). "Розы", переданные Пушкиным, как и Баратынским, условные "цветы", "злым" старушкам, — чуть ли не оксюморон.

У Баратынского молодые женщины появляются на балу в "уборах головных", в которых нетрудно опознать по аксессуару ("драгие камни") токи, береты или тюрбаны. Ток — это плотно охватывающий голову головной убор исключительно замужних женщин. Он пришел в русскую моду на рубеже XVIII–XIX вв., когда европейская мода вновь обратилась к головным уборам после двух веков ношения париков. В первой половине XIX в. ток принято было украшать перьями, цветами, аграфами-пряжками с драгоценными камнями, то есть так называемым "гарниром".

Тюрбан — головной убор из большого куска замысловато задрапированной ткани, заимствованный европейской модой на Востоке, где его цвет, характер драпиров-

ки и количество складок сигнализировали о региональной принадлежности и религиозных симпатиях владельца. В Европе он стал исключительно женским головным убором, ношение которого также строго регламентировалось: как берет и ток, его использовали только для выездов, а фасоны соотносились с возрастом владелицы.

Особыми правилами обставлялось и водружение тюрбана на голову. Для театра и на обыкновенные выезды разрешалось использовать тюрбаны, приготовленные в модных лавках. Но тюрбан для бального туалета с его затейливым "гарниром" должен был непременно быть "расположен убирателем головы" при самом туалете (это требование относилось также к цветам и перьям, украшающим прическу для бала).

Берет, как и тюрбан, в первой половине XIX в. был исключительно женским головным убором, элементом парадного туалета. Он не снимался ни на званых вечерах, ни в театре или на балу. Как ток или тюрбан, берет отделялся перьями, цветами и ювелирными украшениями. Как видим, и головные уборы светских дам, их "гарниры" были не просто продуманной частью бального туалета, а этикетно закрепленной и строго регламентированной его деталью.

В модном туалете героини Баратынского все жестко регламентировано: от выбора ткани платья до декора прически. Знаковость светского костюма — рассредоточенное проявление семантики заглавного образа поэмы — б а л а как грандиозной бытийной метафоры. Жизнь-бал — это целостное театрализованное представление с типовыми эмоциями, фиксированными значениями, стилями поведения, этикетными жестами и т. п., включая и регламентированность внешнего вида, в том числе костюма и его мельчайших аксессуаров.

Юрий Лотман отмечал: хотя строгий ритуал бала приближал его к параду, к его финалу возрастали так называемые "бальные вольности", строя бал как борение "порядка" и "свободы". Есть и в бальном туалете Нины такого рода "свободные" детали, привносящие в него персонально-индивидуализирующее начало. Баратын-

ский фиксирует внимание на ювелирных украшениях: в портрете упоминается "алмаз серег" и "жемчуг", облепивший чело. Безусловно, и сами драгоценности, и их место в бальном туалете несли этикетно-культурную информацию. мода на бриллианты распространилась в России на рубеже 1810–1820-х гг. Сочетание бриллиантов с жемчугом в туалете особенно поощрялось, так как соответствовало требованиям изысканного вкуса. Сравним с деталью из толстовского описания бала в Петербурге в канун 1810 г.: "Зеркала по лестнице отражали дам в белых, голубых, розовых платьях, с бриллиантами и жемчугами на открытых руках и шеях" ("Война и мир"). Добавим, что "царь всех камней" алмаз, символ власти и высокого общественного положения, был как нельзя кстати для героини, чье имя переводилось с ассирийского как "царица", жемчуг также долгое время был символом высокого общественного положения.

Значения, проявлявшие магистральные для содержания образа Нины смыслы, приносила в портрет мифопоэтическая семантика и символика этих камней. Хронотоп лунной ночи, царящей в поэме ("осеребренные луной", "в переливающейся мгле"), актуализировал астральное начало символика алмаза и жемчуга. Рифмуясь друг с другом в этой части семантического спектра (по представлениям древних греков алмазы были осколками звезд, а жемчуг — земным воплощением Луны), камни становились выразительной приметой "ночной" сути героини. Иносказательно завершали они и ряд литературно-мифологических уподоблений Нины (Фея, Лаиса, Нинона, жрица любви), венчая его образом самой богини любви: в Древнем

Риме жемчуг был посвящен Венере и являлся обязательным украшением ее статуй, ее называли "хозяйкой жемчуга". Сравним: жемчуг увенчивает чело Нины и украшает прическу в вечер ее последнего бала, он же упомянут и в финальном портретном очерке после возвращения с бала ("в жемчугах"). Такой атрибут костюма Нины, как "яркая гирлянда", упавшая к ногам, в этой проекции подтекстовых смыслов становился дополнительным штрихом к образу Нины — "Венеры" — статуи. В то же время образ статуи сам по себе обладал этикетно-бытовой информацией, так как подобный графический образ в женских туалетах принадлежал к числу модных тенденций ампир.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, семантика бальных туалетов отражала такие качества бального действия, как театральность и маскарадность, подчиняясь основной — ритуализующей — стратегии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кирсанова Р. М. Костюм в русской художественной культуре XVIII – первой половины XX века: Опыт энциклопедии. – М., 1995.
2. Купрянова Е. Н. Комментарии // Баратынский Е. А. Полное собрание стихотворений: в 2 т. Т. 2. – М.-Л., 1936.
3. Лотман Ю. М. Беседы о русской культуре. Быт и традиции русского дворянства (XVIII — начало XIX века). – СПб., 1994.
4. Николаев С. М. Камни и легенды // Мистические свойства камней. – СПб., 1995. С.267...419.

Рекомендована кафедрой бизнес-технологий.  
Поступила 14.10.13.

## ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ ОБРАЗ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ КОСТЮМА

### ARTISTIC IMAGE IN DESIGN COSTUME

*О.Н. РЯБОВА, К.Е. РОМАНОВА*  
*O.N. RYABOVA, K.E. ROMANOVA*

(Шуйский филиал Ивановского государственного университета)  
(Shuya Branch of Ivanovo State University)  
E-mail: rom.ke@mail.ru; ryabovaon@mail.ru

*В статье рассмотрены вопросы становления художественного образа и проанализирована взаимосвязь между образной составляющей дизайн-проектирования костюма и созданием целостного художественного образа человека и костюма.*

*In the article the problems of the artistic image establishment are considered and the correlation between the descriptive component of the costume design and the creation of the holistic artistic image of the man and the suit are analyzed.*

**Ключевые слова:** образ, художественный образ, дизайн-проектирование, костюм.

**Keywords:** image, artistic image, design, costume.

В творческом процессе дизайн-проектирования современного костюма решающая роль принадлежит художественному образу.

Вопросам формирования художественного образа объектов дизайна посвящен целый ряд работ А.В. Иконникова, С.О. Хан-Магомедова, В.Ф. Сидоренко, Р. Арнхейма [5], [9], [8], [1]. Несмотря на то, что художественный образ рассматривается в основном в сфере развития единичного объекта, все эти работы позволяют увидеть место и роль образа как одного из самых важных средств формирования среды обитания человека.

Одним из основных элементов становления образа, как воплощения замысла художника-модельера, являются природные задатки в виде художественного типа нервной деятельности.

В художественном типе нервной деятельности человека можно выделить особенности качеств внутреннего мира, которые являются результатом индивидуального опыта принятия, преобразования информации и характеризуют субъективную

активность личности. К данным особенностям можно отнести: яркость, конкретность целостного восприятия, острую впечатлительность, богатое воображение, чувство образного слова, образное мышление, эмоциональную и образную память.

Анализ процесса отражения мира позволяет выделить два основных типа образов, возникающих в сознании человека при взаимодействии его с внешним миром.

Во-первых, это первичные образы, особенность которых состоит в том, что субъект не противопоставляет их внешней реальности. Эти образы выполняют функцию "представления" созданию первичного, исходного материала для дальнейшего исследования.

Во-вторых, это художественные образы, которые создают свою особую категорию. Такие образы, наоборот, сопоставляются с действительностью, сравниваются с ней.

Человек познает мир через первичные образы и преобразует их в художественные образы, отражая своеобразную форму действительности, синтезируя и анализируя окружающие предметы по принципу

индукции, опираясь на структурный способ опознания изображения.

Следует отметить, что дискуссия по поводу определения художественного образа, его строения и законов функционирования ведется давно.

В 1930-е годы П.М. Медведев построил одну из первых концепций понимания образа: "...Характер образа обусловлен опытом познания реальной действительности и вытекающим из него мировоззрением данного художника" [7].

Определение образа в 1940-е годы дают ряд ученых, в том числе Н.К.Гей: "... образ – это воссоздание и восприятие воображаемых феноменов и их художественное осмысление как бы в виде реальных объектов... Образ оказывается носителем объективного содержания, которое становится осуществлением выражаемого смысла, и доступен восприятию" [2].

Наиболее интересное и отчетливое понимание образа происходит в 1950-1960-х годах. Так, М.С. Каган в специальной статье, посвященной исследованию проблемы образа, рассматривает художественный образ как первоклеточку искусства, отражающую в простейшей форме общую структуру художественного освоения жизни [6].

Над проблемой художественного образа работал Л.А. Закс, он наиболее последовательно провел мысль о том, что художественная реальность – это система художественного образа. Художественный образ объединяет в себе различные понятия, представления и формы проявления [4].

Значит, художественный образ есть особый способ видения мира, и есть результат активной переработки действительности, на которой строится вся образная система искусства.

Задача искусства заключается не в том, чтобы запечатлеть предмет сам по себе в его объективной устности. Оно призвано выразить особое отношение художника к предмету и миру в целом. Искусство создает такой образ мира внешнего, в котором светится духовный мир автора, а иногда мироощущения целой эпохи культуры,

и выражает ту ценность, которую имеет в глазах художника окружающая жизнь.

Художественный образ в дизайн-проектировании костюма рассматривается как гармоничное единство образа человека и костюма в определенной среде.

Процесс становления художественного образа в дизайн-проектировании костюма условно можно разделить на два этапа.

Первый этап – возникновение образной идеи в контексте поставленной проектной задачи. Образная идея может состоять из многих составляющих (это и ассоциации, метафоры, аналогии, ощущения на уровне чувств и опыта) и может быть воплощена в виде форм, линий, цвета, фактуры, материала.

Второй этап – создание целостного художественного образа человека и костюма.

Первый и второй этапы взаимосвязаны, часто образ в костюме рождается из сочетания конкретной предметной основы и отвлеченной абстрактной идеи, а в основе художественного образа костюма находится тема, четко и ярко выражающая его идейную основу. Идейная основа костюма выражается самыми выразительными впечатляющими приемами и характеристиками, объединяя элементы, которые выделяются композиционным решением, сильной фактурой, новизной трактовки формообразования.

Если рассматривать возникновение идеи художественного образа, то необходимо сказать, что художник-модельер, благодаря своему субъективному восприятию мира, может создать костюм, имеющий свой характер, ассоциацию, свой личный символический взгляд и язык. И на основе ассоциативных и символических вещей возможно создание огромного количества вариаций художественно-ассоциативных образов, выполненных с помощью разнообразных средств.

Причем художественный образ в дизайне костюма непосредственно связан с вопросами синтеза отдельных составляющих – стиля и конструкции, формы и материала, цвета и фактуры. Кроме того, склонность нашего времени обнаруживать сложное в простом, вселенское – в малом,

актуальное – в забытом, что окрасило новыми тонами художественно-образное в дизайн-проектировании костюма.

Конечно, созданный художественный образ костюма наделен определенной смысловой нагрузкой на основе объективного опыта художника-модельера. Так, к примеру, текучие, плавные линии традиционно ассоциируются с женским началом; в то время как вертикаль – символ мужской силы, вознесения и прогресса, активности и действия. Плавные линии могут найти свое отображение в плавной форме ткани или драпировки. Впоследствии в результате объективного и субъективного восприятия мира художник-модельер создает образ или систему образов будущих коллекций, где в процессе наброска эскизов видит один и тот же предмет, но под разным углом зрения.

Художественный образ и формы отражения действительности позволяют говорить о художественной условности и противоречивости, приобретающей большое значение в отображении эскизов моделей. Так, художники-модельеры всего мира в конце XX века в своих коллекциях не только "от кутюр", но и "прет-а-порте" предлагают огромный, подчас противоречивый, выбор разнообразных образных решений.

Эклектизм современной моды разрешает соединять несоединимое, художники-модельеры стараются перещеголять друг друга в создании острой выразительности моделей. Каждая демонстрация сопровождается целым театром образов, которые предлагаются на выбор: здесь и элегантность, и юмор, и гротеск, и трагизм, и предупреждение миру о катастрофе, и влияние маргинальных субкультур. Новизна, гротеск, выразительность становятся основными критериями создания образа.

Яркая образность, доходящая до гротеска, достигается целым комплексом средств: одеждой, головными уборами, обувью, дополнениями, макияжем, прической, декоративными украшениями, постановкой и музыкой.

Таким образом, выражением авторского понимания образа и личного видения окружающей действительности в творческой и профессиональной деятельности художника-модельера является художественный образ. Творческая индивидуальность мастера при дизайн-проектировании костюма основана прежде всего на том, что задуманный образ, силуэт рождается, как правило, не спонтанно, а с опорой на наглядный материал. Поиск и нахождение путей решения поставленной задачи ведутся мастером как концептуально, так и на основе разных направлений деятельности, иногда малосвязанных между собой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Арнхейм Р.* Искусство как терапия // Психология художественного творчества: Хрестоматия / К.В. Сельченко. – Мн.: Харвест, 1999. С.731...750.
2. *Гей Н. и Пискунов В.* Мир, человек, искусство. – М.: Советский писатель, 1965.
3. *Демосфенова Г.Л.* Проблемы художественного творчества и дизайн. Вместо введения // Проблемы образного мышления и дизайн. Труды ВНИИТЭ. Выпуск / С.И. Безъязычная. – М.: ВНИИТЭ, 1979. С. 3...9.
4. *Закс Л.А.* Художественное сознание. – Свердловск: Уральский ун-т, 1990.
5. *Иконников А.В.* Функция, форма, образ в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1986.
6. *Каган М.С.* Эстетические и художественные ценности в мире ценностей. – М.: Тр. ВНИИТЭ. Выпуск 30. (Серия Техническая эстетика), 1981. – С. 19-35.
7. *Медведев П.Н. (Бахтин М.М.)* Формальный метод в литературоведении / Комментар. В.Л. Махлина. – М.: Лабиринт, 1993. С. 44...45.
8. *Сидоренко В.Ф., Кузьмичев Л.А.* Парадигма системного дизайна // Сборник системного исследования. Методологические проблемы. – М.: ВНИИТЭ, 1981.
9. *Хан-Магомедов С.О.* К проблеме эстетической оценки предметно-пространственной среды. – М.: Тр. ВНИИТЭ. Выпуск 30. (Серия Техническая эстетика), 1981. С. 105...119.

Рекомендована кафедрой технологии и предпринимательства. Поступила 09.01.14.



УДК 677.054.823.7

**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА  
МЕТАЛЛОТКАЦКОГО СТАНКА  
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ  
КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**DYNAMIC MODELS OF SHEDDING MECHANISM  
IN METAL-WEAVING MACHINE AND DETERMINATION  
OF OSCILLATORY PROCESS PARAMETERS**

*Д.А. ПИРОГОВ, В.А. СУРОВ, Р.В. ШЛЯПУГИН, С.В. СЕЛЕЗНЕВ*  
*D.A. PIROGOV, V.A. SUROV, R.V. SHLYAPUGIN, S.V. SELEZNEV*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: pirogov81@mail.ru

*В работе предложена динамическая модель зевобразовательного механизма металлотацкого станка. Модель учитывает упругие, кинематические, силовые и конструктивные характеристики объекта исследования. Определены собственные частоты и формы колебаний ремизной рамы.*

*In this paper a dynamics model is proposed of the shedding mechanism of a metal weaving machine. In this model elastic, kinematic, force and structural characteristics of the object under study have been taken into account. Natural frequencies and mode shapes of the heddle frame have been determined.*

**Ключевые слова:** динамическая модель, зевобразовательный механизм, ремизная рама.

**Keywords:** dynamic model, shedding mechanism, heddle frame.

Исполнительным звеном зевобразовательного механизма является ремизная рама. Колебательные процессы, возникающие при работе в этом звене требуют определения и анализа, поскольку могут вызвать дополнительные негативные процессы, отрицательно влияющие на технологический процесс металлотачества.

В настоящей работе поставлена задача создания динамической модели ремизной рамы зевобразовательного механизма и определения собственных частот и форм ее колебаний.

Динамическая модель ремизной рамы (рис. 1) представляет собой стержень с распределенными параметрами: интенсивностью распределенной массы нижней

планки  $\mu$ , жесткостью  $EJ$ , длиной  $\ell$ . Стержень сопряжен в местах левой и правой проушин ремизной рамы с упругими опорами, движущимися по определенному закону.

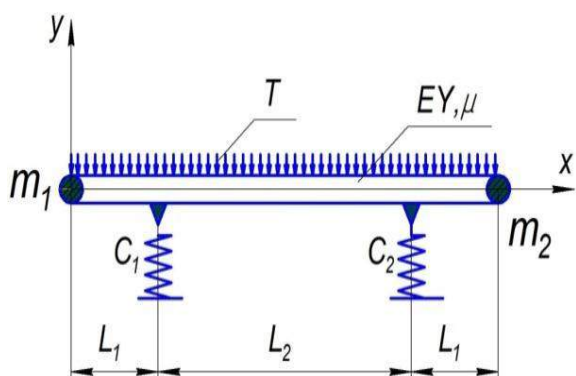


Рис. 1

Коэффициенты жесткости опор  $c_1$  и  $c_2$  получены приведением податливостей рычажных систем согласно [1] и представлены в виде уравнений:

$$c_i = \frac{1}{e_j}, \quad (1)$$

$$e_j = \sum_{i=1}^n e_{ш_i} + \sum_{i=1}^k e_{р_i}, \quad (2)$$

где  $e_{р_i}$  – податливость  $i$ -го рычага рычажной системы зевобразовательного механизма;  $e_{ш_i}$  – податливость  $i$ -го шарнира рычажной системы зевобразовательного механизма.

На концах стержня расположены две сосредоточенные массы  $m_1$  и  $m_2$ , которые представляют инерционные характеристики верхней планки и двух боковин ремизной рамы.

Натяжение нитей основы  $T$ , действующее на ремизную раму, учитывается в виде коэффициента пропорциональности между натяжением нитей основы и деформацией упругой системы заправки станка  $K_{\Pi}$ . Аналог в литературе [2] имеет название – коэффициент податливости основания или коэффициент постели. Этот коэффициент представляет собой реакцию основания на единицу площади при прогибе, равном единице.

В нашем случае считаем, что сила натяжения нитей основы распределена по верхней плоскости нижней планки:

$$K_{\Pi} = kb, \quad (3)$$

$$k = \frac{\left(\frac{T}{d\ell}\right)}{\ell}, \quad (4)$$

где  $K_{\Pi}$  – коэффициент пропорциональности,  $H/m^2$ ;  $k$  – коэффициент постели,  $H/m^3$ ;  $T$  – распределенная сила натяжения нитей основы,  $H/m$ ;  $d\ell$  – деформация упругой системы заправки станка вследствие зевобразования,  $m$ ;  $\ell$  – длина нижней планки,  $m$ ;  $b$  – ширина нижней планки,  $m$ .

Уравнение свободных изгибных колебаний стержней в такой постановке задачи принимает вид:

$$EY \frac{d^4 y}{dx^4} + \mu \frac{d^2 y}{dt^2} + K_{\Pi} y = 0, \quad (5)$$

а частное решение этого уравнения находим в виде

$$y = X(x)T(t), \quad (6)$$

где  $X_i(x)$  – функция формы, зависящая только от  $x$ ;  $T_i(t)$  – функция времени, зависящая только от  $t$ .

Подставив выражение (6) в (5), получим уравнение, определяющее собственные формы колебаний системы:

$$y^{IV}(x) - k^4 X(x) = 0, \quad (7)$$

где  $k^4 = \frac{\mu\rho^2 - K_{\Pi}}{EY}$ ;  $p_i$  – собственные частоты изгибных колебаний.

Решение уравнения (7) ищем в виде:

$$X(x) = A_i S + B_i T + C_i U + D_i V, \quad (8)$$

где  $S, T, U, V$  – функции А.Н.Крылова [4].

Определение неизвестных  $A_i, B_i, C_i, D_i$  уравнения (7) требует рассмотрения граничных условий и сопряжений участков, которые для рассматриваемой динамической модели имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 EYX''_i(x_1 = 0) = 0, \\
 EYX'''_i(x_1 = 0) - m\ddot{y} = 0, \\
 X_i(x_1 = l_1) = X_i(x_2 = 0), \\
 X'_i(x_1 = l_1) = X'_i(x_2 = 0), \\
 EYX''_i(x_1 = l_1) = EYX''_i(x_2 = 0) = 0, \\
 EYX'''_i(x_1 = l_1) = EYX'''_i(x_2 = 0) + c_1 X_i(x_2 = 0), \\
 X_i(x_2 = l_2) = X_i(x_3 = 0), \\
 X'_i(x_2 = l_2) = X'_i(x_3 = 0), \\
 EYX''_i(x_2 = l_2) = EYX''_i(x_3 = 0) = 0, \\
 EYX'''_i(x_2 = l_2) = EYX'''_i(x_3 = 0) + c_2 X_i(x_3 = 0), \\
 EYX'''_i(x_3 = l_3) = +m\ddot{y} = 0, \\
 EYX''_i(x_3 = l_3) = 0.
 \end{array} \right. \quad (9)$$

Подставляя в систему (9) решение в форме (8), получим систему однородных уравнений относительно неизвестных  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ ,  $D_i$ , которая имеет отличные от нуля решения в том случае, если равен нулю определитель  $\Delta_i$ , составленный из коэффициентов при этих неизвестных. Решая этот определитель на ЭВМ, например, методом последовательных приближений, находим частоты  $p_i$  собственных изгибных колебаний системы.

Формы собственных колебаний определяются отношением амплитуд колебаний различных сечений. Для определения формы положим в решении (8)  $A_i = 1$ .

Принимая во внимание остальные уравнения этой системы, получим:

$$B_i = \frac{\Delta_{B_i}}{\Delta_i}, \quad C_i = \frac{\Delta_{C_i}}{\Delta_i}, \quad D_i = \frac{\Delta_{D_i}}{\Delta_i}, \quad (10)$$

где  $\Delta_{B_i}$ ,  $\Delta_{C_i}$ ,  $\Delta_{D_i}$  – определители, составленные из коэффициентов при неизвестных  $B_i$ ,  $C_i$ ,  $D_i$ .

Поскольку частоты  $p_i$  определены, то определяются и коэффициенты  $B_i$ ,  $C_i$ ,  $D_i$  (при  $A_i = 1$ ), то есть формы упругих колебаний согласно уравнению. (8).

По изложенной методике проведены расчеты собственных частот и форм изгибных колебаний ремизной рамы металлокацкого станка СТМ-4-130. Исходные значения параметров динамической модели приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

$c_1$ , Н/м	$c_2$ , Н/м	$EY$ Нм <sup>2</sup>	$\mu$ , кг/м	$K_n$ , Н/м <sup>2</sup>	$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$L_1$ , м	$L_2$ , м
$1,1 \cdot 10^{10}$	$0,7 \cdot 10^{10}$	$4,2 \cdot 10^4$	5	$6,2 \cdot 10^3$	6,3	6,3	0,203	0,974

Расчет осуществляли на ЭВМ с помощью разработанной на языке Visual basic программы «Balka», а также в модуле расчета балочных конструкций APM Beam, системы инженерного анализа APM Win-machine [5].

В табл.2 и на рис.2 приведены результаты расчетов собственных частот и форм собственных колебаний системы для пяти первых частей.

Т а б л и ц а 2

Номер собственной частоты, рад/с	Расчет в программе «Balka»	Расчет в APM Beam	Расчет в программе «Balka» с учетом коэффициента $K_n$
$p_1$	483,9	484,8	484,2
$p_2$	827,2	828,0	827,2
$p_3$	2002,4	2018,5	2002,7
$p_4$	5158,3	5210,1	5158,4
$p_5$	10175,6	10282,3	10175,7

## ВЫВОДЫ

Как показывают результаты расчетов (табл. 2), учет действия натяжения нитей основы не оказывает существенного влияния на собственные параметры системы, так как различие в значениях собственных частот не превышает 0,05%. Поскольку отличие величины частот незначительно, то влияние этого фактора на собственные формы системы (рис. 2) будет минимальным. Это объясняется тем, что конструкции ремизных рам подбираются под соответствующий ассортимент вырабатываемой сетки, то есть так, чтобы под действием натяжения нитей основы деформации рамы были бы минимальны.

Сравнивая значения определенных собственных частот с частотой возбуждения – частотой вращения кулачкового вала зверообразовательного механизма ( $n=24$  об/мин), можно констатировать, что колебательный процесс протекает в дорезонансном режиме.

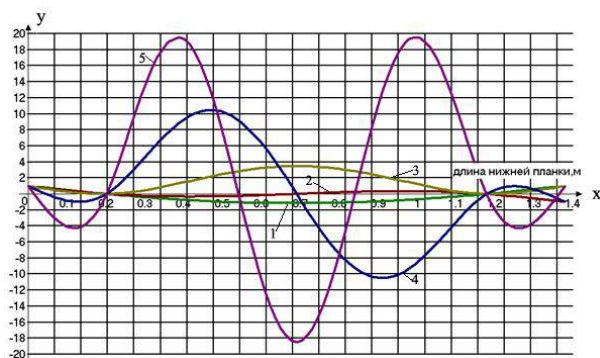


Рис. 2

Решение задачи с помощью АРМ Beam показывает, что разработанная методика позволяет определить значения собственных частот и форм колебаний с достаточной для практики точностью и подтверждает адекватность определенных значений искомых величин.

В соответствии с предложенной классификацией [5] созданная динамическая модель и разработанная методика позволяют рассмотреть задачу о собственных колебаниях ремизных рам широкого спектра кулачково-рычажных зверообразовательных механизмов.

1. Разработана динамическая модель зверообразовательного механизма металло ткацкого станка СТМ-4-130, определены ее упругие, инерционные и силовые характеристики.

2. Предложена и решена математическая модель задачи о собственных колебаниях системы. Определены собственные частоты и формы колебаний.

3. Установлено, что колебательный процесс протекает в дорезонансном режиме.

4. Установлено, что натяжение нитей основы в данном случае не оказывает существенного влияния на собственные параметры системы.

5. Разработанная методика позволяет рассмотреть задачу о собственных колебаниях зверообразовательных механизмов разнообразных ткацких станков, так как предложенная динамическая модель позволяет учесть любую конструкцию ремизной рамы и кулачково-рычажный привод различной структуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов. – Л.: Машиностроение, 1976.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Наука, 1967.
3. Вибрация в технике: Справочник. В 6 томах. – Т.1. Колебания линейных систем / Под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1978.
4. CAD/CAE-система APM WinMachine. Рабочая документация. APM Beam – модуль расчета и проектирования балочных элементов конструкций [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.apm.ru/rus/support/documentation/> свободный. – Загл. с экрана (16.04.2013г.) - Научно-технический центр «АПМ», офис 6, Октябрьский бульвар, д.14, г. Королев, Московская область, 141070, 2013.
5. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н. Классификация зверообразовательных механизмов по структурным звеньям // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 2. С.120...125.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 13.01.14

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ РЕДУКТОРА МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА С НАКОПИТЕЛЕМ МАТЕРИАЛА\*

### OPTIMIZATION OF GEAR RATIOS WINDING MECHANISM DRIVE MATERIAL

П.С. БАЛАБАЕВ  
P.S. BALABAEV

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)

E-mail: balabaev\_p@rambler.ru

*В статье приведена методика определения передаточного отношения редуктора в наматывающем механизме оптимального по критерию быстрого действия механизма управления натяжением.*

*The article describes the method of determining the gear ratio in the optimal mechanism is wound by the speed control mechanism tension.*

**Ключевые слова:** мотальный механизм, накопитель материала, частота вращения двигателя, передаточное отношение редуктора.

**Keywords:** winding mechanism, storage material, engine speed, gear ratio.

В современной полиграфии стали широко применять рулонные полимерные материалы, которые по механическим характеристикам больше напоминают ткань, чем бумагу или картон. Рассматриваемое наматывающее устройство предназначено для намотки бобин диаметром до  $D = 550$  мм на шпули диаметром  $d = 90$  мм и массой до 200 кг. Скорость наматывания материала может достигать 100 м/мин, а сила натяжения доходить до 200 Н. Близкие параметры имеют наматывающие устройства отделочного производства текстильной промышленности.

В данном наматывающем устройстве вращение бобины осуществляется от асинхронного частотно-регулируемого электродвигателя АД и редуктора с постоянным передаточным отношением (рис. 1 – схема наматывающего устройства с накопителем), а не от двигателя постоянного тока как в [3], что повышает надежность системы.

Назначение накопителя материала заключается в поддержании натяжения материала на заданном уровне при различ-

ных мгновенных изменениях скоростей выпуска и наматывания материала. Наибольшее распространение в наматывающих механизмах для намотки рулонных паков получили накопители, состоящие из группы подвижных и неподвижных роликов, огибаемых материалом. Оси подвижных роликов закреплены на качающейся вокруг неподвижной оси раме. При анализе динамики накопителя в качестве обобщенной координаты  $x$  выберем длину материала в накопителе.

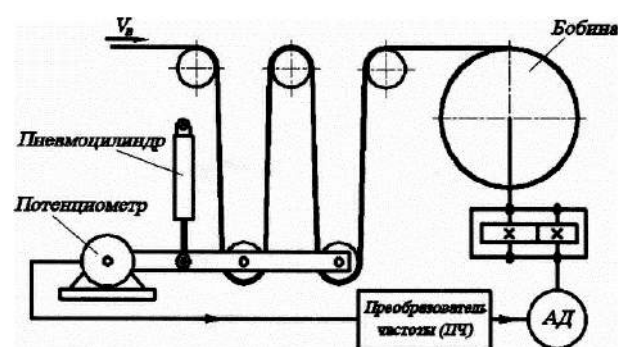


Рис. 1

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук П.Н. Рудовского.

На практике измеряется контактным, например потенциометрическим, или бесконтактным способом перемещение подвижной рамы, по которому и оценивается величина  $x$ .

В этом случае основное уравнение динамики накопителя запишется следующим образом:

$$m\ddot{x} = F_0 - F - Cx - k\dot{x} - F \frac{\dot{x}}{|\dot{x}|}, \quad (1)$$

где  $m$  – приведенная масса подвижной системы накопителя;  $F_0$  – постоянная составляющая приведенных сил, вызванная, в частности, силами собственного веса подвижной системы;  $C$  – приведенная жесткость сил тяжести и упругости системы (при наличии пружинного подвеса);  $k$  – приведенный коэффициент вязкого трения перематываемого материала и системы (при наличии масляного демпфера);  $F_{\text{тр}}$  – приведенная сила сухого трения.

Чем меньше  $m$ ,  $C$ ,  $k$  и  $F_{\text{тр}}$ , тем стабильнее сила натяжения материала. Конструктивными мерами можно добиться, чтобы приведенная жесткость  $C$  имела малое значение. Изменять натяжение в процессе наматывания можно, например, за счет изменения давления воздуха в пневмоцилиндре. Масляный демпфер не потребуется, если и при его отсутствии переходный процесс будет затухающим. Влияние силы сухого трения подробно рассмотрено в [1]. Здесь лишь стоит отметить, что в реальных конструкциях силу сухого трения стараются уменьшить, применяя, например, специальные пневмоцилиндры малого трения. В этом случае силу натяжения материала можно определить из выражения:

$$F = F_0 - m\ddot{x}. \quad (2)$$

В [4] показано, при каких условиях такое допущение справедливо. Приближенное математическое моделирование асинхронного электродвигателя можно выполнить по уравнению из [2]:

$$\omega_d = \omega_c - \frac{M_d + T_d \dot{M}_d}{K_d}, \quad (3)$$

где  $\omega_d$  – угловая частота вращения ротора;  $\omega_c$  – синхронная частота (частота вращения магнитного поля статора);  $M_d$  – электромагнитный момент на валу двигателя;  $T_d$  – электромагнитная постоянная времени;  $K_d = \frac{\partial M_d}{\partial \omega_d}$  – жесткость статической механической характеристики двигателя.

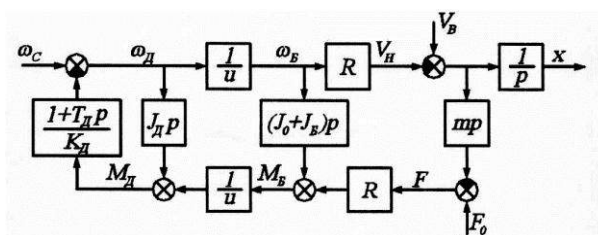


Рис. 2

На рис.2 приведена исходная структурная схема наматывающего механизма как объекта управления. На ней обозначены следующие параметры:  $u$  – передаточное отношение редуктора;  $R$  – текущий радиус наматывания;  $J_d$  – момент инерции вала двигателя и входного вала редуктора;  $J_b$  – момент инерции бобины;  $J_0$  – момент инерции выходного вала редуктора и вала бобины;  $\omega_b$  – угловая частота вращения бобины;  $M_b$  – крутящий момент на валу бобины;  $V_n$  – линейная скорость наматывания материала;  $V_b$  – линейная скорость подачи материала в намотку (скорость выпуска);  $p$  – оператор Лапласа.

После преобразования данной схемы была получена передаточная функция по управлению:

$$W = \frac{R/u}{(1+T_b p)(1+T_d p)p}, \quad (4)$$

где  $T_b$  – электромагнитная постоянная времени бобины:

$$T_b = \frac{(J_d u^2 + J_0 + J_b + mR^2)}{K_d u^2}. \quad (5)$$

На машине был установлен асинхронный электродвигатель АИР90L4, для кото-

рого  $K_d=1,3 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$ , и редуктор с передаточным отношением 3,8. По оценочным расчетам  $J_d=0,01 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ,  $J_0=0,05 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ,  $J_B=8,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ,  $m=6 \text{ кг}$ . В этом случае электромеханическая постоянная времени составит  $T_B=0,47 \text{ с}$ .

Так как в нашем случае  $T_B \gg T_d$ , то моделировать объект управления можно последовательным соединением интегрирующего и апериодического звена первого порядка, а не второго порядка, как в [5]. В этом случае передаточная функция упростится и примет вид:

$$W = \frac{R/u}{(1+T_B p)} \quad (6)$$

В качестве регулятора, поддерживающего среднее значение количества материала в накопителе на заданном уровне, решено было применить ПИ-регулятор, встроенный в преобразователь частоты, управляющий асинхронным двигателем (рис. 1). Запишем передаточную функцию регулятора в следующем виде:

$$W_p = K_{\Pi} \left( 1 + \frac{1}{T_{\text{и}p}} \right), \quad (7)$$

где  $K_{\Pi}$  – коэффициент усиления пропорциональной составляющей;  $T_{\text{и}p}$  – время интегрирования.

Для нахождения оптимальных параметров регулятора воспользуемся методом логарифмических амплитудно-частотных характеристик. В первом приближении частота среза системы определяется выражением:

$$\omega_p = K_{\Pi} \frac{R}{u}. \quad (8)$$

Из последнего выражения видно, что по мере наматывания частота среза системы увеличивается, достигая максимального значения при максимальном диаметре бобины. Из условия устойчивости системы при максимальном диаметре бобины найдем пропорциональный коэффициент регулятора:

$$K_{\Pi} = \frac{2u}{DT_B K_{\text{зап}}}, \quad (9)$$

где коэффициент запаса  $K_{\text{зап}}$  рекомендуется выбирать в пределах 2..3.

Из рассмотрения устойчивости при минимальном диаметре бобины можно найти значение времени интегрирования:

$$T_{\text{и}} = \frac{2uK_{\text{зап}}}{dK_{\Pi}} = K_{\text{зап}}^2 K_d T_B, \quad (10)$$

где  $K_d = D/d$ .

Испытания показали, что система управления с указанными выше настройками регулятора является устойчивой. Однако эксперименты, а затем и моделирование показали, что если плавный пуск машины до максимальной скорости выпуска материала проводить быстрее 20 с, подвижная система накопителя отклоняется в крайнее положение, сила натяжения материала падает до нуля, нарушая технологический процесс. На размотке натяжение наоборот увеличивается, что, как показано в [6], повышает вероятность обрыва материала. В рассматриваемом случае для исключения наложения первых листов картона друг на друга время плавного пуска должно быть не более 7 с. Этого можно достичь, увеличив емкость накопителя за счет увеличения его размеров или уменьшив постоянную времени  $T_B$ .

Было принято решение уменьшить постоянную времени  $T_B$  за счет увеличения передаточного отношения  $u$  редуктора. Что приведет к росту частоты вращения двигателя. Исходно передаточное отношение было выбрано так, чтобы частота вращения двигателя не превышала номинальную. Если же частота тока превысит номинальные 50 Гц, то из-за невозможности увеличить напряжение выше номинального ток в обмотках двигателя будет уменьшаться из-за роста их индуктивного сопротивления. Ток в обмотке ротора при прочих равных условиях также будет уменьшаться, так как индуцируется током статорной обмотки. А так как сила взаимодействия двух витков с током пропор-

циональна произведению тока в них, то жесткость механической характеристики будет уменьшаться по уравнению:

$$K_D = K_{D0} \begin{cases} 1 & \text{при } \omega_C \leq \omega_0, \\ \left(\frac{\omega_0}{\omega_C}\right) & \text{при } \omega_C > \omega_0, \end{cases} \quad (11)$$

где  $\omega_0$  – номинальная синхронная частота вращения (для рассматриваемого двигателя 157 рад/с);  $K_{D0}$  – жесткость механической характеристики при номинальной частоте.

Максимальная синхронная частота двигателя будет при наматывании материала на пустую шпулю с максимальной скоростью:

$$\omega_{Cmax} \approx \omega_{max} = \frac{2uV_{max}}{d}. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (11), а затем в (5), получим электромеханическую постоянную

$$J_D = \left(\frac{2V_{max}}{\omega_0 d}\right)^2 u^4 + \left(\left(J_0 + m\left(\frac{d}{2}\right)^2\right)\left(\frac{2V_{max}}{\omega_0 d}\right)^2 - J_D\right) u^2 - \left(J_0 + J_B + m\left(\frac{D}{2}\right)^2\right) = 0. \quad (15)$$

Для нашего примера решение дает  $u < 11,3$ . С другой стороны, при максимальном диаметре бобины частота вращения не должна превышать номинальную, то есть:

$$u < \frac{\omega_0 D}{2V_{max}}. \quad (16)$$

Иначе постоянная времени будет больше, чем рассчитана по формуле (14). Для нашего примера это ограничение примет вид  $u < 25$ . Кроме того, следует учитывать, что с ростом частоты тока мощность асинхронного двигателя падает.

По этой причине решено было увеличить передаточное отношение до  $u=8$ . После увеличения передаточного отношения электромеханическая постоянная времени уменьшилась до величины до 0,11 с. Изменив пропорциональный коэффициент регулятора по уравнению (9), удалось добиться корректной работы наматывающего устройства при времени разгона рабочей

ную времени при минимальном диаметре бобины:

$$T_{Bmin} = \frac{(J_D u^2 + J_0 + m(d/2)^2)}{K_{D0}} \left(\frac{2V_{max}}{\omega_0 d}\right)^2. \quad (13)$$

А при максимальном диаметре:

$$T_{Bmax} = \frac{(J_D u^2 + J_0 + J_B + m(D/2)^2)}{K_{D0} u^2}. \quad (14)$$

С ростом передаточного отношения  $T_{Bmin}$  растет, а  $T_{Bmax}$  падает. Поскольку в уравнения (9) и (10) необходимо подставлять максимальное значение постоянной времени, оптимальное (по быстродействию) передаточное отношение редуктора можно определить, приравняв  $T_{Bmin} = T_{Bmax}$ , что требует решения следующего биквадратного уравнения:

машины до максимальной скорости за 6 секунд.

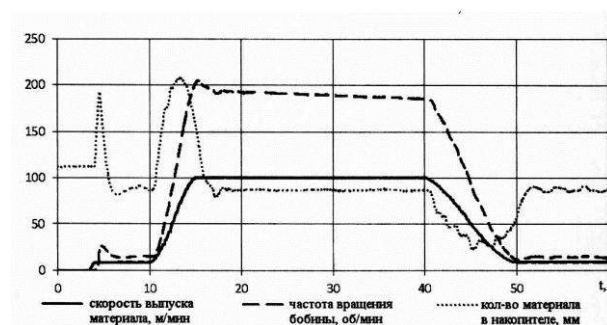


Рис. 3

На рис. 3 приведены экспериментально снятые осциллограммы для модернизированного наматывающего устройства в процессе пуска на малой скорости, увеличения скорости до максимальной и плавного уменьшения скорости.

Выше показано, что существует оптимальное передаточное отношение редуктора осевого привода бобины, при котором



постоянная времени объекта управления имеет наименьшее значение. В ряде случаев выбор оптимального (по быстродействию) передаточного отношения позволяет добиться требуемых показателей качества процесса регулирования натяжения материала при использовании стандартного ПИ-регулятора с постоянными коэффициентами. Такой регулятор реализованный средствами, встроенными в современные преобразователи частоты, исключает необходимость применения специального контроллера натяжения (промышленного компьютера), что уменьшает стоимость вновь создаваемого или модернизируемого наматывающего оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балабаев П. С. Влияние силы трения в опорах лапки рогульки на колебания ее силы прижима в процессе намотки ровницы // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 2006, №4С.

2. Вейц В.И. Динамика машинных агрегатов. – Л.: Машиностроение, 1969.

3. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Моделирование аналоговой системы управления намоткой с учетом изменения радиуса рулона // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 2006, №1. С. 104...109.

4. Глазунов В.Ф., Куленко М.С. Редуцирование математических моделей петлеобразователей в системе управления натяжением ткани // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 2008, №5. С. 90...93.

5. Губин В.В., Макаров А.А. Исследование динамических характеристик исполнительного механизма регулятора натяжения основы для ткацких станков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №3. С. 107...110.

6. Рудовский П.Н., Ииматов А. Б. Изменение натяжения нити в период пуска при сматывании с вращающейся катушки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.96...99.

Рекомендована кафедрой инженерной графики, теоретической и прикладной механики. Поступила 17.01.14.

УДК 677.051

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ В ВАЛКОВОЙ ПАРЕ

## ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF LAMINATED COMPOSITE MATERIAL DURING PROCESSING IN ROLLER PAIR, WITH DIFFERENT RATIOS OF THE ANGULAR VELOCITIES OF SHAFTS

*А.В. ПУСТОВОЙ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.Г. ШУТОВА*  
A.V. PUSTOVOY, A.R. KORABELNIKOV, A.G. SHUTOVA

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: tmm@kstu.edu.ru

*Разработана модель валковой пары и ее взаимодействия со слоистым композитным материалом методом конечных элементов с использованием пакета ANSYS. Проанализировано напряженно-деформированное состояние в жале валковой пары. Получены картины распределения напряжений и деформаций в слоистом композитном материале при неравных скоростях валов.*

*A model of the roll pair and its interaction with the layered composite material by finite element method using the package ANSYS. Analyzed the stress strain behavior in sting roll pair. Patterns of distribution of stresses and strains in the layered composite material with unequal speeds of shafts.*

**Ключевые слова:** модель валковой пары, слоистый композит, метод конечных элементов, обработка льна.

**Keywords:** roll pair model, laminated composite, finite-element method, flax processing.

Прокатка материала в валках применяется во многих процессах текстильной и легкой промышленности: например, обработка льняного волокна, обработка кожи, отделка тканей и т.д.

В работе [1] предлагается технологическая линия и ряд устройств для получения котонизированного льняного волокна. Линия включает в себя устройство для подготовки ленты льняного волокна к штапелированию, машину для штапелирования методом контролируемого разрыва и ряд очистителей. Устройство для подготовки ленты льняного волокна к штапелированию предназначено для уменьшения сечения ленты и предварительного разрушения связей между волокнами в технических комплексах льна. Оно представляет собой пару давящих валков с регулируемой нагрузкой и регулируемой скоростью вращения, причем скорость вращения нижнего и верхнего валков может быть различной [2]. Лента из короткого волокна, обрабатываемая в этом устройстве, имеет сложную структуру и представляет собой совокупность частично параллелизованных технических комплексов льняного волокна и отдельных элементарных волокон, которые могут быть соединены друг с другом на некотором протяжении природными "склеивающими" веществами. Элементарные волокна, объединенные в комплексы, также соединены между собой "склеивающей" их матрицей естественного происхождения.

При обработке ленты в предлагаемом устройстве отмечается снижение прочности ленты, а также отмечается повышение качественных показателей получаемого котонизированного льняного волокна [3].

В работе [4] приводится описание процесса обработки ленты, основанное на результатах исследований [5], и обосновывается применение данного метода. Однако не описывается картина напряженно-деформированного состояния внутри обрабатываемого продукта, что не позволяет адекватно оценить технологические и конструктивные параметры устройства.

Разработка аналитических зависимостей, описывающих этот процесс и напряженно-деформированное состояние, очень затруднительна, что связано с неоднородностью и анизотропностью обрабатываемого продукта и сложностью аналитического описания процесса. Для моделирования взаимодействия рабочих органов машин с льняным волокном необходимо применение современных численных методов [6]. Для этого нами использовался программный пакет ANSYS.

Нами предложена модель взаимодействия валковой пары 1 с многослойным материалом 2 (рис. 1).

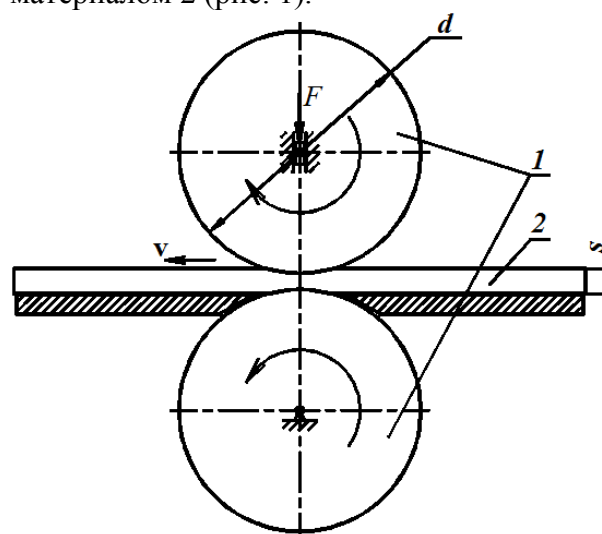


Рис. 1

Геометрическая модель представляет собой два валка и слой материала, зажатый между ними. Верхний и нижний вал могут вращаться с различной скоростью. Ось нижнего вала неподвижна, а ось верхнего вала может перемещаться в вертикальном направлении. К верхнему валу прикладывается нагрузка.

В работах [7], [9] нами была представлена модель взаимодействия валков с материалом при условии вращения верхнего и нижнего валков с одинаковой скоростью. В данном исследовании предложена модель, в которой угловая скорость нижнего вала постоянна для всех конфигураций – 70 рад/с, а угловая скорость верхнего вала в различных конфигурациях модели может принимать значения от 70 до 140 рад/с.

В модели имеются некоторые допущения. Лента из короткого льняного волокна рассматривается как многослойный композиционный материал – массив параллельных волокон, разделенных склеивающей матрицей (рис. 2 – диаграммы распределения напряжений в модели при различном соотношении скоростей вращения валков валковой пары: а) – распределение эквивалентных напряжений по Мизесу при одинаковых угловых скоростях вращения валков (70 рад/с); б) – распределение эквивалентных напряжений по Мизесу при угловой скорости верхнего вала – 140 рад/с; в) – распределение касательных напряжений при одинаковой угловой скорости вращения валков (70 рад/с); г) – распределение касательных напряжений при угловой скорости верхнего вала – 140 рад/с.).

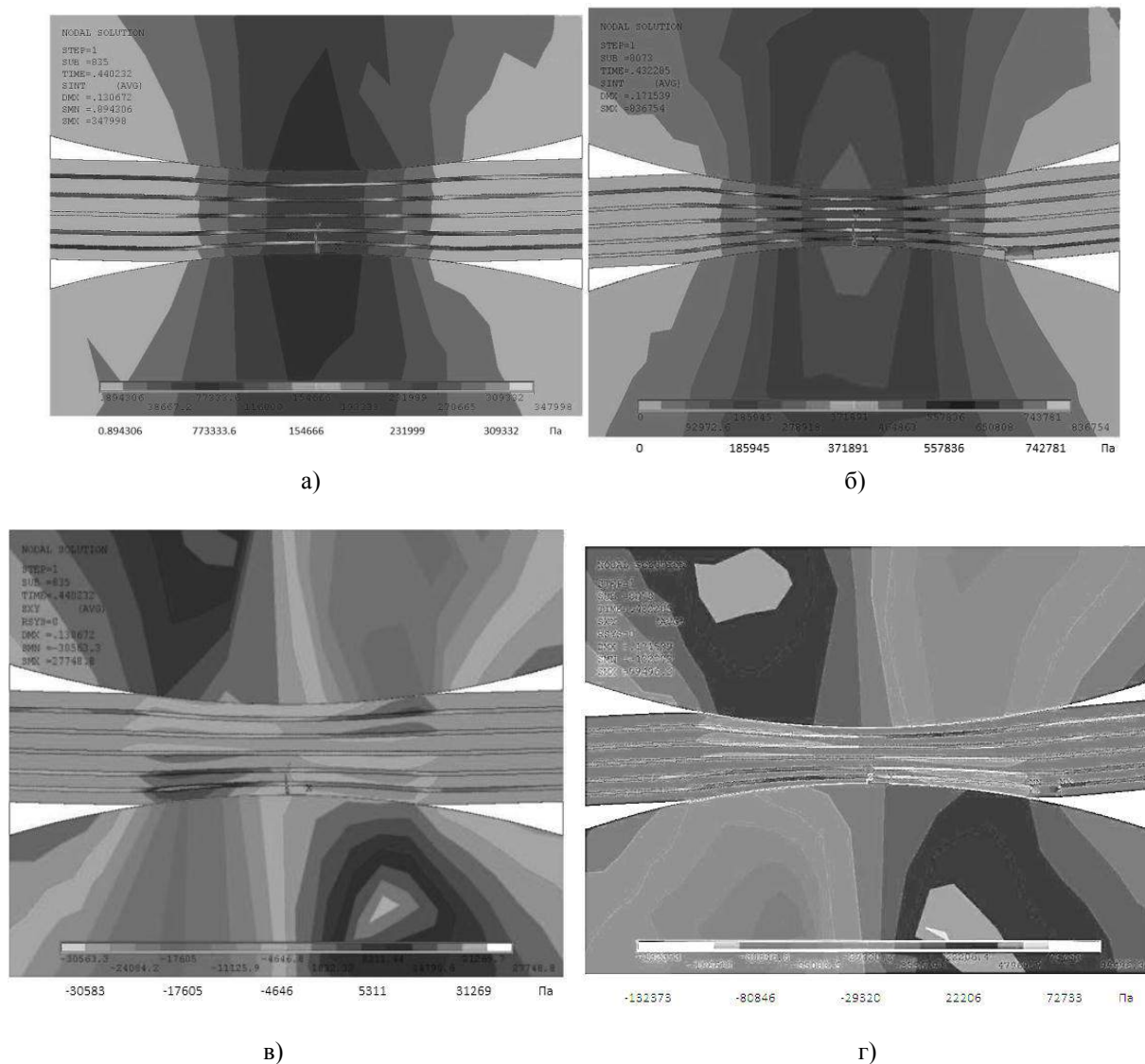


Рис. 2

Такая модель обрабатываемого материала оправдана поиском разумного компромисса между соответствием свойств модели и реального объекта и аппаратными возможностями доступной вычислительной техники. Слоистый материал моделировался как единое тело, состоящее из нескольких чередующихся слоев материалов, имеющих различные физико-механические свойства и общие границы. Это позволяет не использовать контактные пары и систему предварительного нагружения в месте сопряжения двух соседних слоев, что значительно ускоряет решение и делает модель материала более приближенной к реальной. Конечные элементы, моделирующие волокна и матрицу, имеют только упругие свойства, различные плотности и модули упругости. Значение модулей упругости  $2 \cdot 10^7$  Па для волокон и  $2 \cdot 10^8$  Па для матрицы [8]. В связи с принятым нами допущением об однородности слоя волокна и с целью сокращения процессорного времени решения модель выполнена плоской. Между валами и слоем материала установлен механизм "контактной пары" вида "линия-линия", коэффициент трения принят равным 0,3. Уплотнение массива конечных элементов присутствует на ограниченном участке слоя, где и проводится весь анализ. На остальной части слоя сетка конечных элементов максимально разреженная. Принятые допущения позволяют оценить распределение деформаций и напряжений между слоями материала и их зависимость от параметров устройства.

На рис. 2, 3, 4 (рис. 3 – графики зависимости состояния прокатываемого материала от скорости вращения валов валковой пары: а) – график зависимости эквивалентных напряжений в слое материала (Па); от угловой скорости верхнего вала (рад/с); б) – график зависимости касательных напряжений (Па); от угловой скорости верхнего вала (рад/с)) Т; рис. 4 – диаграммы распределения деформаций в модели при различных скоростях вращения валов валковой пары: 4 – а) – распределение относительных деформаций по оси у при одинаковых угловых скоростях

вращения валков (70 рад/с), б) – распределение относительных деформаций по оси у при угловой скорости верхнего вала – 140 рад/с, в) – распределение относительных деформаций по оси х при одинаковых угловых скоростях вращения валков (70 рад/с), г) – распределение относительных деформаций по оси х при угловой скорости верхнего вала – 140 рад/с) приведены результаты расчетов предлагаемой нами модели при различных соотношениях в угловых скоростях вращения валов.

Из представленных диаграмм напряжений видно, что разница в скоростях движения валов приводит к изменению картины распределения эквивалентных напряжений. Расширяются пятно контакта валов с материалом и зона максимальных напряжений. Величина максимальных эквивалентных напряжений растет. Зона максимальных напряжений находится внутри матрицы, что связано с тем, что она имеет более высокий модуль упругости.

Анализ касательных напряжений внутри слоя показывает, что в случае применения валков, вращающихся с различной угловой скоростью, значения касательных напряжений увеличиваются. Они концентрируются в матрице и на границах матрицы и волокон. Кроме того, зона максимальных касательных напряжений смещается к поверхности валков, что подтверждает выводы, сделанные в работе [4]. При движении материала через валки касательные напряжения в слоях материала знакопеременны, и соответственно амплитуда этих колебаний выше в случае применения валков, вращающихся с различной скоростью.

Зависимости напряжений от угловой скорости вращения верхнего вала, представленные на рис. 3, были получены как результат моделирования по предлагаемой нами модели – средние значения напряжений по результатам 10 численных опытов.

Из графиков можно сделать выводы о том, что применение валков, вращающихся с различной скоростью, позволяет создать более интенсивное напряженно-деформированное состояние в слоистом композитном материале.

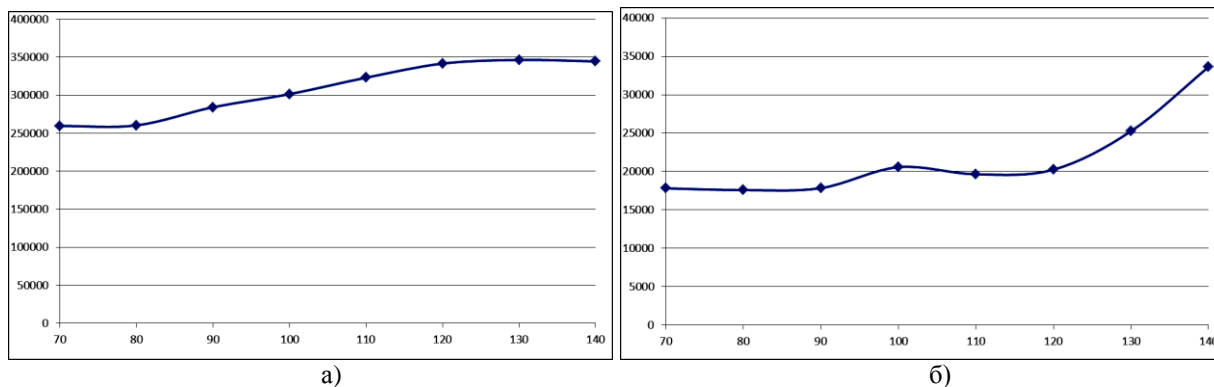


Рис. 3

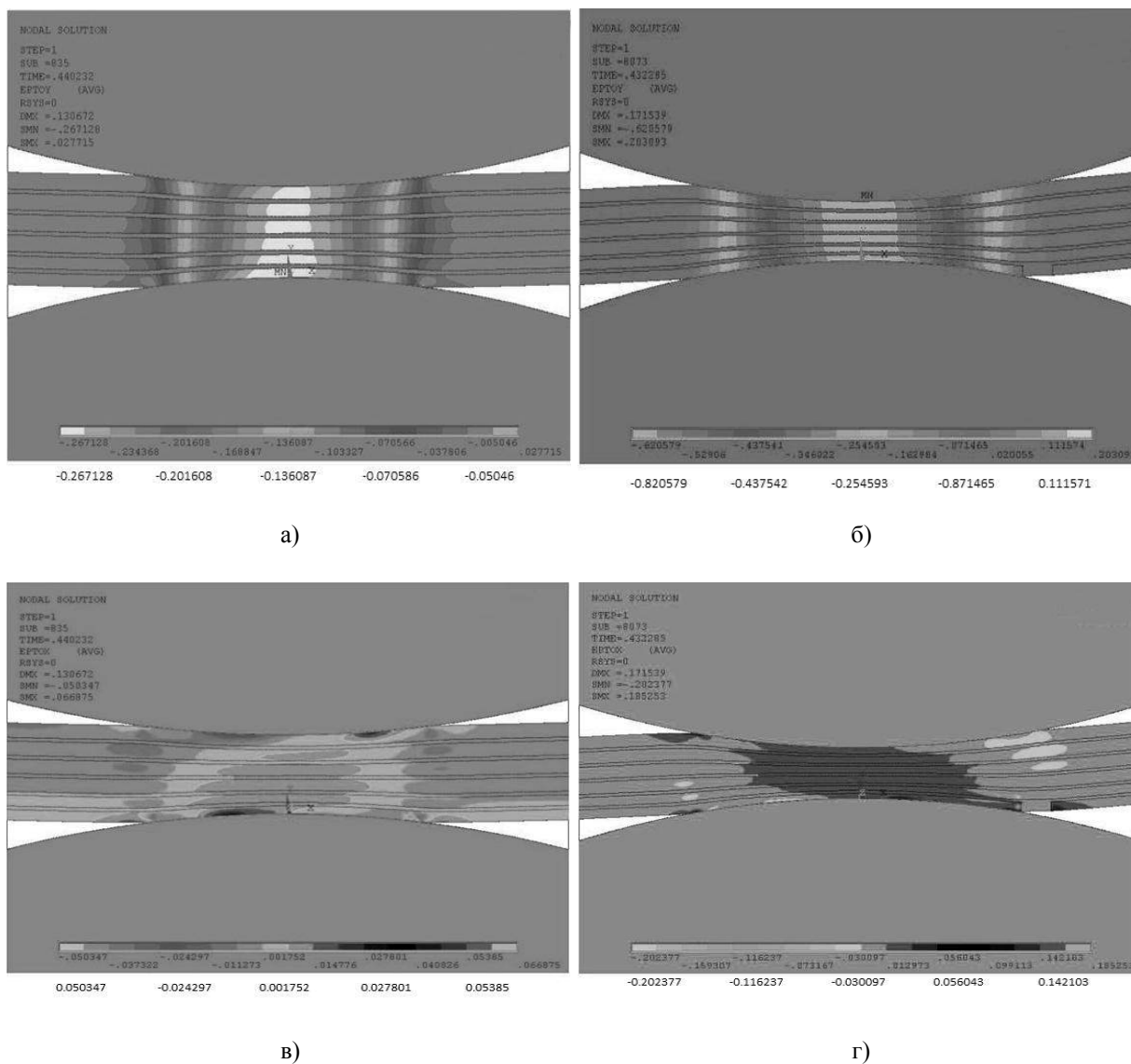


Рис. 4

Анализируя деформации по различным осям при различных соотношениях в скоростях валов, можно сказать, что деформации по вертикальной оси Y распределяются более равномерно. Величина относи-

тельных деформаций значительно возрастает с увеличением скорости верхнего вала. Деформации по оси Y (вертикальной) концентрируются в волокнах, а по оси X

(горизонтальной) распределяются и в матрице и в волокнах.

Переноса выводы, сделанные по результатам анализа напряженно-деформированного состояния в слоистом композитном материале, на рассматриваемый технологический процесс, можно сказать, что применение устройства для подготовки ленты короткого волокна к котонизации и очистке позволит интенсифицировать разрушение связей между волокнами и склеивающей их матрицей, волокнами и сорными примесями.

В силу обобщенной постановки задачи, предлагаемая нами модель может быть использована при анализе обработки в валках многослойных композитных материалов различного происхождения.

Дальнейшее совершенствование модели будет развиваться по пути постепенного приближения геометрических, структурных и физико-механических свойств модели к свойствам обрабатываемого продукта для изучения механизма разрушения связей между волокнами льна.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана модель, описывающая процессы в многослойном композитном материале при прокатке его в валковой паре, позволяющая определить параметры напряженно-деформированного состояния в любой точке материала и в любой момент времени протекания процесса. Модель может быть использована для изучения обработки в валках материалов слоистой структуры.

2. Применение разработанной модели позволило установить, что рост разницы скорости вращения валков приводит к росту напряжений и деформаций в слоях материала. Используя данные выводы в предлагаемом нами устройстве для подготовки волокна к котонизации и очистке, можно сказать, что применение валков с различной скоростью вращения приведет к нарушению связей между волокнами в комплексах льняного волокна.

3. Определены пути дальнейшего развития исследований, которые должны быть направлены на изучение влияния параметров устройств на напряженно-деформированное состояние в слоистом материале и на разработку модели волокнистого материала, более приближенную к реальному материалу по физико-механическим, структурным и геометрическим свойствам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников А.Р.* Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна. – Кострома, 2005.
2. Патент RU № 2347863 Способ очистки волокна / *Корабельников А.Р., Вихарев С.Н., Соркин А.П., Корабельников Р.В., Щербинин С.А.*
3. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Чигасов А.Е.* Особенности воздействия на сорные частицы в волокнистой массе при обработке ее в вальцах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №6.
4. *Вихарев С.Н., Корабельников А.Р., Корабельников Р.В.* Особенности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке от сорных примесей по новому способу // Вестник Костромского госуд. технолог. ун-та. – 2007, №15. С.24...26.
5. *Бурнашев Р.З.* Теоретические основы очистки хлопка-сырца: Дис...докт. техн. наук. – Ташкент 1983.
6. *Корабельников А.Р., Пустовой А.В.* Модель взаимодействия валковой пары с многослойным композитным материалом в устройстве подготовки волокна к утонению и очистке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3.
7. *Корабельников А.Р., Корабельников Р.В.* Повышение эффективности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №7.
8. *Киселев М.В.* Моделирование строения льняного чесаного волокна и процесса дробления его комплексов: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2009.
9. *Адамян А.А., Корабельников А.Р., Пустовой А.В.* Имитационная модель обработки слоя в валках // Научный вестник Костромского госуд. технолог. ун-та. – 2011, №2.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 17.01.14.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛОМОК ИГЛ ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ РАШЕЛЬ-МАШИН\*

### PREDICTION OF NEEDLE BRAKAGES IN RACHEL MACHINES

Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, В.В. КАПРАЛОВ, Е.Н. НИКИФОРОВА, Д.А. ОНИПЧЕНКО  
G.I. CHISTOBORODOV, V.V. KAPRALOV, E.N. NIKIFOROVA, D.A. ONIPCHENKO

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: kapralow@mail.ru

*Описана основная причина деформации и механических поломок игл основовязальных машин высоких классов. Получены зависимости для вычисления критических углов отклонения игл и ушковин от вертикального направления, позволяющие прогнозировать вероятность поломок крючков игл.*

*The main reason is described for deformation and mechanical breakages of needles in fine-gauge warp-knitting machines. The dependences have been obtained to calculate critical off-axis angles for needles and yarn-guard bar eyelets allowing to predict probability of needles hooks breakages.*

**Ключевые слова:** основовязальные рашель-машины, виды поломок игл, причины поломок игл, соударение игл и ушковин, геометрическая вероятность.

**Keywords:** warp-knitting Rachel machines, needle breakages types, needle breakages reasons, collision of needles and stay hooks, geometrical probability.

Причины вынужденных остановов трикотажного оборудования весьма разнообразны [1]. Ранее нами выявлены основные причины остановов основовязальных рашель-машин Karl Mayer RS 2(3) MSUS 18 класса, вырабатывающих полотна технического назначения [2]. Деформация и механические поломки игл являются третьей по значимости причиной, снижающей технологическую эффективность петлеобразования, уступая лишь качеству пряжи (нитей) и условиям нитеподачи.

На примере работы рашель-машин Karl Mayer RS 2(3) MSUS 18 класса в условиях производства ЗАО "Ивановоискож" (г. Иваново) выявим причины и виды поломок пазовых игл. На указанном предприятии на рашель-машинах производят

текстильные высокопрочные армирующие материалы с биаксиальной структурой, состоящие из параллельно расположенных нитей, фиксированных с помощью трикотажного переплетения трико. Основные и уточные нити прокладываются в продольном и поперечном направлениях. Заправочные данные машины: провязочная (грунтовая) полиэфирная нить линейной плотностью 8 текс; основная и уточная полиэфирные нити линейной плотностью 110 текс; скорость главного вала до 1500 об/мин; плотность переплетения по вертикали – 6 петель/см (3 раппорта); средняя производительность машины при 1200 об/мин составляет 120 метров/ч = 3,3 см/с; число провязываемых петель за 1 секунду –  $3,3 \times 6 = 19,8$  петель/с.

\* Работа выполнена по заданию Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания ФГБОУ ВПО «ИВГПУ» в сфере научной деятельности (2014/43).

Объектом исследования являлись поврежденные иглы в области крючка. Количество поломанных игл с одной машины составляет в среднем 2000 штук в год (цена одной иглы равна двум евро). Для получения данных о видах поломок основовязальных рашель-машин простым случайным отбором [3] были взяты поломан-

ные иглы в количестве 1000 штук. В результате классификации дефектных игл установлено, что 24% игл имеют деформацию крючка различной степени (рис. 1, позиции 1...4), у 76% игл произошло отламывание всего крючка или его части (рис. 1, позиции 5,6).

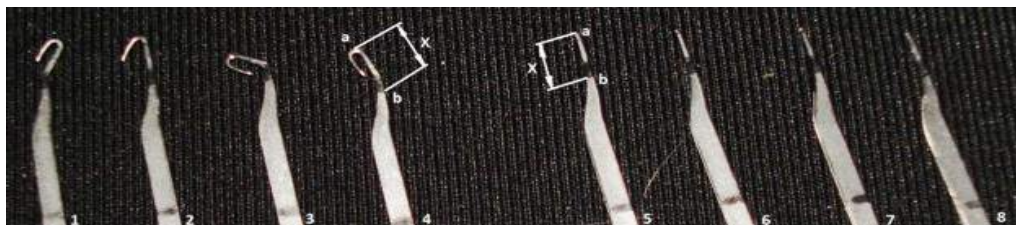


Рис. 1

Самым тонким и, следовательно, уязвимым местом на игле является шейка крючка – расстояние  $x$  (рис.1) между вершиной (точка  $a$ ) и основанием (точка  $b$ ). Для повышения прочности шейки крючка некоторые производители изготавливают их конической формы, другие – используют закаливание и упрочнение поверхности крючка титан нитридом. Однако ни одна конструкция в полной мере не способна спасти крючок иглы от излома.

Проанализируем основную причину поломок и повреждений игл основовязальных машин высоких классов. Провязочная нить 3 проходит сквозь отверстие в вертикально расположенной ушковине 2 ушковой гребенки 1 и далее прокладываются на иглу 4 (рис. 2).

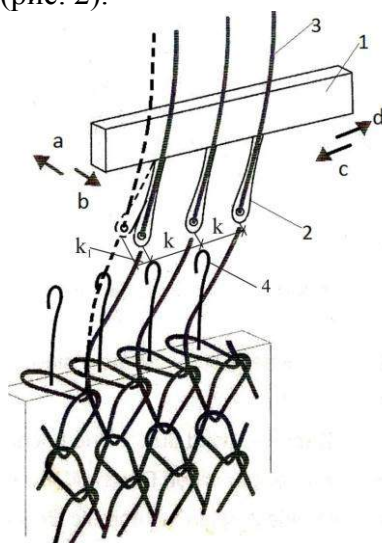


Рис. 2

Ушковая гребенка совершает движения вдоль игл (в направлении  $cd$ ) и поперек игл (в направлении  $ab$ ). Величина сдвига гребенки зависит от типа переплетения. При нормальном протекании технологического процесса ушковины 2 при движении между иглами проходят точно по центру межигольного пространства. Однако в случае сбоя процесса вязания может возникать "отгиб" ушковинок от вертикального направления (показано пунктирной линией на рис. 2). При этом расстояние  $k$ , характеризующее игольный шаг, изменяется на некоторую величину  $k_1$  и перестает быть одинаковым по всей длине ушковой гребенки 1. Ушковины при смещении уже не пройдут точно между иглами, а с определенной долей вероятности коснутся соседних игл или получат фронтальный удар о них. При движении в направлении  $b$  задняя кромка ушковины 2 ударит по головке крючка 4. Возникнет дефект, показанный на рис.1, позиция 1, либо слом крючка иглы. При возвращении ушковины к иглам (движение в направлении  $a$ ) передняя кромка ушковины 2 ударит по спинке крючка 4. Возникнет дефект, показанный на рис.1, позиции 3 и 4, либо слом крючка иглы. Смещение ушковинок и их столкновение с иглами случается при прохождении через отверстие ушковины нити (пряжи) с дефектами в виде узелков и утолщений, при движении нити с нестабильным натяжением со сновальных паковок. Массовые



поломки игл вследствие неточного прохождения ушковых между иглами возникают при скорости вращения главного вала машины, близкой к максимальной (порядка 1500 об/мин), повышенной вибрации машины и ее ушковых гребенок, несоблюдении температурно-влажностного режима в цехе.

В производственных условиях на машинах высокого класса ежедневно осуществляется регулировка зазоров в петлеобразующих органах, то есть расстояний между иглами и ушковинами в нерабочем состоянии машины, проверяется точность хода шибера (замыкателя) иглы и его встречи с крючком, соосность крючка иглы и отверстия ушковины для прохождения нити. Таким образом, задача по недо-

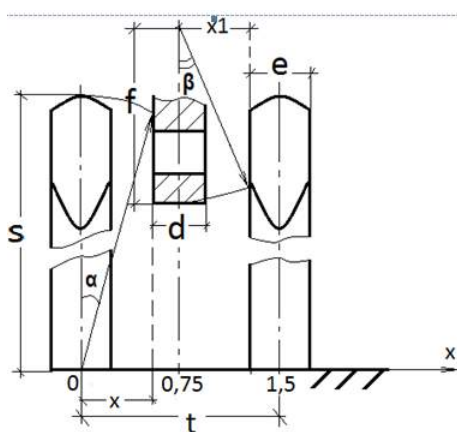


Рис. 3

Для деталей узла вязания основывальной машины Karl Mayer RS2(3) MSUS 18 класса характерны следующие геометрические параметры (рис.3, 4):

- а) толщина крючка иглы  $e = 0,5$  мм;
- б) расстояние между центрами игл  $t \approx 1,5$  мм;
- в) толщина ушковины в зоне прохождения нити (отверстия)  $d = 0,3$  мм;
- г) высота иглы от вершины крючка до точки закрепления в игольнице  $s = 24$  мм;
- д) высота ушковины от вершины до точки закрепления в плашке  $f = 13$  мм.

Пользуясь геометрическим подходом к определению вероятности, определим критические углы  $\alpha$  и  $\beta$  отклонения игл и ушковых от вертикали до момента их контак-

пушению неточного прохождения ушковых между иглами под действием указанных факторов является крайне актуальной для стабилизации процесса петлеобразования.

Надежность работы машины является функцией многих факторов, большинство из которых случайны [4]. Вероятность безотказной работы объекта считается одним из основных количественных показателей при расчетах на надежность. Геометрическая вероятность характеризует вероятность попадания случайной точки внутрь некоторой области и определяется как отношение размера этой области к размеру всей области, в которой может появляться данная точка [3].

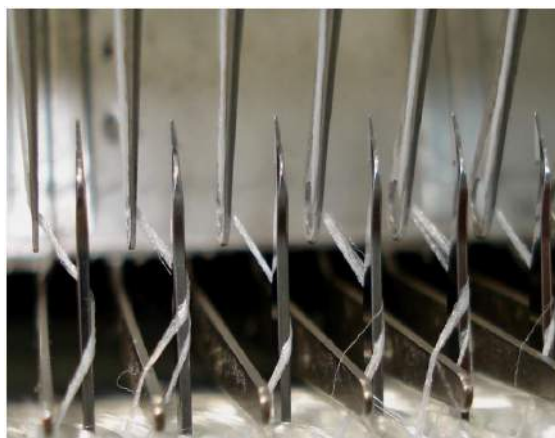


Рис. 4

та друг с другом (рис. 3), имеющие место при завышенном натяжении нити:

$$\alpha < 90^\circ - \arccos x/s,$$

$$\beta < 90^\circ - \arccos x_1/f.$$

где  $x = (t - d)/2$ ;  $x_1 = (t - e)/2$ .

Для расшель-машины Karl Mayer RS2(3) MSUS 18 класса углы отклонения игл и ушковых от вертикального положения не должны превышать величин:  $\alpha < 1,4^\circ$ ,  $\beta < 2,2^\circ$ .

Надлежащее техническое обслуживание, своевременные плановые ремонты, использование качественных волокнистых полуфабрикатов существенно продлевают срок службы петлеобразующих органов

основовязальных машин высоких классов, повышая общую надежность работы.

## ВЫВОДЫ

1. Получены данные о видах поломок игл основовязальных рашель-машин на примере Karl Mayer RS 2(3) MSUS 18 класса. Основной причиной поломок крючков игл являются их соударения с ушковинами ушковой гребенки, возникающие при несоблюдении технологических и технических режимов.

2. Найдены зависимости для вычисления критических углов отклонения игл и ушковых от вертикали до момента их контакта друг с другом, позволяющие прогно-

зировать вероятность поломок крючков игл.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ситникова И.Н.* Повышение эффективности процессов нитеподачи и петлеобразования на трикотажных машинах: Дис...канд. техн. наук. – Иваново, 2011.

2. *Капралов В.В., Никифорова Е.Н., Чистобородов Г.И., Гужев Д.С.* Систематизация факторов, влияющих на технологическую эффективность петлеобразования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 1.

3. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа. – 2003.

4. *Пучин Е.А., Чепурин А.В., Кравченко И.Н.* Оценка надежности машин и оборудования. Теория и практика. – М.: Альфа-М, Инфра-М, 2012.

Рекомендована кафедрой инженерной графики.  
Поступила 09.01.14

УДК 66.011

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**USING FILTERS WITH FLOATING SEWAGE TREATMENT**

*Л.М. КОЧЕТОВ, М.П. ТЮРИН, И.А. ПОПОВ*  
*L.M. KOCHETOV, M.P. TYURIN, I.A. POPOV*

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

*Проведен анализ работы фильтров с плавающим слоем фильтрующего материала, предназначенных для очистки воды от взвешенных веществ. Полученные результаты позволяют оценить эффективность очистки воды, гидравлические потери в фильтрующей загрузке, продолжительность работы между циклами промывки загрузки, а также оптимальные условия промывки. Отмечены преимущества фильтрующей загрузки, изготовленной из полиэтилена. Рассмотрены перспективы, связанные с использованием коагулянтов.*

*Is carried out the analysis of the work of the filters with the floating layer of the filtering material, intended for removal of suspended matter from water. The obtained results make it possible to estimate the effectiveness of the purification of water, hydraulic losses in the filter download, operating time between the cycles of the washing of filter download, as well as the optimal washing conditions. Marked the benefits of the filter material made of polyethylene. Reviewed the prospects of using coagulants*

**Ключевые слова:** суспензии, фильтры с плавающей загрузкой, эффективность, потери напора, коагулянты.

**Keywords:** suspension, filters with floating, efficiency, head loss, coagulants.

Фильтры с загрузкой из плавающих гранул (ФПЗ) могут с успехом использоваться в текстильной промышленности для очистки сточных вод от взвешенных минеральных частиц, мелких волокон и эмульгированных жир- и нефтепродук-

тов. Принцип действия ФПЗ заключается в задержании взвешенных примесей в фильтрующем слое, обладающим плавучестью. Плавающие загрузки имеют преимущество перед не плавающими (тяжелыми) загрузками, заключающееся в способности легко

и быстро промываться потоком воды, направленным обычно сверху вниз. По условиям проведения процесса ФПЗ могут быть открытыми (со свободной поверхностью воды) и напорными, работающими под избыточным давлением. В открытых фильтрах высота свободного слоя воды над слоем гранул должна быть не менее 0,5 м (для обеспечения равномерности распределения воды). Этот же объем воды может использоваться для промывки

фильтрующей загрузки. В напорных фильтрах промывку осуществляют обычно фильтратом, накапливаемом в специальном резервуаре, расположенном выше ФПЗ. Для промывки загрузки возможно также использование насосов.

Подача исходной воды и отвод фильтра осуществляются соответственно через водораспределительный и водосборный коллекторы.

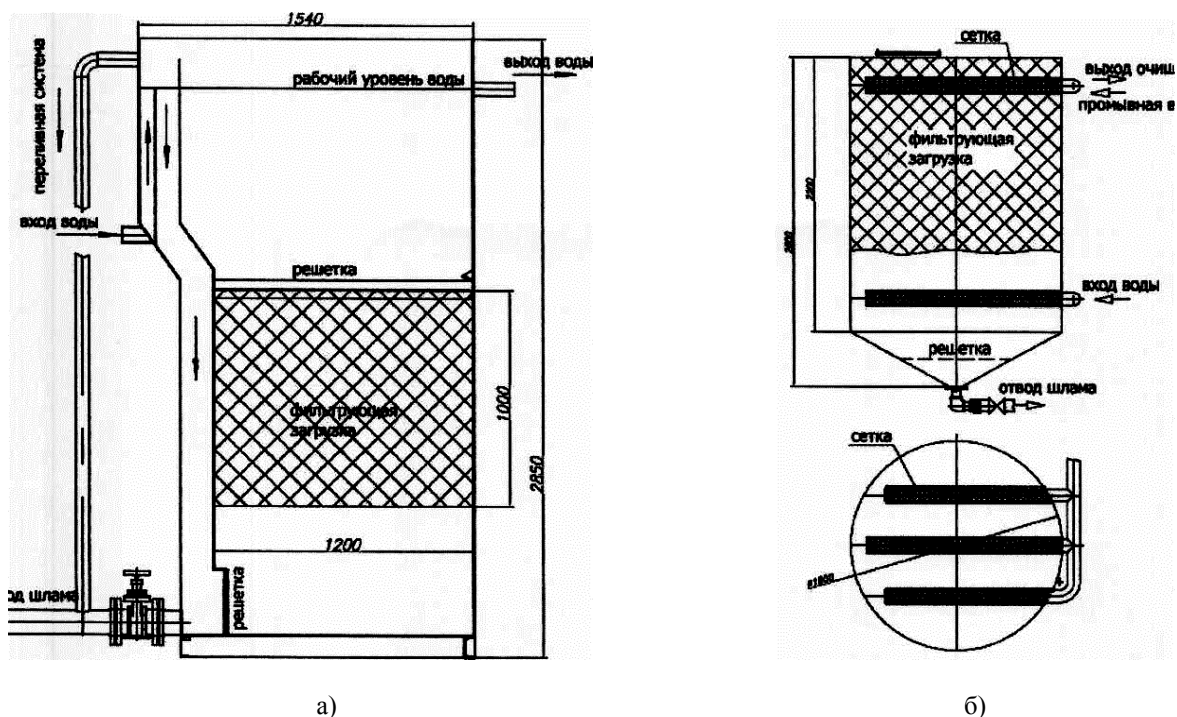


Рис. 1

На рис. 1 изображены схемы двух вариантов ФПЗ: а – безнапорного (открытого); б – напорного. При указанных геометрических размерах фильтры рассчитаны на номинальную производительность до  $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Для предотвращения выноса гранул с потоком воды в верхней части фильтра устанавливается сетка, изготовленная из металла или пластмассы. Другая сетка должна устанавливаться в нижней части фильтра для предотвращения выноса гранул с промывной водой.

Фильтрующая загрузка для ФПЗ изготавливается из пенополистирола или гранулированного полиэтилена. Эти материалы гидрофобны, не растворимы в воде, устойчивы к действию микроорганизмов, нетоксичны, имеют достаточную механи-

ческую прочность и высокую адгезионную способность. Основным недостатком пенополистирола является его малая плотность (около  $60 \text{ кг}/\text{м}^3$ ), что обуславливает необходимость создания интенсивного и продолжительного по времени потока промывной воды. Обычно интенсивность промывки для таких фильтров составляет  $10 \dots 15 \text{ л}/\text{м}^3 \cdot \text{с}$ , а продолжительность промывки  $1 \dots 2$  мин. В итоге требуется значительный расход промывной воды [1], [3].

Намного лучшие результаты получаются при использовании в качестве плавающей загрузки гранул полиэтилена (ПНД) размером  $3 \dots 3,5 \text{ мм}$ . Поскольку плотность ПНД лишь немного уступает плотности воды и составляет около  $950 \text{ кг}/\text{м}^3$ , скорость промывки слоя гранул в  $2 \dots 3$  раза

меньше, чем при использовании гранул пенополистирола, а продолжительность промывки не превышает 30 с. В этом случае в несколько раз уменьшается расход промывной воды и соответственно объем шлама, подлежащего утилизации. Также важно, что при использовании гранул ПНД повышается эффективность улавливания взвешенных частиц по сравнению с загрузкой из гранул пенополистирола.



Рис. 2

На рис. 2 представлены экспериментальные результаты, характеризующие содержание взвеси в очищенной воде в зависимости от скорости фильтрации (без использования коагулянтов): 1 – гранулы пенополистирола; 2 – гранулы ПНД. В качестве рабочей среды использовалась водная суспензия минеральных частиц со средним размером 50 мкм, плотностью 2300 кг/м<sup>3</sup>, при начальной концентрации около 300 мг/л.

Главным недостатком загрузки из гранул ПНД по сравнению с гранулами пенополистирола является их высокая стоимость. Однако, учитывая длительный срок использования загрузки (до 5 лет), этот недостаток не является существенным.

В ФПЗ движение воды может осуществляться в двух направлениях: снизу вверх и сверху вниз. При фильтрации сверху вниз вода движется в направлении убывающей крупности частиц загрузки, что соответствует повышению эффективности очистки воды и увеличению гряземкости фильтрующего слоя. Однако при этом скорость фильтрации не может быть высокой из-за возможности чрезмерного расширения загрузки, отрыва мелких гра-

нул и нарушения целостности слоя. Это особенно проявляется при использовании гранул ПНД.

При направлении фильтрации снизу вверх нарушений целостности слоя не происходит. Напротив, гранулы загрузки плотно прилегают друг к другу под действием плавучести и гидродинамического давления жидкости. При этом можно работать при скоростях фильтрации до 30 м/ч, обеспечивая удовлетворительную очистку воды.

Потери давления в слое фильтрующей загрузки зависят от скорости фильтрации, высоты слоя и размера гранул. При скоростях фильтрации до 10 мм/с потери напора в слое высотой до 2 м не превышают 5 кПа. При загрязнении плавающей загрузки сопротивление ее существенно увеличивается.

Потери напора в фильтрующей загрузке могут быть оценены с помощью следующей зависимости, полученной из уравнения Дарси:

$$\Delta P = \frac{3}{4} \lambda \frac{v^2 H \rho (1 - \eta)}{\varepsilon^3 \phi \delta} \text{ Па}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $H$  – высота слоя загрузки гранул, м;  $\phi$  – коэффициент формы частиц загрузки;  $\varepsilon$  – порозность слоя загрузки;  $\mu$  – динамическая вязкость воды, Па·с;  $\lambda$  – коэффициент трения в загрузке. При ламинарном режиме фильтрации:

$$\lambda = 220 / \text{Re}, \quad \text{Re} = \frac{2}{3} \frac{v \delta \rho \phi}{\mu (1 - \varepsilon)}.$$

Тогда потери напора в единице высоты слоя загрузки составят:

$$\Delta P / H = 247,5 \frac{v \mu (1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3 \phi^2 \delta^2} \text{ Па / м}. \quad (2)$$

В процессе фильтрации жидкости происходит постепенное отложение осадка в свободном объеме слоя между частицами загрузки. Это приводит к увеличению потерь напора в слое или к падению произ-

водительности (при постоянном напоре). Если предположить, что отложение осадка происходит равномерно по всему объему слоя, то уменьшение порозности фильтрующего слоя в процессе фильтрования может быть описано следующим уравнением:

$$d\varepsilon = -\frac{\Delta C(1+\beta)}{W\rho_m} dQ, \quad (3)$$

где  $W$  – объем слоя фильтрующей загрузки,  $\text{м}^3$ ;  $\Delta C$  – изменение содержания взвешенных веществ в воде при прохождении через фильтрующую загрузку,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $Q$  – объем воды, прошедший через фильтр,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{ос}}$  – плотность осадка в слое загрузки (по твердой фазе),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\beta$  – объемное влагосодержание осадка (отношение объема влаги в осадке к объему твердой фазы осадка).

Порозность слоя в конце фильтроцикла (перед промывкой):

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{нач}} - \frac{\Delta C(1+\beta)}{W\rho_m} dQ, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_{\text{нач}}$  – начальная порозность слоя фильтрующей загрузки.

Из уравнения (2) можно получить величину потерь напора в фильтре  $\Delta P$  по отношению к начальному значению потерь напора  $\Delta P_{\text{нач}}$ :

$$\Delta P / \Delta P_{\text{нач}} = \frac{(1-\varepsilon)^2}{(1-\varepsilon_{\text{нач}})^2} \left( \frac{\varepsilon_{\text{нач}}}{\varepsilon} \right)^3. \quad (5)$$

Реальное увеличение потерь напора в фильтрующем слое будет выше расчетного значения на 20...50%, поскольку отложение осадка в фильтрующем слое происходит не равномерно, а преимущественно на начальном участке (по ходу движения воды).

Промывка фильтра осуществляется, когда объем осадка составляет 30...50% свободного объема пор фильтрующей загрузки.

Обычно работа ФПЗ осуществляется, при практически постоянном напоре. Это означает, что при отложении осадка в

фильтрующей загрузке будет происходить падение производительности фильтра. Отношение средних скоростей фильтрации жидкости через слой плавающей загрузки в начальный и конечный периоды фильтроцикла при  $\Delta P = \text{const}$  выражается соотношением:

$$v / v_{\text{нач}} = \frac{(1-\varepsilon_{\text{нач}})^2}{(1-\varepsilon)^2} \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\text{нач}}} \right)^3. \quad (6)$$

Эффективность очистки воды в ФПЗ зависит от многих факторов: размеров отделяемых частиц, их физических свойств, высоты слоя и размеров гранул плавающей загрузки, скорости фильтрации.

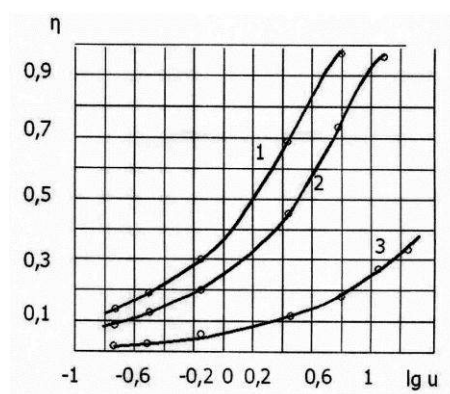


Рис. 3

На рис. 3 приведены графические зависимости, характеризующие эффективность улавливания взвешенных минеральных частиц без использования коагулянтов, в виде функции от гидравлической крупности (скорости осаждения в  $\text{мм}/\text{с}$ ) улавливаемых частиц для различных скоростей фильтрации  $v$ : 1)  $v=0,5$   $\text{мм}/\text{с}$ ; 2)  $v=1$   $\text{мм}/\text{с}$ ; 3)  $v=10$   $\text{мм}/\text{с}$ .

Фильтрация осуществлялась снизу вверх через слой гранул пенополистирола со средним размером 3  $\text{мм}$ .

При обработке экспериментальных данных получена зависимость [3]:

$$\eta = 0,25k_1k_2(u/v)^{0,6}, \quad (7)$$

где  $u$  – скорость осаждения твердых частиц,  $\text{мм}/\text{с}$ ;  $v$  – скорость фильтрации воды, рассчитанная на полное сечение фильтра,

мм/с;  $k_1$  – эмпирический коэффициент, зависящий от отношения высоты слоя гранул  $H$  к размеру гранул  $\delta$  (при  $H/\delta \geq 200$ ;  $k=1$ ),  $k_2$  – коэффициент, зависящий от типа загрузки (для пенополистирола  $k_2 \approx 1$ ; для полиэтилена  $k_2 \approx 1,3 \dots 1,5$ ).

Эффективность работы ФПЗ возрастает с уменьшением размеров частиц плавающей загрузки. Одновременно возрастает и грязеемкость ФПЗ, поскольку она связана с удельной поверхностью фильтрующего слоя. С точки зрения эффективности очистки воды оптимальным размером гранул плавающей загрузки является 1...2 мм. Однако на практике приходится использовать более крупные гранулы (с размером от 2 до 4 мм) из-за сложности работы с мелкими гранулами. Высоту слоя зернистой загрузки в фильтрах следует принимать не менее 0,6 м.

Другим фактором, оказывающим существенное влияние на эффективность очистки воды от взвешенных веществ в ФПЗ, является скорость фильтрации. Обычно эта величина составляет 5...10 м/ч.

Обработка фильтруемой воды коагулянтами, в частности, раствором полиоксихлорида алюминия в смеси с бикарбонатом натрия, существенно улучшает качество фильтрата. При использовании коагулянтов и соответствующей корректировке значения рН воды возможно частичное удаление не только взвешенных веществ, но также ПАВ, красителей, солей железа, сульфатов и других растворенных веществ, которые сорбируются на поверхности агломератов взвешенных частиц и гидроксида алюминия. При этом из воды полностью удаляются мелкие волокна, а содержание взвешенных веществ снижается до значений менее 5 мг/л. Одновременно снижается содержание нефте- и жиропродуктов.

Оценку грязеемкости ФПЗ можно произвести с помощью следующих соотношений:

$$M = mW_{\Phi}\sigma, \quad (8)$$

где  $W_{\Phi}$  – объем фильтрующей загрузки, м<sup>3</sup>;

$\sigma$  – удельная поверхность гранул загрузки, м<sup>2</sup>/м;  $m$  – удельная грязеемкость фильтрующей загрузки. Для взвешенных минеральных частиц  $m \approx 5 \dots 8$  г/м.

Объем загрузки:

$$W_{\Phi} = SH_{\Phi}(1 - \varepsilon), \quad (9)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения фильтра, м<sup>2</sup>;  $H_{\Phi}$  – высота фильтрующей загрузки, м;  $\varepsilon$  – порозность слоя загрузки ( $\varepsilon = 0,45 \dots 0,5$ ).

Удельная поверхность гранул загрузки находится по формуле:

$$\sigma = 6(1 - \varepsilon)/d, \quad (10)$$

где  $d$  – средний размер гранул, м.

При высокой степени полидисперсности слоя удельную поверхность следует проводить с учетом дисперсного состава гранул фильтрующей загрузки.

Продолжительность фильтроцикла до момента регенерации (промывки) фильтрующей загрузки можно определить по формуле:

$$\tau_{\text{фт}} = \frac{M}{V(C_{\text{н}} - C_{\text{к}})}, \quad \text{ч}, \quad (11)$$

где  $V$  – производительность фильтра, м<sup>3</sup>/ч;  $C_{\text{н}}$  и  $C_{\text{к}}$  – соответственно начальная и конечная концентрации загрязняющих веществ в воде, проходящей через фильтр. Обычно величина  $\tau_{\text{фт}}$  составляет 50...200 ч.

Для предотвращения биологических обрастаний фильтрующей загрузки она должна периодически, 1 раз в 2 месяца, обрабатываться хлорной водой, с содержанием активного хлора до 100 мг/л. Продолжительность контакта фильтрующей загрузки с хлорной водой должна быть около 1 суток.

На предприятиях текстильной промышленности ФПЗ целесообразно использовать для очистки сточных вод после процессов окраски или отмывки текстильных волокон. Для предварительной очистки сточной воды перед ФПЗ целесообразно использовать волокнуловители и отстаивники, преимущественно тонкослойные.

По своим экономическим показателям ФПЗ превосходят фильтры с зернистой загрузкой, однако уступают им по эффективности очистки воды. Существенным их преимуществом являются простота и эффективность регенерации фильтрующей загрузки, ее низкая стоимость и долговечность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Гудим Л.И., Кочетов Л.М. Экологическая безопасность технологических процессов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

2. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры. – М.: Стройиздат, 1992.

3. Кочетов Л.М., Сажин Б.С., Сажин В.Б., Попов И.А. Использование фильтров с плавающей загрузкой для очистки сточных вод // Успехи в химии и химической технологии // РХТУ им. Д.М. Менделеева. – Т. XXIII, М., 2009, № 8, (101). С.106...113.

Рекомендована кафедрой процессов, аппаратов химической технологии и безопасности и жизнедеятельности. Поступила 01.10.13.

---



УДК 677.023 : 519.6

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАМАТЫВАНИЯ  
НИТИ НА БОБИНУ С ЦЕЛЬЮ ЕЕ ВЫТЯГИВАНИЯ**

**NUMERICAL SIMULATION OF THE THREAD WINDING  
ON A BOBBIN WITH A VIEW TO STRETCHING**

*В.Я. ЭНТИН, А.Б. КИКИН*  
V.YA. ENTIN, A.B. KIKIN

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)  
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)

E-mail: it@sutd.ru

*Применено математическое моделирование для расчета управления электрическим двигателем в задаче перемотки и растяжения нити с учетом изменяющегося радиуса и массы бобины. Результаты исследования позволили оценить влияние изменяющейся массы и момента инерции на динамику наматывания и определить алгоритм расчета управляющего напряжения.*

*The paper deals with mathematical simulation to calculate the electric motor control in the problem of thread rewinding with stretching depending of changing the radius and the mass of the bobbin. This study results allow to estimate the influence of varying mass and moment of inertia to winding dynamics and to determine the algorithm for calculating of the voltage control.*

**Ключевые слова:** наматывание, бобина, растяжение нити, управление двигателем, математическое моделирование.

**Keywords:** winding, bobbin, thread stretch, electric motor control, numerical simulation.

Рассмотрим задачу перемотки и растяжения нити с учетом изменяющихся характеристик: радиуса и массы бобины. Схема системы для перематывания изображена на рис.1. В состав схемы вошли: 1 – прижимной ролик ( $f$  – сила прижатия); 2 – подающий барабан; 3, 6 – электрические двигатели  $D_1$  и  $D_2$ ; 4 – нить; 5 – приемная бобина; 7 – раскладчик нити.

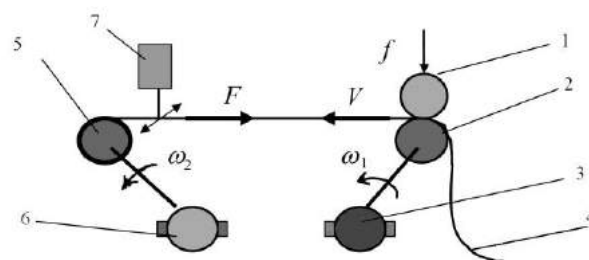


Рис. 1

Необходимое для деформации натяжение в нити  $F$  в системе достигается поддержанием расчетной разности  $\Delta V = V_2 - V_1 = \text{const}$ , где  $V_1$  – окружная скорость подающего барабана;  $V_2$  – окружная скорость приемной бобины.

Пусть требуется намотать на приемную бобину нить, исходная длина которой равна  $L_0$ . При намотке необходимо вытянуть нить на заданную величину  $\Delta L$  [1].

Примем, что линейная скорость движения нити  $V_0$ , тогда требуемое время для перемотки нити будет равно:

$$t_p = \frac{L_0}{V_0}$$

и угловая скорость вращения подающего барабана:

$$\omega_1 = \frac{V_0}{r} = \frac{L_0}{t_p r}, \quad (1)$$

где  $r$  – радиус подающего барабана.

Далее запишем формулы для случая наматывания нити на приемную бобину с учетом заданного удлинения:

– линейная скорость движения нити

$$V_2^0 = \frac{L_0 + \Delta L_0}{t_p},$$

– угловая скорость вращения приемной бобины (двигателя  $D_2$ )

$$\omega_2 = \frac{V_2^0}{r(t)} = \frac{L_0 + \Delta L_0}{t_p r(t)}, \quad (2)$$

где  $r(t) = r_0 + \Delta r(t)$ ;  $r_0$  – начальный радиус бобины;  $\Delta r(t)$  – приращение радиуса вследствие намотки нити.

Таким образом, для получения заданного удлинения нити  $\Delta L$  необходимо двигателю 1 придать угловую скорость, определяемую формулой (1), а двигателю 2 – угловую скорость, соответствующую формуле (2).

Радиус бобины увеличивается на один диаметр нити при некотором количестве ря-

дов нити, укладываемой на бобине. Если это количество равно 10, только через 10 оборотов радиус бобины увеличится на один диаметр нити  $d$ . С учетом изменения радиуса бобины выражение для угловой скорости двигателя 2 необходимо записать в виде

$$\omega_2 = \frac{L_0 + \Delta L_0}{t_p [r_0 + k_1 n(t)]}, \quad (3)$$

где  $k_1 = v d$  ( $v < 1$  – коэффициент, учитывающий количество рядов нити на бобине);  $n(t)$  – текущее количество оборотов бобины.

Увеличение радиуса бобины приводит также к увеличению ее массы и, следовательно, к изменениям момента инерции вращающихся деталей перемоточного устройства. При формировании управления необходимо учитывать переменность указанных характеристик [2].

Для наматывания применим двигатель постоянного тока независимого возбуждения. Известно, что основными уравнениями двигателя являются:

– уравнение баланса напряжений

$$u_{\text{я}} = i(R + Lp) + c_e \omega,$$

– уравнение моментов

$$J(t)p\omega = M_B - M_C,$$

где  $J(t) = J_0 + \Delta J(t)$  – момент инерции вращающихся деталей;  $M_B = c_m i$  – вращающий момент двигателя;  $M_C = F r(t)$  – момент сопротивления вращению ротора двигателя;  $J_0$  – момент инерции вращающихся частей с пустой бобиной;  $\Delta J(t)$  – приращение момента инерции вследствие увеличения радиуса и массы бобины;  $i$  – сила тока в цепи якоря;  $L$  – индуктивность цепи якоря;  $p$  – оператор дифференцирования ( $p = d/dt$ ).

Совместное решение представленных уравнений позволяет получить уравнение двигателя:

$$\left( \frac{J(t)L}{c_e c_m} p^3 + \frac{J(t)R}{c_e c_m} p^2 + p \right) \phi = \frac{1}{c_e} u_{\text{я}} - (Lp + R) \frac{M_C}{c_e c_m}. \quad (4)$$

Далее получим формулу для расчета момента инерции вращающихся частей с учетом изменений радиуса и массы бобины. Примем, что роторы двигателя и бобина представляют собой бесконечно тонкие цилиндры, а витки нити – элементарные кольца. Тогда исходная формула для опре-

$$J(t) = [m_0 + \Delta m(t)][r_0 + \Delta r(t)]^2 = m_0 r_0^2 + \Delta m(t)[r_0 + \Delta r(t)]^2 + \Delta r(t)m_0[2r_0 + \Delta r(t)] = J_0 + \Delta J(t), \quad (5)$$

где  $J_0$ ,  $m_0$ ,  $r_0$  – характеристики вращающегося тела до приема нити;  $\Delta J(t)$  – приращение момента инерции;  $\Delta m(t)$  – приращение

$$\Delta J(t) = \Delta m(t)[r_0 + \Delta r(t)]^2 + \Delta r(t)m_0[2r_0 + \Delta r(t)]. \quad (6)$$

С учетом формулы  $\Delta r(t) = k_1 n(t)$  вы-

$$\Delta J(t) = k_1 n(t)[m_0 + \Delta m(t)](k_1 n(t) + 2r_0) + r_0^2 \Delta m(t).$$

Видно, что функция  $\Delta J(t)$  нелинейная.

При моделировании принято, что начальные значения производной  $\dot{M}_C(0) = 0$ . Для этого случая уравнение (4) можно записать в виде:

$$(a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p)\varphi = b_3 u_{\text{я}} - c_3 M_C, \quad (7)$$

$$\text{где } a_0 = \frac{J(t)L}{c_e c_m}; \quad a_1 = \frac{J(t)R}{c_e c_m}; \quad a_2 = 1; \quad b_3 = \frac{1}{c_e};$$

$$c_3 = \frac{R}{c_e c_m}.$$

Далее необходимо получить выражение для расчета управляющего напряжения с учетом изменяющегося радиуса бобины. При этом должно выполняться требование сохранения постоянства линейной скорости движения нити:

$$V(t) = V_2^0. \quad (8)$$

Очевидно, что при выполнении требования (8) угловая скорость вращения бобины из-за увеличения ее радиуса должна

деления момента инерции:

$$J = m \rho^2,$$

где  $m$ ,  $\rho$  – масса и радиус вращающегося тела.

В данном случае эту формулу следует записать в виде:

массы;  $\Delta r(t)$  – приращение длины радиуса.

Из выражения (5) следует, что  $J_0 = m_0 r_0^2$ , а

ражение (6) принимает вид:

уменьшаться. Поэтому выражение для управляющего напряжения должно быть функцией изменяющегося радиуса бобины. Кроме этого должна учитываться и сила натяжения нити.

Для определения искомого выражения целесообразно использовать установившийся режим перематывания.

Для установившегося режима уравнение (7) принимает вид:

$$a_2 p \varphi = b_3 u_{\text{я}} - c_3 M_C,$$

или

$$a_2 V = r(t)b_3 u_{\text{я}} - c_3 r(t)M_C.$$

С учетом требования (8) выражение для расчета управляющего напряжения получается следующим:

$$u_{\text{я}} = \frac{a_2 V_2^0}{r(t)b_3} + \frac{c_3 r(t)F}{b_3} = \frac{V_2^0 c_e}{r(t)} + \frac{Rr(t)F}{c_m}. \quad (9)$$

Для интегрирования уравнение (7) преобразуется в систему уравнений первого порядка:

$$\phi_1 = \phi_2, \quad \phi_2 = \phi_3, \quad \phi_3 = -\frac{a_1}{a_0} \phi_3 - \frac{a_2}{a_0} \phi_2 + \frac{b_3}{a_0} u_{\text{я}} - \frac{c_3}{a_0} M_C, \quad \phi = \phi_1. \quad (10)$$

Полученные уравнения (7), (9) и (10) представляют собой искомую математическую модель для расчета управления электрическим двигателем для задачи о перемотке и растяжении нити с учетом изменяющихся характеристик. Данная модель была реализована в среде инженерных расчетов MATLAB. Ниже приведены результаты решения числового примера.

Исходные данные для моделирования [1]:

- исходная длина и удлинение нити:  $L_0 = 20\ 000$  м,  $\Delta L = 2\ 000$  м;
- масса и начальный радиус пустой бобины:  $m_0 = 0,1$  кг,  $r_0 = 0,025$  м;
- начальная величина момента инерции  $J = 0,15 \cdot 10^{-2}$  кг·м<sup>2</sup>;
- диаметр нити  $d = 0,4 \cdot 10^{-3}$  м;
- время и скорость наматывания:  $t_p = 2200$  с,  $V_2^0 = 10$  м/с;
- сила натяжения нити  $F = 20$  Н;
- коэффициент  $\nu = 0,1$ ;
- коэффициент, характеризующий линейную массу нити  $\gamma = 0,3 \cdot 10^{-3}$  кг/м.

Для моделирования уравнения (4) использованы следующие характеристики двигателя:

- момент инерции ротора двигателя  $J_0 = 0,0015$  кг·м<sup>2</sup>;
- коэффициенты  $c_e \approx 0,3$  в·с,  $c_m \approx c_e / 10$ ;
- сопротивление цепи якоря  $R = 1$  Ом;
- индуктивность цепи якоря  $L = 0,035$  Гн.

С учетом начальной массы и радиуса вращающейся приемной бобины  $J_0 = 0,6 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup>. Видно, что момент инерции ротора двигателя существенно превышает полученное значение, поэтому в расчете использовано  $J_0 = 0,0015$  кг·м<sup>2</sup>.

Начальная величина управляющего напряжения  $u_{я}^0$  определяется с помощью выражения (10) при начальном радиусе бобины  $r_0 = 0,025$  м и скорости  $V_2^0 = 10$  м/с. С учетом указанных данных  $u_{я}^0 = 128,33$  В.

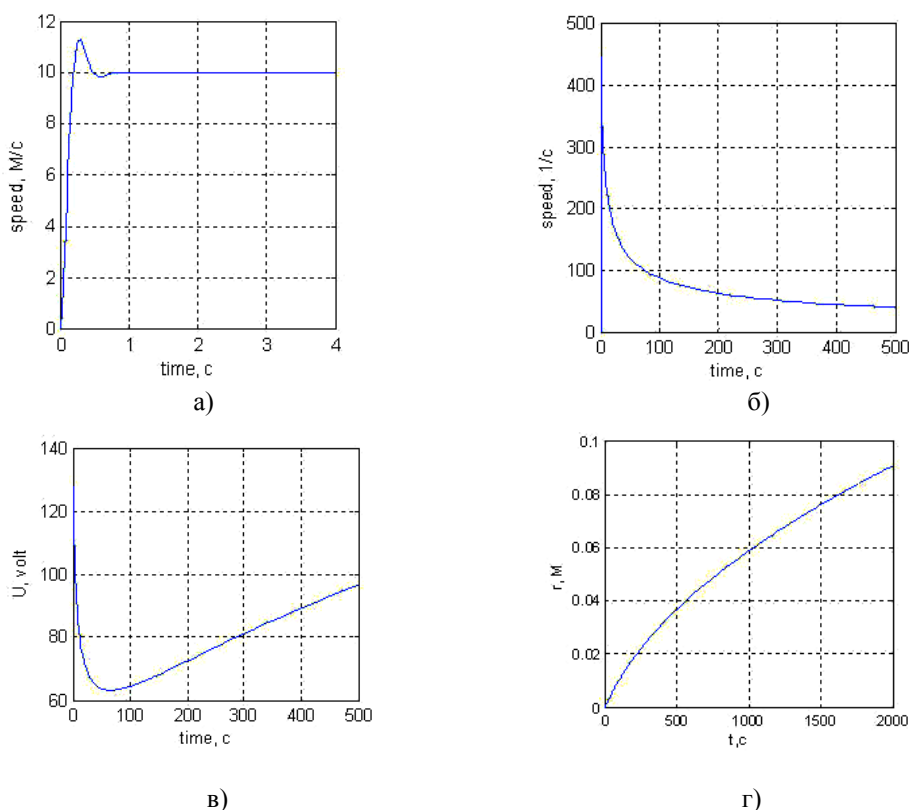


Рис. 2

На рис.2 представлены результаты моделирования процесса перематывания нити. На рис. 2-а изображен процесс измене-

ния линейной скорости движения нити. Видно, что переходный процесс  $t_n = 0,5 \dots 0,7$  с. Далее, в течение всего про-

цесса перематывания, скорость движения нити поддерживалась на заданном уровне  $V = 10$  м/с. На рис. 2-б представлен график изменения угловой скорости вращения бобины. Видно, что с течением времени угловая скорость уменьшается.

Необходимые изменения угловой скорости бобины достигаются с помощью управляющего напряжения. На рис. 2-в представлена кривая, соответствующая требуемому для этой цели закону изменения управляющего напряжения  $u(t)$ .

Видно, что закон изменения напряжения достаточно сложный. Напряжение, подаваемое на двигатель, за время намотки изменялось на различных участках со скоростями  $du/dt \approx (-6...0,04)$  В/с.

На практике при перематывании и растяжении нити задачу формирования управления необходимо решать с помощью моделирования, выполняемого параллельно с рабочим процессом. В данном материале такая возможность апробирована. В процессе всей намотки  $t_p = 2200$  с линейная скорость нити поддерживалась на уровне  $V = 10$  м/с. На рис. 2-г показан график изменения радиуса бобины при намотке в течение 2000 с.

Результаты моделирования также показали, что масса и момент инерции бобины в процессе намотки изменяются существенно. В начале намотки масса бобины и момента инерции равнялись 0,1 кг; 0,0015 кг·м<sup>2</sup> соответственно. В конце намотки эти данные изменились существенно: масса бобины оказалась равной  $m = 8,9$  кг, а момент инерции  $J = 1,28$  кг·м<sup>2</sup>. Однако такие изменения не оказали практического влияния на процесс перематывания нити. Это

объясняется тем, что в начале процесса перематывания ( $t \leq 0,4$  с), когда сильно изменяются скорость и ускорение, радиус и масса бобины изменяются незначительно. В последующие промежутки времени скорость наматывания практически остается постоянной, а масса и радиус бобины также изменяются очень медленно.

## ВЫВОДЫ

1. Составлена математическая модель для расчета управления электрическим двигателем для задачи о перематке и растяжении нити с учетом изменяющихся характеристик.

2. Результаты численного моделирования в среде MATLAB показали, что масса и момент инерции бобины в процессе намотки изменяются существенно, однако эти изменения не оказали практического влияния на процесс перематывания нити, который происходит при постоянной скорости движения нити.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Энтин В.Я., Чельшев С.В., Каневский М.Ф.* Система регулирования натяжения нити при намотке на бобину // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2011, №1. С.61...66.
2. *Ашин Н.М., Михайлов Б.С., Чельшев А.М.* Динамика процесса растяжения нити, огибающей цилиндрическую поверхность // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2011, №4. С.39...42.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 12.03.14.

УДК 338.45

**ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВО ТЕКСТИЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**THE FACTORS DEFINING QUALITY TEXTILE EDUCATION**

*И.М. ГАВРИЛОВА*

*I.M. GAVRILOVA*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)

(Moscow State University of Design and Technology)

E-mail: gim@ staff msta. ac.ru

*Предложены факторы, определяющие качество текстильного образования, проведен расчет коэффициентов причинного влияния изучаемых факторов на основе причинно-следственной теории информации, позволивший устранить эффекты сопутствия, идентифицировать изучаемые факторы, определить факторы, в наибольшей степени влияющие на качество высшего образования. Составлена программа расчета на ЭВМ.*

*The factors defining quality of textile education are offered, calculation of coefficients of causal influence of studied factors on the basis of the cause and effect theory of information is carried out allowed to eliminate effects of a soputstviye, to identify studied factors, to define the factors which are most influencing quality of the higher education. The calculation program on the computer is made.*

**Ключевые слова:** качество образования, кадры, база, студенты энтропия, информация, причинно-следственные связи.

**Keywords:** quality of education, shots, base, students entropy, information, cause-and-effect relations.

В настоящее время актуальной темой является качество высшего образования. В последние годы в российской высшей школе наблюдается бурный рост числа студентов, поддерживаемый высоким спросом на высшее образование. Прием в вузы резко увеличился. В сферу высшего образования поступают значительные ресурсы. Приток ресурсов выводит российскую высшую школу из кризиса, в котором она оказалась в начале 90-х годов. Постепенно, хотя и медленно, поднимается

уровень оплаты труда и восстанавливается престиж профессии преподавателя; происходит существенное обновление содержания и методов обучения, внедрение современных информационных технологий. Радикальному пересмотру подверглись программы, учебные планы и квалификационные требования, принципы набора студентов, методы административного и финансового менеджмента. У экономики и общества увеличивается потребность в выс-

шем образовании, что создает основу для дальнейшего развития отрасли.

Несмотря на эти благоприятные тенденции, говорить о полном преодолении кризиса в российской высшей школе преждевременно. Серьезной проблемой является отставание *качества* вузовского образования как от современных потребностей, так и от потенциала высшей школы страны. Мнение о том, что качество высшего образования в России заметно снизилось за последние 15 лет, широко распространено в профессиональном сообществе и убедительно подтверждается рядом прямых и косвенных признаков. В большинстве других отраслей экономики России рыночные преобразования, и в первую очередь либерализация и конкуренция, привели к повышению качества продукции. Высшая школа является очевидным исключением из этой закономерности. Сектор высшего образования в России несомненно является высококонкурентным; он в значительной мере либерализован, по крайней мере номинально модернизирован, обслуживает потребности рыночной экономики, где ценится качественная продукция, – и несмотря на все это, общий уровень качества образования в целом остается низким.

Налицо, таким образом, "провал рынка" высшего образования в том смысле, как это явление понимается экономистами, то есть неспособность чисто рыночных механизмов обеспечить эффективное удовлетворение потребностей общества. Такая постановка вопроса естественна, ибо конкуренция должна "дисциплинировать" операторов рынка, наказывая за некачественную продукцию, а рынок труда – совокупный потребитель выпускников высшей школы – дает экономическую оценку качества образования. Проблемы качества образования связываются не столько с абсолютной нехваткой материальных и профессиональных ресурсов – хотя большинство вузов в той или иной мере испытывают недостаток средств – сколько с тем, какого рода стимулы относительно качества образования создает рыночная среда. Получив ясное представление о

возможностях рынка как регулятора высшей школы, можно более обоснованно судить о государственной политике в сфере высшего образования и иных методах коррекции "провалов рынка".

Известно, что прямое измерение качества высшего образования затруднительно. Тестирование студентов и выпускников вузов проводится нерегулярно, в нем применяются различные методики, что затрудняет сопоставимость результатов, и существуют сомнения в беспристрастности и надежности подобных процедур. Более объективны индикаторы ресурсной обеспеченности вуза (уровень финансирования, численность преподавателей – в том числе с учеными степенями – в расчете на одного студента, фонды библиотек и т.д.).

В статье рассмотрены некоторые факторы, определяющие качество образования. Для установления причинно-следственных связей между факторами используется бинарная причинно-следственная теория информации, основанная на предпосылках Шеннона. Задачи исследования обусловлены использованием метода, который бы позволял: идентифицировать исследуемые факторы; устранить эффекты сопутствия; автоматизировать трудоемкий метод расчета.

Формулы и методика расчета коэффициентов, определяющих тесноту причинно-следственных связей, приведена в работе [3].

В работе на основе опроса специалистов исследовались следующие факторы: X1 – наличие и уровень студентов, X2 – квалификация преподавателей, X3 – устойчивость финансового положения; X4 – материально-техническая база; X5 – наличие научных школ, X6 – качество образования.

При помощи специально разработанной программы на ЭВМ были рассчитаны величины энтропии, информации, коэффициенты причинного влияния.

Причинно-следственная связь устанавливалась по значениям энтропии:  $H_1=0,821$ ;  $H_2=0,810$ ;  $H_3=0,798$ ;  $H_4=0,720$ ;  $H_5=0,715$ ;  $H_6=0,600$ .

Ориентированный граф причинно-следственных связей при шести факторах представлен на рис.1.

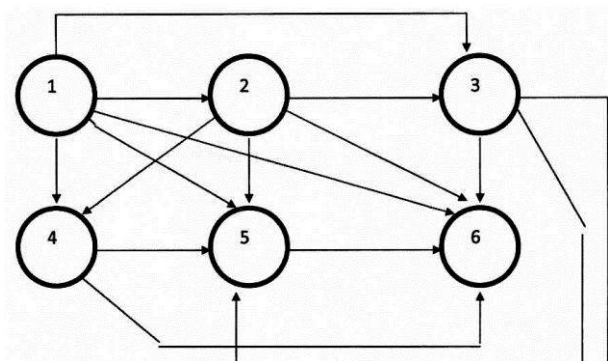


Рис. 1

Для нахождения коэффициентов  $g_{ij}$  необходимо составить систему из 15 нелинейных относительно  $g_{ij}$  уравнений и решить ее:

$$\begin{aligned} \Gamma_{12} &= g_{12}, \\ \Gamma_{13} &= g_{13} + g_{12} \cdot g_{23}, \\ \Gamma_{14} &= g_{14} + g_{12} \cdot g_{24} + g_{13} \cdot g_{34}, \\ \Gamma_{15} &= g_{15} + g_{12} \cdot g_{25} + g_{13} \cdot g_{35} + g_{14} \cdot g_{45}, \\ \Gamma_{16} &= g_{16} + g_{12} \cdot g_{26} + g_{13} \cdot g_{36} + g_{14} \cdot g_{46} + g_{15} \cdot g_{56}, \\ \Gamma_{23} &= g_{23}, \\ \Gamma_{24} &= g_{24} + g_{23} \cdot g_{34}, \\ \Gamma_{25} &= g_{25} + g_{23} \cdot g_{35} + g_{24} \cdot g_{45}, \\ \Gamma_{26} &= g_{26} + g_{23} \cdot g_{36} + g_{24} \cdot g_{46} + g_{25} \cdot g_{56}, \\ \Gamma_{34} &= g_{34}, \\ \Gamma_{35} &= g_{35} + g_{34} \cdot g_{45}, \\ \Gamma_{36} &= g_{36} + g_{34} \cdot g_{46} + g_{35} \cdot g_{56}, \\ \Gamma_{45} &= g_{45}, \\ \Gamma_{46} &= g_{46} + g_{45} \cdot g_{56}, \\ \Gamma_{56} &= g_{56}. \end{aligned}$$

Решение системы уравнений проводилась в среде Маткад.

Результаты расчетов частных коэффициентов причинного влияния представлены в табл. 1 (коэффициенты  $\Gamma_{ij}$  и  $g_{ij}$ ).

Таблица 1

Направление связи	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
1→2	0,275	0,275	0
1→3	0,219	0,132	0,087
1→4	0,308	0,228	0,080
1→5	0,211	0,091	0,120
1→6	0,172	0,085	0,087
2→3	0,316	0,316	0
2→4	0,251	0,178	0,073
2→5	0,283	0,181	0,102
2→6	0,245	0,132	0,113
3→4	0,231	0,231	0
3→5	0,263	0,211	0,052
3→6	0,228	0,141	0,087
4→5	0,179	0,179	0
4→6	0,230	0,197	0,033
5→6	0,185	0,185	0

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

На качество образования наибольшее влияние оказывают:

- материально-техническая база ( $g_{46}=0,197$ ), наличие научных школ в университете ( $g_{56}=0,185$ ), финансовая устойчивость университета ( $g_{36}=0,141$ ), уровень преподавательского состава ( $g_{26}=0,132$ ), наличие и уровень студентов ( $g_{16}=0,085$ );

- на наличие научных школ университета влияют: финансовое положение университета ( $g_{35}=0,211$ ), уровень преподава-

тельского состава ( $g_{25}=0,181$ ), наличие материальной базы ( $g_{45}=0,179$ ), наличие и уровень студентов ( $g_{15}=0,091$ );

- на наличие материальной базы влияют: финансовое положение университета ( $g_{34}=0,231$ ), наличие студентов ( $g_{14}=0,228$ ), уровень преподавателей ( $g_{24}=0,178$ );

- на финансовую устойчивость университета влияют уровень преподавательского состава ( $g_{23}=0,311$ ), наличие и уровень студентов ( $g_{13}=0,132$ );



– достаточно устойчивая связь между наличием и уровнем студентов и уровнем преподавателей университета ( $g_{12}=0,275$ ).

Сегодняшнее состояние высшей школы характеризуется тем, что без наличия студентов невозможно существование университета и наличие преподавателей. Бюджетное финансирование университета зависит от количества студентов, а внебюджетное (научная работа) – от уровня преподавательского состава. Уровень преподавательского состава и финансовая устойчивость позволяют развивать материально-техническое обеспечение университета. Все вышесказанное позволяет иметь научные школы.

Все вышеназванные факторы определяют качество образования.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен алгоритм установления основных факторов, влияющих на качество образования на основе бинарной причинно-следственной теории информации.

2. Сегодняшнее состояние высшей школы характеризуется тем, что без наличия студентов невозможно существование

университета и наличие преподавателей.

3. Бюджетное финансирование университета зависит от количества студентов, а внебюджетное (научная работа) – от уровня преподавательского состава. Уровень преподавательского состава и финансовая устойчивость позволяют развивать материально-техническое обеспечение университета. Все вышесказанное позволяет иметь научные школы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: Дис. ... докт.техн.наук. – М.: МТИ, 1988.

2. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологического процесса ткачества. Монография, 2003.

3 Гаврилова И.М. Качество текстильных материалов определяет эффективность текстильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6.

Рекомендована кафедрой маркетинга и управления бизнесом. Поступила 17.01.13.

УДК 677.017:004.9: 53.089.6

## ОСОБЕННОСТИ КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ\*

## FEATURES CALIBRATION OF MEASURING OPTICAL COMPUTER METHODS FOR THE DETERMINATION OF QUALITY MATERIALS AND LIGHT INDUSTRY

О.А. ШАЛОМИН, С.М. БАЖЕНОВ  
O.A. SHALOMIN, S.M. BAZHENOV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт,  
ООО "ТексПро")  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute,  
TexPro Ltd)  
E-mail: mt@igta.ru

\* Работа выполнена по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (договор № 14.124.13.2656-МД от 04.02.2013).

*В статье показана необходимость решения проблем внедрения оптических компьютерных методов определения показателей качества продукции легкой промышленности, предложены и реализованы ряд решений для их устранения.*

*The article shows the need to address the problems of introducing optical computer methods for the determination of quality of light industry products, proposed and implemented a number of solutions to address them.*

**Ключевые слова:** калибровка, поверка, компьютерный метод, оптические измерения, текстильные волокна и нити, текстильные полотна.

**Keywords:** calibration, verification, computer method, optical measurements, textile fibers and yarns, textile fabrics.

Оптические компьютерные методы определения показателей качества материалов и изделий легкой промышленности (далее – компьютерных методов), предусматривающие применение компьютерной и периферийной техники на нескольких этапах процесса измерения, в настоящее время получают все большее распространение [1...3]. Это обусловлено их относительно низкой стоимостью, высокой оперативностью, отсутствием разрушающих операций и достаточной точностью измерений. Вместе с тем необходимо отметить, что большинство опубликованных работ в этой области не затрагивает очень важного аспекта обеспечения единства измерений, а именно поверку (калибровку) применяемых средств измерений. Данное обстоятельство становится серьезным препятствием для коммерциализации инновационных разработок в данной сфере.

Анализ существующих компьютерных методов позволил выявить основные проблемы, затрудняющие возможность их поверки (калибровки):

1) отсутствие отечественных средств поверки (калибровки) – эталонов или стандартных образцов;

2) легкость несанкционированного изменения настроек средств получения первичной измерительной информации (фотокамер, видеокамер, сканеров) и/или использования средств, не предусмотренных методикой измерений;

3) возможность повторного использования цифровых изображений эталонов или стандартных образцов при поверке (калибровке);

4) риск изменения характеристик периферийных средств без явных отклонений в качестве выдаваемых цифровых изображений.

Для устранения указанных проблем при создании автоматизированной системы контроля плотности нитей в тканых полотнах были предложены, разработаны и реализованы ряд решений. В частности, был изготовлен комплект стандартных образцов плотности нитей в тканых полотнах [4].

Для исключения возможности измерения искомых величин по изображениям, полученным с искаженными настройками или с других цифровых устройств, предложено использовать EXIF-данные графических файлов (от англ. Exchangeable Image File Format), позволяющие сохранять дополнительную информацию, комментирующую медиа-файл, описывающую условия и способы его получения, авторство и т.п. В частности, интерес представляли такие параметры, как производитель и модель фотокамеры, чувствительность ISO, диафрагма и выдержка. Перед основным (измерительным) анализом изображения данные параметры контролируются и при выявлении отклонений соответствующий файл-изображение не анализируется, а процесс поверки (калибровки) прекращается.

Для устранения возможности повторного использования цифровых изображений предлагается несколько способов:

– контроль даты и времени получения файла-изображения. Осуществляется также с помощью EXIF-данных. Критерий проверки – дата и время получения файлов при текущей поверке (калибровке) не должны

быть раньше, чем при предыдущей калибровке;

- отметка использованного файла-изображения. Легкость данного способа обеспечивается тем, что метод измерения работает с изображениями в палитре серых оттенков (координаты R, G и B имеют одинаковое значение), поэтому незначительное изменение даже одной координаты приведет к идентификации данного файла при отсутствии видимых глазу оператора изменений;

- учет отличительных особенностей использованных файлов-изображений. Данный способ предусматривает определение и занесение в базу данных информации (например, средняя интенсивность) о нескольких участках использованных при предыдущих поверках (калибровки) изображений. В дальнейшем программа производит поиск и сравнение информации о текущих изображениях с базой данных и делает вывод о возможности их использования.

С учетом риска изменения характеристик используемого оборудования предлагается проводить поверку (калибровку) ежедневно после запуска программного обеспечения.

На основании вышеизложенного разработан следующий универсальный алгоритм периодической поверки (калибровки) оптических компьютерных методов определения показателей качества (рис. 1).

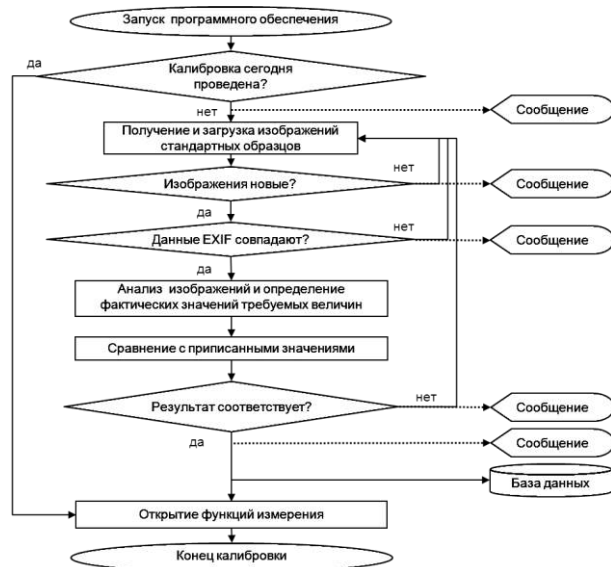


Рис. 1

Сообщения, указанные в предлагаемом алгоритме, должны содержать исчерпывающую информацию о возможных причинах неудавшейся калибровки и действиях, которые необходимо предпринять оператору компьютерного метода для исправления ситуации.

Данный алгоритм был реализован в составе автоматизированной системы контроля плотности нитей в тканых полотнах "АСК-Ткачество" ООО "Навтекс" (г. Наволоки Ивановской области). Элементы интерфейса встроенного программного обеспечения для калибровки приведены на рис. 2.

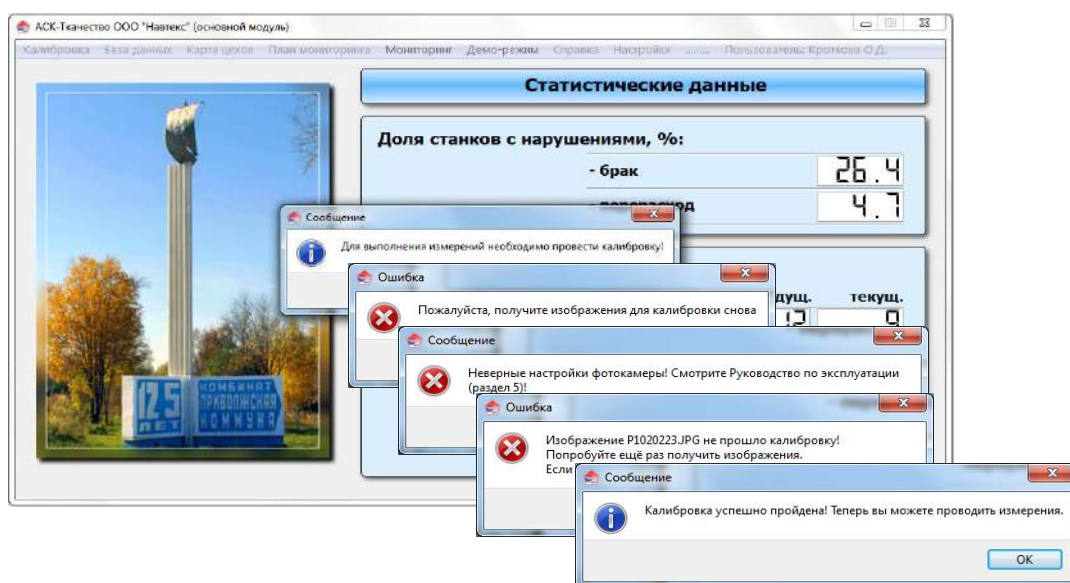


Рис. 2

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены основные проблемы, затрудняющие возможность поверки (калибровки) оптических компьютерных методов определения показателей качества продукции, предложены и реализованы ряд решений для их устранения.

2. Разработан универсальный алгоритм периодической поверки (калибровки) оптических компьютерных методов определения показателей качества продукции.

3. Создано встроенное программное обеспечение для калибровки в составе автоматизированной системы контроля плотности нитей в тканых полотнах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаренко Ю.А., Павлов С.В. Исследование метода компьютерного распознавания волокнистого состава двухкомпонентной пряжи // Изв. вузов.

Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С. 25...27.

2. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Титов С.Н. Использование нового критерия для оценки сминаемости текстильных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №2. С. 24...27.

3. Стенюгина О.В., Коробов Н.А., Гусев Б.Н., Алешина Д.А. Определение геометрических характеристик петлеобразования трикотажного полотна по компьютерному изображению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С. 134...136.

4. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю. Разработка стандартных образцов плотности нитей в тканых полотнах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С.135...137.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ТИ ИВГПУ. Поступила .17.12.13

УДК 678.7

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ НАНОКОМПОЗИТА МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

### VISUALIZATION PROCESS OF THE INTERACTION NANOCOMPOSITE COMPONENTS USING MOLECULAR MODELING

П.В. КОРОЛЕВ, Е.Н. КАЛИНИН, М.А. ШИЛОВ  
P.V. KOROLYOV, E.N. KALININ, M.A. SHILOV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)

E-mail: ttp@ivgpu.com

*В статье рассмотрен способ получения качественных характеристик взаимодействия компонентов нанокomпозиционного материала с помощью методов молекулярного моделирования.*

*This article describes a way to obtain high-quality characteristics of the interaction of components of the nanocomposite material using methods of molecular modeling.*

**Ключевые слова:** молекулярное моделирование, нанокomпозиционные материалы, качественные характеристики.

**Keywords: molecular modeling, nanocomposite materials, quality characteristics.**

Одной из наиболее актуальных проблем синтеза новых композиционных материалов является создание компьютерного инструмента, позволяющего прогнозировать функциональные параметры объекта применительно к условиям его эксплуатации. К наиболее перспективным в этом плане, с нашей точки зрения, представляются нанокomпозиционные системы на волокнистой основе, приобретающие функциональные особенности конструкционного материала [1].

Одним из возможных путей решения задачи прогнозирования комплекса их свойств является применение методов молекулярного моделирования, в частности, молекулярной динамики, которые позволяют исследовать структуры, обладающие сложной пространственной конфигурацией и множеством параметров, определяющих свойства исследуемой системы как конструкционного материала, в процессе ее синтеза. В настоящее время актуальна разработка алгоритмов, позволяющих решать обозначенные задачи применительно к широкому спектру свойств компонентов, образующих вновь синтезируемый композиционный материал [2].

Цель синтеза модели нанокomпозиционного материала заключается в необходимости получения общего стандарта алгоритмизации процесса построения компьютерной модели межмолекулярного взаимодействия наполнителя и волокнистой матрицы с выявлением характера их взаимодействия.

Методика определения количественных и качественных характеристик синтезируемого композита включает в себя разработку компьютерной модели межмолекуляр-

ного взаимодействия, например, алюминия и целлюлозы. Что имеет место, например, при напылении раскаленных металлических частиц в высокодисперсном состоянии на ткань и последующем их спекании. В результате на выходе получаем нанокomпозит на волокнистой основе, обладающий заданной отражающей способностью применительно к тепловому и ультрафиолетовому излучению, покрытие, обеспечивающее защитные свойства в условиях высоких температур.

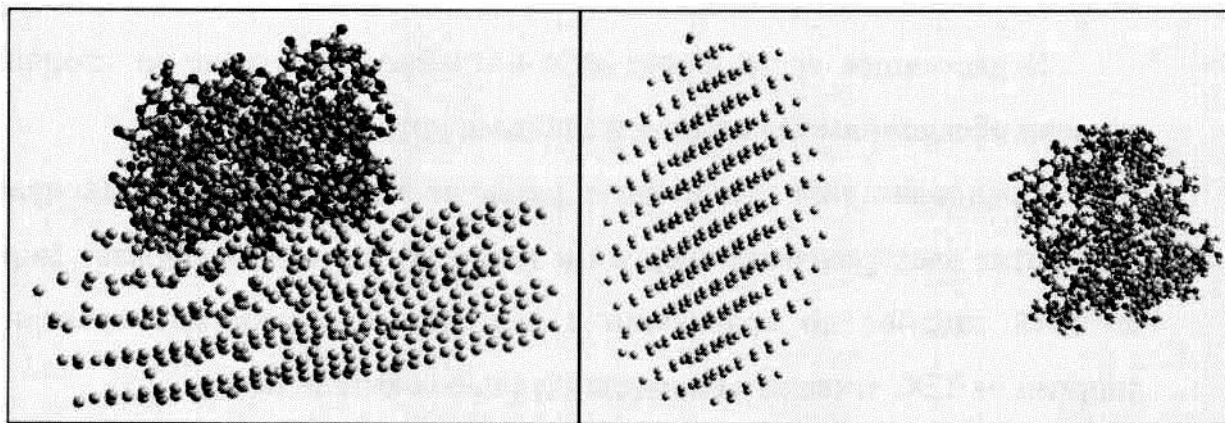
Толщина слоя алюминия, взаимодействующего с волокном целлюлозы, в поставленном нами компьютерном эксперименте, составила 4 атомарных уровня. Волокнистый материал – 6 цепочек целлюлозы, скрепленных водородными связями. В модели не учитывалось присутствие примесей в материале и влажность воздуха. Подразумевалось, что взаимодействие компонентов происходило в вакууме. Наличие взаимодействия между компонентами проверялось исходя из значений энергии как отдельных компонентов, так и нанокomпозита в целом.

При межмолекулярном взаимодействии значение суммарной энергии связей нанокomпозита должно значительно отличаться от значения суммы энергий отдельных его компонентов. В качестве фактора, влияющего на силу взаимодействия компонентов, выступала усредненная величина расстояния между их микрочастицами, крайние значения которых показаны на рис.1 с расстояниями 3,5Å (а) и 50Å (б).

В табл. 1 представлены численные значения энергии исследуемой системы в зависимости от расстояния между частицами.

Таблица 1

Энергия компонента, kcal/mol	Обозначение	Расстояние между компонентами	
		50 А	3,5 А
Алюминий	Е1	- 753,16	- 753,16
Целлюлоза	Е2	423,308	423,308
Нанокomпозит	ЕЗ	-334,14	-458,73



а)

б)

Рис. 1

Таким образом, зная расстояния между компонентами, принимая во внимание особенности технологии нанесения адгезива на волокнистую матрицу – субстрат, можно судить о потенциальной возможности их взаимодействия и получения устойчивого соединения, характеризуемого его адгезионными параметрами.

Количественной характеристикой адгезии является работа адгезии:  $W_a$  – работа, необходимая для обратимого изотермического разделения двух приведенных в контакт конденсированных фаз по площади единичного сечения [3]. Ее можно представить в следующем виде:

$$W_a = wN, \quad (1)$$

где  $w$  – средняя энергия единицы связи, обеспечивающей адгезию,  $N$  – число связей, приходящихся на единицу площади контакта адгезива и субстрата. Число  $N$  определяется площадью фактического контакта между адгезивом и субстратом, которая зависит от свойств поверхностей адгезива и субстрата: энергетических характеристик поверхностей контактирующих фаз, шероховатости поверхности субстрата, условий формирования адгезионного соединения, тепловых и механических свойств адгезива и субстрата, и пр. [3].

Для количественной оценки взаимодействия можно использовать потенциал межатомного взаимодействия Ленарда-Джонса [4]:

$$V(r) = 4\epsilon[(\sigma/r)^{12} - (\sigma/r)^6] = V_{\text{отт}} + V_{\text{прит}}. \quad (2)$$

Таким образом, из уравнения (2) следует, что сила взаимодействия между адгезивом и субстратом может быть определена как

$$F = -[\delta V(r)/\delta r]_{0i0j} = F_{\text{отт}} + F_{\text{прит}}, \quad (3)$$

а качественное соединение компонентов обеспечивается при значении силы взаимодействия между ними близким к значению межатомного взаимодействия слабейшего из компонентов.

В результате сравнения этой величины с аналогичными значениями, определяемыми применительно к чистым компонентам системы, можно судить о прочности и устойчивости соединения адгезива с субстратом как одного из конечных результатов прогнозирования физико-механических параметров синтезируемого нанокompозита применительно к технологическим условиям его получения.

## В Ы В О Д Ы

Нами разработана молекулярная модель, дающая возможность визуализации взаимодействия компонентов нанокompозиционного материала на волокнистой основе. Дальнейшее ее развитие позволит получить общий стандарт алгоритмизации процесса построения компьютерной модели межмолекулярного взаимодействия наполнителя и волокнистой матрицы, выявить характеристики взаимодействия и создать методику прогнозирования коли-

чественных и качественных показателей  
вновь синтезируемого материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Khalatur P.G. Computer simulations of polymer systems // *Mathematical Methods in Contemporary Chemistry*. – New York: Gordon & Breach Publishers, 1996.

2. Allen M.P., Tidesley D.J. Computer Simulation of Liquids. – Oxford: Clarendon Press, 1987. – Ch9. P.261.

3. Богданова Ю.Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных материалов. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова.

4. Мазалова В.Л., Кравцова А.Н., Солдатов А.В. Нанокластеры: рентгеноспектральные исследования и компьютерное моделирование. – М.: Физматлит, 2013.

Рекомендована кафедрой наземных транспортных средств и технологических машин. Поступила .03.02.14

УДК 377

## РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ, ВЛИЯНИЕ НА УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ И ЗАВИСИМОСТЬ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТ КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ

### DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF DISTANCE LEARNING IN HIGHER EDUCATION, THE EFFECT ON THE LEVEL OF KNOWLEDGE OF STUDENTS AND DEPENDENCE PROFITABLE ENTERPRISES TEXTILE INDUSTRY OF COMPETENCE OF SPECIALISTS

*М.И. ВЫСОКОС, Д.М. САДЬКОВА*

*M.I. VYSOKOS, D.M. SADYKOVA*

(Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г.Разумовского)  
(Moscow State University of Technologies and Management K.G. Razumovsky)

E-mail: sdelia@yandex.ru

*В статье рассматриваются особенности развития дистанционного образования. Информационные технологии расширяют возможности дистанционного обучения. Это обеспечивает формирование специалиста-технолога.*

*Features of development of remote education are considered in this article Information technologies expand possibilities of remote training. It will provide to form the technology specialist. Profitability of the enterprise directly depends on knowledge of the specialist.*

**Ключевые слова:** дистанционный, знание, информационный, качество.

**Keywords:** informational, knowledge, remote, quality.

Внедрение в практику высшего образования информационно-технических средств коммуникации привело к появлению дистанционного образования.

Рассмотрим организационно-управленческие технологические особенности раз-

вития высшего образования. Следует учесть, что в начале 1700-х годов (первый этап) на почте Бостона США, а также в других странах, предлагались для изучения стенографические лекции. Студенты изучали эти лекции, однако никакой об-

ратной связи с преподавателями не предусматривалось.

Дистанционное обучение, которое предусматривало руководство обучающимися, стало развиваться после 1840-го года в Англии (второй этап). Основная причина заключалась в необходимости повышения образовательного уровня рабочей силы. В 1850 году в России был создан Институт заочного обучения. Примеру России во второй половине XIX - начале XX веков последовали Германия и другие страны. В 1858 году Лондонский университет разрешил допуск соискателей к защите дипломных работ без предварительного обучения.

С 1941 года учебные программы стали транслироваться по радио (а в 60-е годы и по телевидению).

Концептуально деятельность этих учебных заведений, как и прежде, обосновывалась тем, что обучать студентов можно не только при непосредственном контакте с преподавателями. Они могут самостоятельно в удобное для них время, в удобном месте и темпе выполнять задания учебных заведений. Так появилось "обучение по переписке", которое мы можем рассматривать как раннюю форму дистанционного образования.

Третий этап можно датировать началом 60-х гг. XX в. и доводить его до 1969 г. – года создания Британского открытого университета.

Особенностью этого периода был бурный рост нетрадиционных университетов. За 60-е годы в мире было создано 79 учебных заведений такого типа.

После второй мировой войны примеру Советского Союза последовали страны Центральной и Восточной Европы, КНР. В основе обучения в эти годы оставались печатные материалы и переписка. Однако появились два новых дидактических элемента. Преподаватели вузов, в частности в России, стали ощущать потребность в сочетании дистанционных и очных форм образования. С развитием радио и телевидения печатные носители стали дополняться аудио- и видеоматериалами и телепрограммами, что послужило для специалистов основанием ставить развитие образо-

вания в зависимости от развития средств связи.

В 60-е гг. прошлого столетия перед высшей школой встали важные задачи в связи с расширением программ непрерывного образования, повышения квалификации и переподготовки специалистов. Позиция ЮНЕСКО, других международных организаций, работающих в сфере образования, сводится к тому, чтобы преобразования и нововведения в высшем образовании направлялись в русло превращения разнообразных теорий и концепций непрерывного образования в реальность, перевода жестких, негибких и элитарных систем высшего образования в доступные для всех.

В развитых зарубежных странах в 60 гг. XX века произошли значительные изменения в сети учебных заведений, входящих в систему высшего образования, что было вызвано острой нехваткой специалистов, и особенно ориентированных для работы на производстве.

Университеты и учебные заведения университетского уровня опасались чрезмерной профессионализации образовательных программ, отходя от традиционного академизма, что могло привести университет к чисто специализированному высшему учебному заведению. Частично эти противоречия удалось устранить путем создания новых типов учебных заведений. В ФРГ на базе средних инженерных школ были организованы высшие профессиональные школы; во Франции были созданы университетские технологические институты; в Швейцарии в университетском образовании был выделен специальный сектор высшего профессионального образования, осуществляющий подготовку специалистов для сферы промышленного производства. Все эти типы учебных заведений относятся к сектору неуниверситетского высшего образования. В рамках этой общепризнанной тенденции традиционные высшие учебные заведения пересматривают свои структуры, учебные планы и программы, формы и методы обучения. Так, в Великобритании с 60-х гг. начала создаваться сеть политехнических колледжей с



2...3 годичным сроком обучения, ориентированных на подготовку специалистов непосредственно для производства; во Франции с той же целью были созданы университетские технологические институты; в ФРГ – высшие профессиональные школы; в США и Японии значительно расширена сеть колледжей. Широкое распространение получили методы обучения, сочетающие учебу в аудиториях с работой на производстве в порядке чередования (в Великобритании – "сендвич-курсы", в США – кооперативные формы обучения).

Одним из самых авторитетных Университетов мира является Открытый университет Великобритании, созданный в 1969 году. Он является одним из первых и наиболее известных в мире университетов нетрадиционного типа.

Открытие этого университета предшествовала значительная по своим масштабам и содержанию подготовительная работа. Прежде всего необходимо было обосновать реальную потребность в таком университете, его основные функции и задачи. Были подготовлены прогнозы о численности потенциальных абитуриентов из различных слоев общества и профессиональных групп. Идея продолжала жить, хотя и обрела новую форму. В сентябре 1967 года министром образования и науки Великобритании был утвержден плановый комитет, которому поручалось разработать подробный план создания университета и подготовить проект его устава.

В январе 1969 г. был опубликован детально разработанный проект создания Открытого Университета, а в июне того же года издана Королевская хартия о создании Британского Открытого Университета (БОУ) как независимого и автономного университета, имеющего право присваивать ученые степени. Последнее решение беспрецедентно в истории Великобритании, где право присваивать ученую степень ревностно охраняется. Оно предоставляется в виде специальной Королевской хартии вузам, продемонстрировавшим в течение ряда лет высокое качество преподавания и высокий уровень требований на экзаменах. Предоставление Коро-

левской хартии БОУ с момента его основания обеспечило этому учреждению уникальный статус.

Создание в 1969 году Британского Открытого Университета (начало четвертого этапа) дало значительный импульс развитию теоретических основ и практики непосредственно дистанционному образованию (ДО) в нашем понимании. Период конца 60-х - начала 70-х гг. стал наиболее плодотворным в теоретическом осмыслении дистанционного обучения. В эти годы были заложены основы главных моделей дистанционного образования, впоследствии распространенных в мире и ставших предметом дискуссий. Одним из главных достижений развития дистанционного образования в 70-е гг. было осознание того, что альтернативой дневной форме обучения может быть самообразование граждан, направляемое и контролируемое вузами, что принципиально расширяет дидактические рамки высшего образования.

Из сказанного выше следует, что педагогическая мысль была занята поиском путей демократизации и профессионализации образования. За дистанционным обучением закрепляется социальная функция – предоставить образовательные услуги как можно большему числу желающих учиться, но не имеющих возможности изменить привычный образ жизни.

Создание Британского Открытого Университета как полноценного и полноправного академического учреждения оказало значительное влияние на многие страны. Правительства этих стран получили довод в дискуссии с академическим миром за признание нетрадиционных путей развития высшего образования.

Учреждение Британского Открытого Университета стало поворотным пунктом в истории современного дистанционного образования. Характерная особенность этого, а вслед за ним и других университетов дистанционного обучения – доминирующая роль правительства в их создании. Решение о создании Открытого Университета было актом политическим.

Создание Открытого Университета связано исключительно с политической ре-

шимостью. Привлечение правительств к активному планированию высшего образования – явление относительно новое.

До середины XX века в центре внимания правительств находились политические проблемы равенства возможностей получения образования, а стало быть, проблема его доступности. Решение этих проблем в большинстве стран к середине 60-х годов привело к резкому повышению спроса на высшее образование. Это совпало с научно-технической революцией, потребовавшей для "промышленного производства" специалистов все расширяющегося множества технических профессий. В то же время многие университеты оставались такими же, какими они сформировались к началу XX в. – относительно небольшими, замкнутыми в себе, автономными от общества и правительства.

Общественное давление, политическая необходимость, вера в неограниченный рост ресурсов общества, вера в образова-

ние как в чудесное средство динамического решения социальных проблем привели к грандиозному спросу на высшее образование со стороны правительств.

С 1990-х годов и по настоящее время (пятый этап) развитие новых информационных систем позволяет говорить о формировании новых подходов к образованию, связанных с развитием сверхновых средств и возможностей доставки информации и связанными с этим технологиями.

Превращаются в реальность идеи создания интерактивного университета с использованием современных технологий, который смог бы способствовать дальнейшим изменениям в системе образования.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 19.02.14.

---

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

<i>Белова И.Ю., Минофьева Н.А.</i> Экономические аспекты выбора швейных ниток .....	5
<i>Ананичев Е.А., Архипов А.В., Пишко Н.В.</i> Оценка проектов при планировании технологических инноваций на предприятиях легкой промышленности .....	8
<i>Бушуева М.А., Бродовский М.А., Коровин Д.И., Масюк Н.Н.</i> Прогнозирование финансовых потоков в текстильном кластере на основе имитационного моделирования .....	12

**Материаловедение**

<i>Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н.</i> Исследование влияния СВЧ-излучения на показатели качества тканых полотен .....	17
<i>Мякишева О.А., Павлов С.В.</i> Оценка радиальной неровноты смешанности волокон в сечении хлопколавсаной пряжи .....	20
<i>Рымкевич О.В., Цобкалло Е.С., Москалюк О.А.</i> Исследование процесса термоусадки полиолефиновой модифицированной нити с эффектом памяти формы .....	23
<i>Лунькова С.В., Лысова М.А., Чистякова Н.Э., Гусев Б.Н.</i> Комплексная оценка чистоты текстильных нитей .....	27

**Первичная обработка. Сырье**

<i>Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л.</i> Анализ углового смещения свободных участков прядей льна при их перемещении в поле трепания .....	32
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

**Прядение**

<i>Куваева С.В., Зарубин В.М., Васенев Н.Ф.</i> Возможность применения трепально-очистительной машины ТОМ-Л2 в технологическом процессе производства медицинской льняной ваты .....	38
<i>Волков В.В.</i> Механическая модель кипы хлопка и математическая модель деформационного движения кипы .....	43
<i>Столяров А.А.</i> О натяжении пряжи в зоне "бегунок-паковка" для некоторых сочетаний типов колец и бегунков .....	48

**Ткачество**

<i>Панин А.И., Рыбаулина И.В., Николаев С.Д.</i> Исследование процесса сматывания групп нитей с мотальных паковок .....	52
<i>Кожеевникова Л.В., Авдусина А.В., Карева Т.Ю.</i> Прогнозирование возможности формирования ткани с разноурabayaющимися нитями основы .....	56
<i>Оников Э.А., Сумерина Д.В.</i> Расчетно-экспериментальный метод определения опорной поверхности ткани .....	59
<i>Кулида Н.А., Круглов А.В.</i> Определение плотности намотки по закономерности изменения длины нитей в слоях .....	63

**Отделка**

<i>Мищенко Е.В., Нестерова Л.А., Костына М.В.</i> Влияние "холодного" способа подготовки хлопчатобумажной ткани на качество крашения .....	67
<i>Демина Н.М., Цветкова К.П., Громков Б.К.</i> Изучение пропитываемости базальтовой нити при модификации замасливателя 4с смачивающими агентами .....	72
<i>Кузнецова Е.Э., Сафонов В.В.</i> Печатные композиции на основе полиуретановых связующих .....	74

<i>Торшин А.С., Третьякова А.Е., Сафонов В.В.</i> Применение наночастиц серебра в биоцидной отделке текстильных материалов .....	79
<i>Слепчук И., Кулиш И.Н., Сарибекова Д.Г.</i> Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки стиролакрилового полимера Lacrytex 640 .....	83

### **Трикотажное производство**

<i>Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А.</i> Использование нелинейной теории упругости для определения зависимости жесткости трикотажа при растяжении от его плотности, жесткости нитей и длины нити в петле .....	87
<i>Чагина Л.Л.</i> Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия .....	91
<i>Гаджиев Д.А.</i> Технологическое обеспечение метода определения числа петель при расчете трикотажных изделий .....	95

### **Швейное производство и дизайн**

<i>Селезнева А.В., Славинская А.Л.</i> Определение моделирующего эффекта женской фигуры, создаваемого корсетом, с учетом психофизиологического комфорта .....	102
<i>Шарафадина К.И.</i> Семиотика женского костюма первой трети XIX века в литературном отражении .....	106
<i>Рябова О.Н., Романова К.Е.</i> Художественный образ в дизайн-проектировании костюма .....	110

### **Текстильные машины и агрегаты**

<i>Пирогов Д.А., [Суров В.А.], Шляпугин Р.В., Селезнев С.В.</i> Динамическая модель зевообразовательного механизма металлотакающего станка и определение собственных параметров колебательного процесса .....	113
<i>Балабаев П.С.</i> Оптимизация передаточного отношения редуктора мотального механизма с накопителем материала .....	117
<i>Пустовой А.В., Корабельников А.Р., Шутова А.Г.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния многослойного композитного материала при его обработке в валковой паре .....	121
<i>Чистобородов Г.И., Капралов В.В., Никифорова Е.Н., Онищенко Д.А.</i> Прогнозирование поломок игл основовязальных рашель-машин .....	125

### **Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика**

<i>Кочетов Л.М., Тюрин М.П., Попов И.А.</i> Использование фильтров с плавающей загрузкой для очистки сточных вод .....	131
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### **Информационные технологии**

<i>Энтин В.Я., Кикин А.Б.</i> Численное моделирование процесса наматывания нити на бобину с целью ее вытягивания .....	137
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### **Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения**

<i>Гаврилова И.М.</i> Факторы, определяющие качество текстильного образования .....	142
<i>Шаломин О.А., Баженов С.М.</i> Особенности калибровки средств измерений оптических компьютерных методов определения показателей качества материалов и изделий легкой промышленности ...	145
<i>Королев П.В., Калинин Е.Н., Шилов М.А.</i> Визуализация процесса взаимодействия компонентов нанокompозита методами молекулярного моделирования .....	148
<i>Высокок М.И., Садыкова Д.М.</i> Развитие и совершенствование дистанционного обучения в высшей школе, влияние на уровень знаний студентов и зависимость рентабельности предприятий текстильной промышленности от компетентности специалистов .....	151

## CONTENTS

### Economics and Production Planning

<i>Belova I.Yu., Minofeva N.A.</i> Economic Aspects of a Choice of Sewing Threads .....	5
<i>Ananichev E.A., Arkhipov A.V., Pishko N.V.</i> Evaluation of Projects when Planning Technological and Innovations on Textile Enterprises .....	8
<i>Bushueva M.A., Brodovsky M.A., Korovin D.I., Masyuk N.N.</i> Prediction of Financial Decisions In Textile Clusters Based on Simulation .....	12

### Materials

<i>Biziuk A.N., Zhernosek S.V., Olshanskiy V.I., Yasinskaya N.N.</i> The Effect of Microwave Radiation on Physical and Mechanical Properties of Textile Materials .....	17
<i>Miakisheva O.A., Pavlov S.V.</i> Estimation of the Radial Uneven to Which the Fibers in the Cross-Section of Cotton and Polyester Yarn .....	20
<i>Rymkevich O.V., Tsobkallo E.S., Moskalyuk O.A.</i> The Research and Prognosis of Shrinking Process of the Modified Polyolefin Filament with the Shape Memory Effect .....	23
<i>Lunkova S.V., Lysova M.A., Chistyakova N.E., Gusev B.N.</i> Complex Estimation Purity of Textile Yarns .	27

### Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Orlov A.V., Boyko S.V., Pashin E.L.</i> Analysis of Angular Deviation of Flax Strands' Free Ends During their Movement through Scutching Area .....	32
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Spinning

<i>Kuvaeva S.V., Zarubin V.M., Vasenev N.F.</i> Possibility of Application of Scutcher-Cleaning Machine TOM-L2 in the Technological Production Process of Medical Linen Wool .....	38
<i>Volkov V.V.</i> The Mechanical Model of a Cotton Bale and the Mathematical Model of the Bale Deformational Movement .....	43
<i>Stolyarov A.A.</i> On the Tension of Yarn in the Zone "Slider-Packing" for Some Combinations of Types of Rings and Runners .....	48

### Weaving

<i>Panin A.I., Rybaulina I.V., Nikolaev S.D.</i> Research of Winder Yarn Group from Winding Packages .....	52
<i>Kozhevnikova L.V., Avdusina A.V., Kareva T.Yu.</i> Forecasting of Possibility of Formation of Fabric with the Threads of a Basis Having Different Size of Shrinkage .....	56
<i>Onikov E.A., Sumerina D.V.</i> The Experiment-Calculated Method Used to Evaluate Bearing Surface of Fabric .....	59
<i>Kulida N.A., Kruglov A.V.</i> Determination of Density Changes Laws on Winding Long Strands in Layers	63

### Finishing

<i>Mischenko E.V., Nesterova L.A., Kostyna M.V.</i> The Influence of "Cold" Method of Preparing of the Cotton Fabric for Quality Dyeing .....	67
<i>Demina N.M., Tsvetkova K.P., Gromkov B.K.</i> Researches of Penetrating Power of Basalt Yarn by Wetting Agents when Modifying Size 4S .....	72
<i>Kuznetsov E.E., Safonov V.V.</i> Printing Compositions on the Basis of Polyurethane Binding .....	74
<i>Torshin A.S., Tretyakova A.E., Safonov V.V.</i> Application of Silver Nanoparticles at the Biocidal Finishing of Textile Materials .....	79
<i>Slepchuk I., Kulish I.N., Saribekova D.G.</i> Study of Crosslinker's Influence on Three-Dimensional Network Characteristics of Styrene-Acrylic Polymer Lacrytex 640 .....	83

### Knitting

<i>Kudrjavin L.A., Beljaev O.F., Zavaruev V.A.</i> Use of Nonlinear Theory of Elasticity for Definition of Dependence of Rigidity of Jersey at Extension from its Density, Rigidity of Filaments and Length of the Filament the Loop .....	87
<i>Chagina L.L.</i> The Influence of Stockinet Properties on the Clothes Design Characteristics .....	91

<i>Hajiyev J.A.</i> Technological Maintenance of the Method of Definition of the Number of Loops at Calculation of the Knitted Products .....	95
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### **Sewing and Design**

<i>Selezneva A.V., Slavinskaya A.L.</i> Designing Effect of Woman's Figure, Created Corset, Consider Psikhofiziologic Comfort .....	102
<i>Sharafadina K.I.</i> Semiotics of the Female Suit of the First Third of the XIX Century in Literary Reflection .....	106
<i>Ryabova O.N., Romanova K.E.</i> Artistic Image in Design Costume .....	110

### **Textile Machines and Aggregates**

<i>Pirogov D.A., Surov V.A., Shlyapugin R.V., Seleznev S.V.</i> Dynamic Models of Shedding Mechanism in Metal-Weaving Machine and Determination of Oscillatory Process Parameters .....	113
<i>Balabaev P.S.</i> Optimization of Gear Ratios Winding Mechanism Drive Material .....	117
<i>Pustovoy A.V., Korabelnikov A.R., Shutova A.G.</i> Analysis of the Stress-Strain State of Laminated Composite Material during Processing in Roller Pair, with Different Ratios of the Angular Velocities of Shafts ...	121
<i>Chistoborodov G.I., Kapralov V.V., Nikiforova E.N., Onipchenko D.A.</i> Prediction of Needle Brakages in Rachel Machines .....	125

### **Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering**

<i>Kochetov L.M., Tyurin M.P., Popov I.A.</i> Using Filters with Floating Sewage Treatment .....	131
--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### **Information Technologies**

<i>Entin V.Ya., Kikin A.B.</i> Numerical Simulation of the Thread Winding on a Bobbin with a View to Stretching	137
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### **Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items**

<i>Gavrilova I.M.</i> The Factors Defining Quality Textile Education .....	142
<i>Shalomin O.A., Bazhenov S.M.</i> Features Calibration of Measuring Optical Computer Methods for the Determination of Quality Materials and Light Industry .....	145
<i>Korolyov P.V., Kalinin E.N., Shilov M.A.</i> Visualization Process of the Interaction Nanocomposite Components using Molecular Modeling .....	148
<i>Vysokos M.I., Sadykova D.M.</i> Development and Improvement of Distance Learning in Higher Education, the Effect on the Level of Knowledge of Students and Dependence Profitable Enterprises Textile Industry of Competence of Specialists .....	151

**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. Г.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 Текстильного института ИВГПУ. В список литературы, помещаемый в конце статьи, включаются только опубликованные работы, на которые имеются ссылки в статье. Данный список следует оформлять по примеру списков литературы в конце статей, публикуемых в журнале.

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13х18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без гляцевания) формата не менее 9х12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, адрес электронной почты (E-mail). Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) 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