

Федеральное агентство по образованию

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 3С (302)  
2007**

Издание Ивановской государственной текстильной академии

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

Заместители главного редактора: *Н.М. АШНИН, Ф.Ф. БЕЗДУДНЫЙ, М.Н. ГЕРАСИМОВ, Б.Н. ГУСЕВ, В.В. ИСАЕВ, К.И. КОБРАКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, В.Л. МАХОВЕР, А.К. РАСТОРГУЕВ, Б.С. САЖИН, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ.*

Члены редколлегии: *В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, В.Н. БЛИНИЧЕВ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.М. ЗАРУБИН, Е.Н. КАЛИНИН, С.М. КИРЮХИН, А.М. КИСЕЛЕВ, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Г.К. КУЗНЕЦОВ, Н.В. ЛУСТГАРТЕН, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, А.Н. МОГИЛЬНЫЙ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Г. РЕПИН, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Н.А. СМИРНОВА, А.П. СОРКИН, Б.Б. СТРОГАНОВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.П. ЩЕРБАКОВ, С.С. ЮХИН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21.*

*Тел.: (4932) 35-78-87. Факс: (4932) 41-50-88.*

*E-mail: [ttp@igta.ru](mailto:ttp@igta.ru)*

*<http://www.igta.ru>*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.07.2007. Подписано в печать 01.08.2007. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 18,13 усл.-печ. л.; 18,38 усл. кр.-отт. Заказ 4091.

Тираж 450 экз.

---

ОАО "Ивановская областная типография"  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.  
E-mail: 091-018@rambler.ru

УДК 658.8:677

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ БЮДЖЕТА  
НА ПРОДВИЖЕНИЕ ТОВАРА ПРИ СТЕПЕННОЙ  
И ВЕЙБУЛЛОВСКОЙ ФУНКЦИЯХ РОСТА ПРОДАЖ**

*А.Е. ПАНКРАТОВ, Н.С. ИВАЩЕНКО*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Рыночная экономика диктует предприятиям легкой и текстильной промышленности свои условия выживания. Российский производитель должен постоянно развиваться и иметь конкурентные преимущества. Встает вопрос, чем можно составить высокую конкуренцию обгоняющих по ценовой политике – азиатским производителям и качеству – европейским. Из возможных составляющих 4p-promotion (продвижение) является той составляющей, на которую неосознанно российские предприятия обращают меньше всего внимания. А ведь именно этот элемент способен в значительной мере упрочить конкурентное положение и создать предпосылки для развития марки/фирмы/товара.

Вопрос упирается в размер бюджета на продвижение. В условиях нехватки денежных средств на предприятиях лишние затраты ни к чему, и часто выгодные проекты по продвижению откладываются в дальний ящик. Существуют наработки в области уменьшения затрат и увеличения отдачи от вложений в продвижение.

На наш взгляд, применение степенной функции и не использовавшейся до этого функции вейбулловского типа позволит при различных условиях наиболее точным образом оптимизировать промоушн-акции и добиться интереса руководителей и марке-

тологов российских предприятий к бюджетированию данного сегмента.

Недостаток модели степенной зависимости объема продаж заключается в том, что при коэффициенте эластичности спроса по затратам на промоушн, большим единицы, значение оптимального бюджета нельзя определить в силу монотонного возрастания объема продаж в зависимости от затрат. Как правило, объем продаж с возрастанием затрат на продвижение спускается к какому-то пределу  $N_{max}$  (рис.1 – зависимость объема продаж от затрат на рекламу).

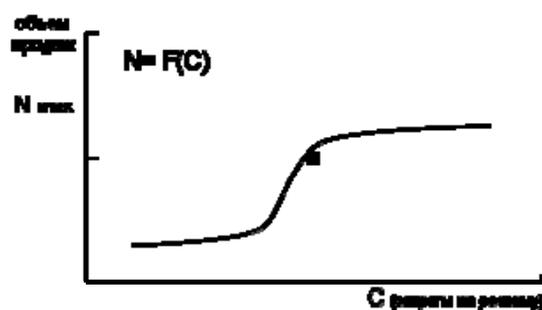


Рис. 1

$$N = F(C), \quad \lim_{C \rightarrow \infty} N = N_{max}.$$

Если нормировать данную функцию  $F(C)$  путем деления на  $N_{max}$ , то получим функцию

$$d = \frac{N}{N_{\max}} = f(c),$$

график которой представлен на рис. 2 (зависимость роста объема продаж (в долях от максимального значения) от затрат на рекламу).

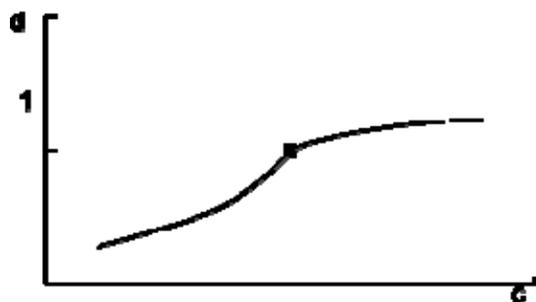


Рис. 2

Функцию  $d = f(c)$  будем искать в виде:

$$f(c) = 1 - pe^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha}, \quad (1)$$

$b > 0, \alpha > 0, p > 0.$

Так как  $f(0) = d_0$ , поэтому имеем:

$$f(0) = d_0 - pe^{-0} = 1 - p,$$

амплитуда  $p = 1 - d_0$ .

Тогда функция (1) будет иметь вид:

$$d = 1 - (1 - d_0)e^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha}. \quad (2)$$

Данная функция используется в теории вероятности и называется функцией Вейбулла. Преобразовав (2), будем иметь:

$$\frac{1-d}{1-d_0} = e^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha}. \quad (3)$$

Осуществляя двойное логарифмирование, получаем:

$$\ln\left(\frac{1-d}{1-d_0}\right) = -\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha,$$

$$-\ln\left(\frac{1-d}{1-d_0}\right) = \left(\frac{c}{b}\right)^\alpha, \quad (4)$$

$$\ln\left[\ln\frac{1-d_0}{1-d}\right] = \alpha \ln c - \alpha \ln b.$$

Если обозначить

$$y = \ln\ln\left[\frac{1-d_0}{1-d}\right], \quad \ln c = x, \quad -\alpha \ln b = t,$$

то будем иметь линейную функцию:

$$y = ax + b, \quad (5)$$

параметры  $\alpha$  и  $t$  которой сложно определить по методу наименьших квадратов.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1 (данные для расчета коэффициентов  $\alpha$ ,  $t$ ,  $b$ ,  $\alpha$ ) в функцию роста продаж вейбулловского типа).

Таблица 1

Номер наблюдения	$\ln c$	$c$	$d$	$\frac{1-d_0}{1-d} = \frac{0,9}{1-d}$	$\ln\ln\left[\frac{1-d_0}{1-d}\right]$	$\ln\ln\left[\frac{1-d_0}{1-d}\right] \times \ln c$	$(\ln c)^2$
1	50	3,912	0,14	1,0465	-3,0907	-12,0908	15,3037
2	70	4,2485	0,24	1,1842	-1,7774	-7,5513	18,0497
3	100	4,6052	0,28	1,2500	-1,4999	-6,9073	21,2079
4	120	4,7675	0,34	1,3636	-1,1707	-5,6047	22,9202
5	140	4,9416	0,50	1,8000	-0,5314	-2,6260	24,4194
6	160	5,0752	0,70	3,0000	-0,0940	0,4771	25,7576
7	180	5,1930	0,84	5,6250	0,5465	2,8380	26,9672
8	200	5,2983	0,90	9,0000	0,7872	4,1708	28,0720
		38,0613			-6,6424	-27,2942	182,6977

Имеем:

$$\alpha = \frac{8(-27,2942) - (38,0613)(-6,6424)}{8 \cdot 182,6977 - 38,0613^2} = 2,668,$$

$$-2,668 \ln b = -\frac{6,6424}{8} - 2,668 \frac{38,0613}{8} = -13,5236,$$

$$\ln b = 5,0688,$$

$$b = 158,98 \approx 159.$$

Функция вейбулловского типа объема роста продаж по данным табл. 1 имеет вид:

$$d = 1 - 0,9e^{-\left(\frac{c}{159}\right)^{2,668}}, \quad (6)$$

$$N = dN_{\max} = d \cdot 5000. \quad (7)$$

$$\Pi = (\Pi_1 - 3_{\text{ПЕР}})N - C - 3_{\text{ПОСТ}} = (\Pi_1 - 3_{\text{ПЕР}})N_{\max} \left[1 - (1 - d_0)e^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha}\right] - C - 3_{\text{ПОСТ}}, \quad \text{иии (7)}$$

$$\frac{d\Pi}{dc} = (\Pi_1 - 3_{\text{ПЕР}})N_{\max} (1 - d_0)e^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha} \left(\frac{c}{b}\right)^{\alpha-1} \frac{1}{b} - 1 = 0.$$

Уравнение (7) можно записать в виде:

$$e^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha} \left(\frac{c}{b}\right)^{\alpha-1} = \frac{b}{(y_1 - 3_{\text{ПЕР}})N_{\max} (1 - d_0)}. \quad (8)$$

Уравнения (7) и (8) можно решить методом последовательных приближений.

Пример. Пусть  $N_{\max} = 5000$  ед;  $b = 160$ ;  $\alpha = 2,6$ ;  $\Pi_1 = 180$  руб./ед.;  $3_{\text{ПЕР}} = 80$  руб./ед.;  $d_0 = 0,1$ .

Средняя разность расчетных данных от фактических значений не превышает 15%. Коэффициенты  $\alpha$  и  $b$  смогут быть получены номографическим методом.

Прямая пересекает ось  $y$  в точке  $-13,4$ ;  $\alpha = \text{tg } \psi = 2,6$ .

$$\ln b = \frac{13,4}{2,6} = 5,15; \quad b = 172.$$

Погрешность номографических расчетов от значений параметров  $b$  и  $\alpha$ , получаемых по методу наименьших квадратов, не превышает 8%.

Оптимальное значение рекламного бюджета будет определяться из соотношения (7):

Функция роста продаж имеет вид:

$$N = dN_{\max} = N_{\max} \left[1 - 0,9e^{-\left(\frac{c}{160}\right)^{2,6}}\right],$$

что соответствует данным рис.1. Решение уравнения (8) методом последовательных приближений дает  $C = 336$  тыс. руб.

В соответствии с изложенным выше предложением следуют рекомендации по применению экономико-математических моделей в планировании рекламного бюджета, представленные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Оценка коэффициента эластичности спроса по рекламе	Наименование ЭММ	Формула функции спроса от затрат на рекламу
$0 < \alpha \leq 1$	Степенная функция	$N = N_0 + bc^\alpha$ $d = d_0 + bc^\alpha$
$\alpha > 1$	Функция вейбулловского типа	$d = 1 - (1 - d_0)e^{-\left(\frac{c}{b}\right)^\alpha}$ $N = dN_{\max}$

Здесь  $N$  – объем продаж в натуральном выражении;  $N_0$  – объем продаж без затрат

на рекламу и продвижение товара;  $C$  – затраты на рекламу (тыс. руб.);  $d$  – доля объ-

ема продаж от максимально возможного их значения;  $b$  и  $\alpha$  – постоянные коэффициенты.

## ВЫВОДЫ

Предложено и обосновано применение математических моделей роста продаж в зависимости от затрат на рекламу и продвижение товара в виде степенной функции при коэффициенте эластичности спроса на элементы промоушена от 0 до 1 и вейбулловского типа при коэффициенте более 1. Применяв данный метод в практической деятельности, работник маркетингового отдела сможет более точно просчитать эффективность своих действий, чем повысит общую конкурентоспособность компании.

УДК 677.05(470+571):001.895

## К ВОПРОСУ ТИПОЛОГИИ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ, СПОСОБСТВУЮЩИХ РАЗВИТИЮ ТЕКСТИЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ РОССИИ

*А.Л. ЛЕБЕДЕВ, О.Н. ЗОТИКОВА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Радикальные социально-экономические преобразования в России связаны с регулированием инновационных процессов на всех управленческих уровнях, со структурной трансформацией образования, науки и промышленности, в частности, текстильного машиностроения. При разработке стратегических планов, включая выбор оптимальных инновационных решений, необходимо учитывать современные тенденции в обеспечении промышленности как всеми видами необходимых ресурсов, так и теоретико-методологическими положениями. Актуальным для научно-технического прогресса в стране является переход воспроизводства на инновационный тип, способный сочетать маркетинговую, промышленную, инновационную, инвестиционную и финансовую политику. Такой переход предполагает формирование механизма взаимосвязи элементов инновационной системы с развитой структурой

"вертикали инновационного развития". Эти системы должны строиться на принципах четкого определения инновационной структуры, состава и объема ее элементов, разграничения прав, обязанностей при администрировании каждого уровня этой структуры и меры ответственности руководителей за реализацию принимаемых решений.

В отдельных публикациях рассматриваются разные инновационные системы и аспекты проблем формирования элементов их иерархических структур [1...7]. Анализ показал, что инновационные системы отличаются многообразием функций и задач, подлежащих решению на различных уровнях организации инновационного процесса. Своевременно создание целостных представлений об инновационных системах, их структуре и механизмах управления как необходимого условия развития отечественной экономики. Типология ин-

## ЛИТЕРАТУРА

1. Джугенхаймер Д.У., Гордон И.У., Уайт И. Основы рекламного дела // Пер. с англ. Б. Косенкова // Самара, 2001.
2. Петров Л.В. Массовая коммуникация и культура. – СПб.: ГУКИ, 1999.
3. Джон Р. Росситер, Ларри Перси. Реклама и продвижение товаров. Пер. с англ. / Под ред. Л.А. Волоковой. – СПб: Питер, 2001.
4. Уткин Э.А. Кочеткова А.И. Рекламное дело. – М.: Ассоциация авторов и издателей "ТАНДЕМ". Изд-во "ЭКМОС", 2001.
5. Староверова О.В. Влияние рекламы на реализацию продукции // Социол. исслед. – 1994.
6. Хруцкий В.Е., Корнеева И.В. Современный маркетинг. – М.: Финансы и статистика, 2002.

Рекомендована кафедрой менеджмента и организации производства. Поступила 25.12.06.

новационных систем позволяет их разделить и систематизировать по критериям обобщенной модели, дифференцированного состояния и области практического использования.

В табл. 1 приводится типология существующих инновационных систем в каче-

стве первого шага при решении задачи структурной организации инновационной системы, способствующей развитию текстильного машиностроения. При этом в систематизированном виде даны представления о составе и функциях инновационных систем (ИС) различного уровня.

Т а б л и ц а 1

Тип ИС	Состав ИС	Функции ИС
Федеральная (отечественная, национальная) ФИС (ОНС, НИС)	Система органов управления (министерства, службы, агентства); Торгово-промышленная палата РФ, федеральные общественные объединения и ассоциации, венчурный инновационный фонд РФ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организация и координация деятельности входящих в ее состав органов с целью выработки концепции стратегий инновационного развития страны на различные периоды;</li> <li>– управление инновационными процессами федерального значения; обеспечение финансирования инновационных процессов федерального значения;</li> <li>– разработка комплекса мер, стимулирующих инновационные процессы мезоуровня и корпоративного уровня;</li> <li>– мониторинг и контроль протекания инновационных процессов всех уровней</li> </ul>
Региональная (территориальная) РИС (ТИС)	Региональные, территориальные органы управления (министерства, департаменты – науки и техники, образования, финансов), наукограды, технопарки, центры трансфера технологий, инновационно-технологические и учебно-научные инновационные комплексы, информационные центры, научно-технические центры коллективного пользования, региональные выставки, венчурные фонды	<ul style="list-style-type: none"> <li>– управление инновационным потенциалом территории с учетом размещения и использования природных ресурсов;</li> <li>– определение ключевых направлений инновационного развития территории;</li> <li>– формирование инновационной инфраструктуры;</li> <li>– формирование сетевых (межотраслевых) инновационных структур</li> <li>– финансовая и информационная поддержка инновационной деятельности;</li> <li>– обеспечение многоканального финансирования</li> </ul>
Отраслевая (ОТИС)	Инновационно-ориентированные кластеры на основе вертикально-интегрированных сопряженных производств; инновационные корпорации на основе комплекса малых и средних научных и инновационных фирм; отраслевые венчурные фонды; отраслевые лизинговые фирмы; информационно-маркетинговые центры; межтерриториальные и межотраслевые пространственно-распространенные кластеры; межотраслевые научно-производственно-финансовые структуры; информационная телекоммуникационная система	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение направления инновационного развития отрасли; осуществление отраслевого планирования;</li> <li>– организация тендерной системы отбора конструкторских, технологических и продуктовых инновационных проектов;</li> <li>– финансовая и информационная поддержка отраслевых инновационных проектов;</li> <li>– организация деятельности межрегиональных и межотраслевых структур</li> </ul>
Инновационная система предприятия (ИСП)	<p>Центры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– информационно-аналитический;</li> <li>– производственно-технологический;</li> <li>– финансово-экономический;</li> <li>– маркетинга и мониторинга.</li> </ul> <p>Службы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– технического и материального обеспечения;</li> <li>– проектно-конструкторского обоснования;</li> <li>– экологии и проблем безопасности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение основных параметров инновационного проекта;</li> <li>– анализ возможных вариантов и выбор технического (конструкторского, технологического) решения;</li> <li>– анализ рынка сбыта продукции и сырьевого обеспечения;</li> <li>– предварительная оценка эффективности инновационного проекта</li> <li>– разработка бизнес-плана и ТЭО;</li> <li>– контроль хода выполнения проекта;</li> <li>– мониторинг выполненных проектов, оценка их результативности</li> </ul>

Понятие "национальная инновационная система (НИС)" трактуется [1, с.7] как совокупность взаимосвязанных организаций (структур), занятых производством и коммерческой реализацией научных знаний и технологий в пределах национальных границ. Основная часть НИС, как правило, характеризуется как совокупность предприятий и организаций, деятельность которых направлена на генерирование и диффузию инноваций [3]. Это относится непосредственно к научно-производственной деятельности и включает, в частности, инновационно-активные предприятия, университеты, гослаборатории, технопарки и инкубаторы [1, с.7]. Кроме того, выделяют часть НИС [1...4], представляющей собой комплекс институтов правового, финансового и социального характера, и также объекты инновационной инфраструктуры, обеспечивающие инновационные процессы.

Важнейшая роль в комплексе, образуемом инновационными системами различного уровня должна принадлежать федеральной инновационной системе. Входящие в ее состав государственные органы управления призваны определять не только стратегические направления инновационного развития экономики, но и тактику действий, обеспечивающих реализацию на относительно коротком временном интервале наиболее крупных инновационных проектов, имеющих общегосударственное значение. При этом важно решение задач государственной поддержки фундаментальных научных исследований и производства новых знаний, разработки нормативно-правовой базы и системы экономических преференций для представителей частного капитала, инициатирующих инновационный процесс. Формирование общенациональной составляющей инновационной системы должно сопровождаться расширением и повышением уровня информационного обеспечения не только как инструмента оперативного и наиболее действенного контроля, но и как основы для выбора наиболее эффективно развивающихся направлений инновационной деятельности.

В иерархии инновационных систем соответствующая роль должна отводиться региональным (территориальным) инновационным системам (РИС, ТИС). Так, именно на региональном уровне наукограда, технопарки, центры трансфера технологий, инновационно-технологические и учебно-научные комплексы, информационные центры, научно-технические центры коллективного пользования призваны решать конкретные задачи инновационного развития. Это должно базироваться не только на максимальном комплексном использовании имеющихся в регионе природных ресурсов, возможностях создания и управления инновационной инфраструктурой, но и на укреплении деловых межотраслевых и корпоративных связей.

Важная роль в РИС (ТИС) должна принадлежать центрам генерирования научных и технологических знаний – высшим учебным заведениям и научно-исследовательским институтам. Принципиальным направлением повышения эффективности инновационной деятельности таких структур в современных условиях является объединение усилий педагогических, научных, проектно-конструкторских и технологических кадров.

Функционирование РИС (ТИС) не может быть эффективным без мобилизации на финансирование инновационных проектов финансовых ресурсов как из местного (муниципального) бюджета, так и за счет активного вовлечения в инновационный процесс инвестиций частного капитала. Одной из главных составляющих РИС (ТИС) является сбор и обмен информацией между участниками инновационного процесса. Наличие в РИС (ТИС) такой информационной базы данных должно на межотраслевом уровне обеспечить оперативное решение задач, выдвигаемых участниками инновационного процесса.

Основой отраслевых инновационных систем (ОТИС) являются комплексы организаций различного уровня и различных форм собственности, объединенные в технологические и/или продуктовые цепочки. Подобное объединение в кластер на основе вертикально интегрированных сопряжен-

ных производств обеспечивает контроль качества продукции по переходам, дисциплину исполнения заданий инновационного проекта по срокам и объемам. Необходимость ориентации на создание конкурентоспособной продукции обуславливает включение в ОТИС информационно-маркетинговых центров, задачей которых является не только анализ рынка и выявление перспективных идей, научных и технологических разработок, но и активная реклама и продвижение инновационных продуктов.

Деятельность входящих в ОТИС предприятий и организаций должна обеспечить практическую реализацию инновационных проектов или их составных частей. Это, в свою очередь, может быть достигнуто путем создания инновационной системы предприятия (ИСП). Разветвленная структура ИСП позволяет упорядочить задачи и направления работ отдельных подразделений, в частности, по разработке и реализации инновационного проекта (анализ вариантов, оценка потенциальной эффективности и т.д.), по проблемам обеспечения безопасных условий труда, по рациональному использованию сырья и переработки отходов производства, по защите окружающей среды. Основным критерием эффективности функционирования ИСП является экономический результат инноваций – создание конкурентоспособной продукции.

Приведенные в табл. 1 данные о типе ИС, их составе и основных функциях позволяют рассматривать предложенную типологию как обобщающую характеристику существующих ИС.

Для каждого типа ИС, формируемых на уровнях национальных государств, отраслей экономики, корпораций и предприятий (компаний, фирм), характерно то, что наука рассматривается как органический элемент инновационных процессов и потенциала экономического роста отраслей

промышленности, включая машиностроение.

## ВЫВОДЫ

Предложена в обобщенном виде типология инновационных систем различного уровня, позволяющая выявлять критерии оценки эффективности их структурной организации.

Без типологических представлений, учитывающих особенности и взаимосвязи отдельных элементов ИС, трудно разрабатывать инновационные стратегии, тактику дальнейшего поступательного движения секторов экономики, планы для решения ключевых технических, экономических и социальных задач, а также создавать региональные фонды поддержки инновационных предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванова Н.И.* Национальные инновационные системы. – М.: Наука, 2002.
2. Инновационный путь развития для новой России /Отв. ред. В.П. Горегляд; Центр социально-экономических проблем федерализма Института экономики РАН. – М.: Наука, 2005.
3. *Васин В.А., Миндели Л.Э.* Национальная инновационная система: предпосылки и механизмы функционирования. – М.: ЦИСН, 2002. С.11...12.
4. Инновационная экономика. – 2-е изд. – М.: Наука, 2004. С. 6.
5. *Близнец И.* Проблемы формирования оптимальной системы управления инновационным развитием страны // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. – 2006, № 11. С.4...10.
6. *Купцова Е.* Некоторые проблемы инновационного развития // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. – 2005, № 12. С.17...23.
7. *Попова Е.* Меры по стимулированию инновационного развития России// Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. – 2006, № 10. С.4...12.

Рекомендована кафедрой менеджмента и организации производства. Поступила 25.12.06.

## СТРАТЕГИИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРОДУКЦИИ И ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*А.А. ШАХОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Анализ деятельности российских текстильных и швейных предприятий в 2001...2006 гг. показал, что на протяжении последних лет на текстильных и швейных предприятиях России происходило неуклонное снижение объемов производства, которое было связано, в основном, со снижением конкурентоспособности отечественных товаров и потребительского спроса на них и вытеснением отечественной продукции на внутреннем рынке "теневым" производством и неучтенным "серым" импортом.

Основными факторами, оказывающими негативное влияние на развитие текстильного и швейного производства на рассматриваемом этапе, стали низкое качество исходного сырья (льноволокна, шерсти, синтетических волокон и нитей), отсутствие новых видов сырья – химических волокон и красителей, а также современного технологического оборудования.

Снижение спроса на продукцию и крайне неблагоприятная конъюнктура рынка в 2001...2005 гг. стали причиной существенной недозагрузки производственных мощностей текстильных и швейных предприятий.

По данным Минпромэнерго России в целом по итогам 2006 г. в текстильном и швейном производствах рост выпуска продукции составил 107,3 %.

В 2006 г. несколько улучшилось финансовое состояние предприятий, выпускающих текстильную и швейную продукцию: за 9 месяцев 2006 г. их сальдированная прибыль составила 1052,7 млн. руб., что более чем в два раза больше, чем за соответствующий период 2005 г. На 1 октября 2006 г. доля убыточных предприятий

составила в текстильном и швейном производствах 38,5 %.

Однако уровень загрузки производственных мощностей в текстильном и швейном производствах по итогам 2006 г. оказался самым низким в России – 47 %. Рентабельность проданных товаров за указанный период составила в текстильном и швейном производствах 3%; при этом уровень оплаты труда в этих производствах в 2,1 раза ниже средней заработной платы в обрабатывающих отраслях промышленности.

В течение всего 2006 г. продолжился рост импорта текстильной и швейной продукции на российский рынок. За 11 месяцев 2006 г. было ввезено одежды на 1,53 млрд. дол. (174,4 %), в том числе из стран дальнего зарубежья – 1,28 млрд. дол. (185%).

Таким образом, из приведенной информации, с одной стороны, видно, что российское текстильное и швейное производства имеют реальный потенциал для увеличения выпуска продукции, но, с другой стороны, сегодня вследствие объективных причин они не могут конкурировать с иностранными производителями.

В связи с наличием на внутреннем рынке импортных товаров, поставляемых в Россию по демпинговым ценам, отечественным предпринимателям приходится снижать издержки за счет низких зарплат; сокращения затрат на технологические инновации, снижения инвестиций в основной капитал. Снижение производственного потенциала приводит к сохранению технологической отсталости российских предприятий и снижению качества их продукции, что напрямую сказывается на объемах продаж: оценка потребительского потен-

циала России показывает, что 60 % покупателей отдадут предпочтения по принципу соблюдения баланса "цена-качество".

Для текстильных и швейных предприятий ключевым фактором успеха в конкурентной борьбе (то есть фактором, который определяет конкурентные возможности фирмы, непосредственно влияющие на ее прибыльность) является низкий уровень производственных затрат, который дает возможность предприятию устанавливать привлекательные цены и получать прибыль, а также разнообразие выпускаемой предприятием продукции, позволяющее повышать и поддерживать потребительский спрос. Стратегии дифференциации продукции и диверсификации производства способствуют достижению обеих целей. Так, с одной стороны, данные стратегии способствуют возникновению положительного эффекта масштаба, связанного с максимальным объемом выпуска одного продукта в случае дифференциации продукции или максимальным товарным многообразием при диверсификации производства. С другой стороны, обе стратегии связаны либо с расширением ассортимента (при дифференциации продукции), либо с увеличением числа ассортиментных групп (при диверсификации производства).

На сегодняшний день отечественным предприятиям приходится конкурировать как между собой, так и с превосходящими по силам иностранными производителями. Во многих отраслях зарубежные предприятия намного крупнее российских, имеют неизмеримо лучшую финансово-инвестиционную базу, используют современную технику, новые технологии. Все эти преимущества особенно проявляются в сфере стандартных, недифференцированных товаров: промышленного оборудования, бытовой техники, одежды, обуви и т.д. В таких сложных условиях функционирования предприятие должно выбрать наиболее эффективную стратегию развития, которая позволит ему своевременно и адекватно реагировать на изменения различных социально-экономических факторов внешней среды.

Процессы дифференциации продуктов и диверсификации производства являются неизбежными для эффективной адаптации российских предприятий к современным условиям хозяйствования.

При неценовой конкуренции, в основе которой лежит дифференциация продукта, отечественные фирмы могут лучше адаптироваться к рыночным условиям. Этому способствуют многие факторы: создание новых потребительских свойств продукции, более полное соответствие ее конкретным потребностям, улучшение качества и т.д.

Дифференциация продукции, увеличение ассортимента товаров позволяют расширять производство, достигать оптимальных его масштабов и получать в значительных объемах экономическую прибыль, которая служит новым финансовым источником.

Диверсификация производства заключается в увеличении числа ассортиментных групп продукции, производимых предприятием, что приводит (при условии правильного выбора параметров диверсификации) к таким положительным тенденциям, как более полная загрузка производственной мощности предприятия и сохранение его производственного потенциала, многоцелевое совместное использование производственной мощности предприятия; оптимизация использования материальных и нематериальных ресурсов; расширение доли рынка, завоевание новых рынков; получение синергетического эффекта; экономия от увеличения масштабов деятельности; сокращение риска экономической деятельности предприятия посредством его распределения между различными проектами с существенно различающимися факторами риска; увеличение финансовой устойчивости предприятия; сохранение рабочих кадров и создание новых рабочих мест. Одним из основных достоинств стратегии диверсификации производства является повышение способности предприятия противостоять колебаниям конъюнктуры рынка.

Внедрение процессов дифференциации продукции и диверсификации производст-

ва в отечественном производстве происходит достаточно давно, однако ряд основополагающих вопросов, связанных с ними, остается пока не изученным.

Одной из основных проблем, снижающих эффективность рыночных механизмов дифференциации продукции и диверсификации производства, является боязнь руководства предприятия увеличивать объем производства продукции до такого уровня, который бы обеспечил получение предприятием экономии от увеличения масштабов деятельности. В реальности это может проявляться в неполной загруженности имеющихся производственных мощностей. Таким образом, актуальной проблемой развития предприятия является разработка методики, которая позволит принять экономически обоснованное ре-

шение о целесообразности увеличения объема производства предприятия и наиболее оптимальном способе такого развития.

При этом необходимо отметить, что наиболее перспективным направлением развития предприятия является комбинирование стратегий диверсификации производства и дифференциации продукции, что подтвердил опыт российских предприятий военно-промышленного комплекса, осуществлявших масштабную диверсификацию своей деятельности в девяностых годах двадцатого века.

Рекомендована кафедрой экономики. Поступила 25.12.06.

УДК 657.24

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*О.И. САГАН, Г.П. ЕРМАКОВ*

**(Дмитровградский институт технологии, управления и дизайна (филиал)  
Ульяновского государственного технического университета,  
Дмитровградский технологический институт)**

Анализ научных публикаций по проблемам развития текстильной промышленности России за последние шестнадцать лет показывает, что кризисное состояние, в котором она находится, является результатом чего угодно, но только не снижением уровня производительности труда работников текстильных предприятий. Однако очевидно, что именно рост производительности труда основных рабочих может кардинально изменить сложившуюся в отрасли ситуацию. В настоящее время на предприятиях текстильной промышленности отсутствует не только система, а даже элементы системы управления производительностью труда этой категории работающих. Ключевым элементом такой системы должна стать подсистема управления факторами роста производительности труда.

Процесс управления производительностью труда основных рабочих предприятия в этой системе схематично может включать следующие этапы:

- выбор показателя, характеризующего производительность труда;
- формирование системы факторов, влияющих на производительность труда основных рабочих;
- построение однофакторных моделей зависимости производительности труда;
- выбор моделей, адекватных реальным условиям производства;
- построение многофакторных моделей производительности труда;
- расчет ожидаемой производительности труда по выбранной модели при существующем и скорректированном состоянии факторов;

– составление плана производительности труда основных рабочих.

В работе представлены фрагменты реализации вышеприведенной схемы процесса управления производительностью труда основных работниц коврового производства фирмы "Номатекс", расположенной в Ульяновской области.

Выборочная совокупность составляет 56 работниц. Период наблюдения: 1991...2006 гг. Уровень производительности труда характеризуется процентом выполнения нормы выработки. В качестве факторов, влияющих на производитель-

ность труда работниц выбраны: возраст ( $x_1$ ), общий стаж работы ( $x_2$ ), стаж работы по специальности ( $x_3$ ), уровень образования ( $x_4$ ), семейное положение ( $x_5$ ), жилищные условия ( $x_6$ ), продолжительность вынужденного административного отпуска ( $x_7$ ), количество дней задержки выплаты заработной платы ( $x_8$ ).

Для количественной оценки таких качественных факторов, как "Уровень образования", "Семейное положение и "Жилищные условия", сформирована бальная система, которая представлена в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Оценка, балл	Факторы		
	$x_4$	$x_5$	$x_6$
1	ПТУ	Снимает жилплощадь	Незамужем, не имеет детей
2	Среднее общее	Общежитие	Замужем, не имеет детей
3	Среднее профессиональное	Проживает с родителями	Замужем, имеет одного ребенка
4	Незаконченное высшее	Имеет собственный дом	Замужем, имеет двух и более детей
5	Высшее	Имеет квартиру	Незамужем, имеет детей

По результатам обработки статистической информации построено 645 статических однофакторных линейных и нелинейных моделей производительности труда основных работниц коврового производства предприятия. На основе этих моделей получено 45 статических многофакторных моделей, отражающих зависимость произ-

водительности труда основных работниц коврового производства фирмы от вышеперечисленных факторов. Для проведения сравнительного анализа и выбора адекватной модели приведем три модели производительности труда работниц.

Линейная модель:

$$Y_x = 98,6 + 0,267 x_1 - 0,023 x_2 - 0,285 x_3 + 0,064 x_4 + 0,400 x_5 + 0,048 x_6 - 0,354 x_7 + 0,017 x_8, \quad (1)$$

Модель, нелинейная по объясняющим переменным:

$$Y_x = 88,1 + 0,952 x_1 - 0,103 x_2 - 0,509 x_3 + 0,043 x_4 + 0,176 x_5 + 0,228 x_6 - 0,218 x_7 + 0,038 x_8 - 0,0124 x_1^2 + 0,0034 x_2^2 + 0,006 x_3^2 + 0,00046 x_4^2 + 0,0268 x_5^2 - 0,0156 x_6^2 - 0,0015 x_7^2 + 0,00065 x_8^2, \quad (2)$$

Модель, нелинейная по оцениваемому параметру:

$$Y_x = 103,4 + 0,0033 x_1^2 + 0,0027 x_2^2 + 0,0041 x_3^2 + 0,193 x_4 + 0,414 x_5 + 0,47 \ln x_6 - 0,176 x_7 + 3,392 \frac{1}{x_8}. \quad (3)$$

Адекватность построенных моделей оценивалась по трем критериям: относительной ошибке аппроксимации, множественному коэффициенту (индексу) детер-

минации, F-критерию Фишера. Модель считается адекватной реальным условиям, если относительная ошибка аппроксимации не превышает 8...10%, множественный

коэффициент (индекс) детерминации приближается к единице, а табулированное значение F-критерия Фишера при числе степеней свободы  $v_1=9$ ,  $v_2=47$  и уровне значимости  $\alpha=0,05$   $F_{табл}=2,1198$ .

В табл. 2 приведены численные значения критериев оценки адекватности построенных моделей реальным условиям.

Т а б л и ц а 2

Номер модели	Средняя ошибка аппроксимации, %	Коэффициент (индекс) детерминации	F-критерий Фишера
1	0,233	0,970	628,6
2	0,152	0,986	633,5
3	0,102	0,994	643,8

Исходя из данных табл. 2 в качестве базовой модели для прогнозирования и планирования производительности труда основных работниц коврового производства предприятия была использована модель №3.

Высшему менеджменту ОАО "Номатекс" был предложен многовариантный прогноз выполнения нормы выработки основными работницами. Так, прогнозируемый процент выполнения нормы выработки работницей №16 составит  $Y_{x_{16}}=101,9\%$  при существующем состоянии факторов:  $x_1=20$  лет;  $x_2=4$  года;  $x_3=4$  года;  $x_4=2$  (среднее общее);  $x_5=1$  (снимает жилплощадь);  $x_6=1$  (замужем, не имеет детей);  $x_7=10$  дней;  $x_8=21$  день. Если, например, сократить количество дней вынужденного административного отпуска работнице –  $x_7$  до 5 дней, а число дней задержки вы-

платы ей заработной платы –  $x_8$  до 7 дней, то процент выполнения нормы выработки составит  $Y_{x_{16}}=103,1\%$ , то есть выполнение нормы выработки этой работницы повысится на 1,2%.

Результаты прогноза используются при планировании производительности труда работниц основного производства предприятия.

## В Ы В О Д Ы

Предложена схема процесса управления производительностью труда, реализация которой позволит более точно и обоснованно прогнозировать и планировать выработку основных рабочих текстильного предприятия.

Рекомендована кафедрой экономики и управления производством ДИТУД. Поступила 25.12.06.

УДК 347.73 : 336.226.111

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ НАД ЕДИНЫМ НАЛОГОМ НА ВМЕНЕННЫЙ ДОХОД ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*И.Д. ДЕМИНА, А.В. ХАЛЕЗОВ*

(Российский университет кооперации (Ивановский филиал))

Основой экономики наиболее развитых стран мира являются предприятия малого и среднего бизнеса. В настоящее время наше государство возлагает на малое

предпринимательство определенные надежды как на резерв, использование которого позволит поднять экономику страны. И, в первую очередь, к мерам, направленным

на поддержку малого бизнеса, можно отнести предоставленную возможность снижения налогового бремени за счет использования специальных налоговых режимов, в рамках которых предприятия освобождаются от уплаты ряда налогов.

Наиболее распространенным специальным налоговым режимом, который в обязательном порядке должны применять предприятия торговли и общественного питания, а также организации, оказывающие бытовые услуги населению, является специальный налоговый режим в виде уплаты единого налога на вмененный доход для отдельных видов деятельности (ЕНВД). Широкое распространение данного спецрежима обусловлено тем, что единый налог нейтрален по отношению к экономическим мотивам и показателям экономического роста организации (к прибыли, оплате труда, выручке от реализации продукции и товаров, производительности и т.п.), что обеспечивает значительную налоговую экономию и стимулирует расширение деятельности организаций [1].

Однако несовершенство налогового законодательства и противоречивость подзаконных актов министерств и ведомств, регламентирующих порядок расчета и уплаты единого налога, зачастую приводят к тому, что даже с учетом очень простой схемы расчета ЕНВД предприятия и организации допускают серьезные ошибки при его исчислении [2,], [3]. В силу этого необходимость осуществления внутреннего контроля над единым налогом не вызывает сомнений.

Результативность внутреннего контроля над налогами, как механизма, позволяющего своевременно выявить нарушения, ошибки и неточности в исчислении и уплате налогов и сборов, в значительной степени зависит от его методического обеспечения.

Современные методики, отвечающие требованиям налогового законодательства, позволяют исключить вероятность возникновения ошибочного подхода при осуществлении внутреннего контроля над налогами как на стадии трактовки налогового

законодательства, так и на стадии определения применяемых процедур, их последовательности, а также оценки полученных результатов.

В табл. 1 представлена разработанная авторами модель методики внутреннего контроля над единым налогом на вмененный доход для отдельных видов деятельности, которая отражает структуру составляющих проверки единого налога, а также основные точки контроля. Предложенная модель разработана в шахматной (матричной) форме и представляет собой таблицу, в которой по горизонтали располагаются точки контроля, а по вертикали – составляющие методики внутреннего контроля над единым налогом.

К составляющим методики внутреннего контроля над ЕНВД в соответствии с выявленными объектами и разработанными точками контроля относятся: цель контроля, информационная база внутреннего контроля, приемы и контрольные процедуры, взаимосвязь точек контроля в формах отчетности, возможные нарушения в части своевременности, правильности и полноты уплаты налога, которые могут быть выявлены в ходе проведения проверки.

Применение данной модели методики внутреннего контроля на первоначальном этапе позволит в соответствии с поставленной целью с помощью любой точки контроля проверить сопоставимость данных бухгалтерского учета и учета в целях исчисления единого налога с данными бухгалтерской отчетности (ф. №1 и ф. №2) и налоговой отчетности (в том числе декларации по единому налогу на вмененный доход для отдельных видов деятельности, расчетной ведомости по средствам ФСС РФ (форма 4 -ФСС РФ) или отчета по страховым взносам, добровольно уплачиваемым в ФСС РФ отдельными категориями страхователями (форма 4а-ФСС РФ), а также декларации по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование для лиц, производящих выплаты физическим лицам).

Таблица 1

Составляющие методики внутреннего контроля	Точки контроля				Начисленные суммы ЕНВД
	Физические показатели	Корректирующий коэффициент К2	Сумма начисленных пособий по временной нетрудоспособности	Сумма начисленных страховых взносов на обязательное пенсионное страхование	
Цель контроля	Проверка правильности определения физических показателей в соответствии с видами и условиями деятельности, режимом работы организации	Проверка правильности применения коэффициента К <sub>2</sub> в соответствии с ассортиментом продаваемых товаров (выполняемых работ, оказываемых услуг), сезонностью, режимом работы, фактическим периодом времени осуществления предпринимательской деятельности и т.д.	Проверка правильностиности расчета и своевременности выплаты пособий по временной нетрудоспособности	Проверка правильности начисления и своевременности перечисления страховых взносов на обязательное пенсионное страхование	Проверка правильности начисления и своевременности перечисления ЕНВД
Информационная база	Технические паспорта помещений, паспорта транспортных средств, данные отдела кадров о количестве работников в целях исчисления ЕНВД, сведения о фактическом количестве находящихся в эксплуатации транспортных средств, которые используются течение налогового периода для перевозки пассажиров и грузов и т.д. Аналитические и синтетические данные бухгалтерского учета по балансовому счету 01	Внешние нормативные акты (правовые акты представительных органов муниципальных районов, городских округов (например, г. Иваново) по применению специального режима в виде уплаты ЕНВД	Листы нетрудоспособности, табели учета рабочего времени, расчетные и расчетно-платежные ведомости по заработной плате	Индивидуальные карточки учета сумм начисленных выплат и иных вознаграждений, сумм начисленного единого социального налога, а также сумм налогового вычета, обороты по субсчету 69-2	Хозяйственные операции по субсчету 68 «Единый налог на вмененный доход», налоговая декларация по единому налогу на вмененный доход

Составляющие методики внутреннего контроля	Точки контроля				Начисленные суммы ЕНВД
	Физические показатели	Корректирующий коэффициент K2	Сумма начисленных пособий по временной нетрудоспособности	Сумма начисленных страховых взносов на обязательное пенсионное страхование	
Приемы и контрольные процедуры	Документального исследования, аналитические, контрольные замеры	Документального исследования, нормативно-правового регулирования, расчетные, сопоставления	Документального исследования, нормативного, правового регулирования, расчетные, сопоставления, автоматизированные	Документального исследования, нормативного, правового регулирования, расчетные, сопоставления, автоматизированные	Документального исследования, нормативного, правового регулирования, расчетные, сопоставления, автоматизированные
Взаимосвязь точек контроля	Инвентарные карточки учета объектов основных средств (Книги учета основных средств), договора аренды объектов основных средств, расчет среднесписочной численности по данным отдела кадров – стр.050-070 гр.3 раздела 2 Налоговой декларации по единому налогу на вмененный доход для отдельных видов деятельности	Правовые акты представительных органов муниципальных образований (например, г. Иваново) – стр.090 гр.3 раздела 2 Налоговой декларации по единому налогу на вмененный доход для отдельных видов деятельности, приложении к Декларации с расчетом коэффициента K2	Стр. 16 гр.4 таблицы 6 раздела 2 Расчетной ведомости по форме 4 -ФСС РФ или стр. 9, гр.3 табл. 2 раздела 1 формы 4а-ФСС РФ – стр. 030 гр.3 раздела 3 Налоговой декларации по единому налогу на вмененный доход для отдельных видов деятельности	Стр.010 гр.3 раздела 2.1 Декларации (расчета авансовых платежей) по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование для лиц производящих выплаты физическим лицам - стр.020 гр.3 раздела 3 Налоговой декларации по единому налогу на вмененный доход для отдельных видов деятельности	Стр.050 гр.3 раздела 3 Налоговой декларации по единому налогу на вмененный доход для отдельных видов деятельности - стр. 151 гр.3 формы №2 «Отчет о прибылях и убытках»
Возможные нарушения	Неверный расчет величины физического показателя (например, торговой площади) в связи с неверным учетом арендованных площадей, производимого капитального ремонта торговых площадей, использованием торговой площади одновременно двумя и более организациями или частными предпринимателями, искажение величины расчетного показателя среднесписочной численности и т.д.	Искажение значения корректирующего коэффициента в связи с неверным определением зоны градостроительной ценности, ассортимента реализуемых товаров, сезонности, периода и режима работы организации	Неверное исчисление сумм пособий по временной нетрудоспособности	Неверное исчисление величины обязательных взносов на пенсионное страхование	Неверное исчисление суммы единого налога на вмененный доход для отдельных видов деятельности с учетом того факта, что его величина не может быть уменьшена более чем на 50 % на суммы выплаченных пособий по временной нетрудоспособности, а также величины обязательных взносов на пенсионное страхование

Несопоставимость проверяемых показателей может служить сигналом о недостоверности тех или иных данных.

Кроме того, предложенная модель методики позволит ускорить сроки проведения процедур внутреннего контроля над единым налогом, установить возможные нарушения и дать оценку выявленным ошибкам.

Сбор подтверждений допущенных нарушений производится в соответствии с поставленной целью контроля, и при заполнении всех матриц таблицы и их анализа можно сделать предварительное обобщение результатов проводимого контроля и определить те моменты и доказательства, которые должны найти отражение в выводах, акте, справке или служебной записке руководству, назначившему проверку.

Проверка достоверности показателей финансовой и налоговой отчетности по данной методике позволит детально выяснить, насколько соблюдаются правила ее составления. Достоинство предлагаемой методики заключается в том, что количество точек контроля может быть расширено, в то время как изменение состава и содержания форм бухгалтерской и налоговой отчетности на методику существенного влияния не окажет. В случае же изменения бухгалтерской и налоговой отчетности мо-

гут быть выделены новые точки контроля для проведения проверок.

В заключение необходимо отметить, что предлагаемая модель внутреннего контроля над единым налогом на вмененный доход может быть использована не только в рамках осуществления контрольных мероприятий за правильностью исчисления, своевременностью и полнотой перечисления налога, но и при проведении финансового анализа и мониторинга налоговых расходов. Ее применение позволит как внутренним контролерам, так и учетным работникам сделать обобщающие выводы, которые найдут отражение в итоговых документах, а также интенсифицировать и улучшить качество проведения внутреннего контроля над налогами в организации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатова С.Ф. Единый налог на вмененный доход. – М.: ЗАО Юстицинформ, 2006.
2. Жданова Е. Лимит доходов на "упрощенке" вырос. А ЕНВД снизился // Главбух. – 2007, №4.
3. Фролов А.И. Коэффициент-дефлятор глазами Минфина // Единый налог на вмененный доход: бухгалтерский учет и налогообложение. – 2007, №2, март-апрель.

Рекомендована кафедрой экономики и бухгалтерского учета. Поступила 25.12.06.

УДК 338.978

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ФАКТОР ЕГО ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ

*А.В. ШИШКИНА*

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Одним из критериев привлекательности предприятия и доверия к нему со стороны кредиторов является устойчивое финансовое состояние и высокая деловая активность, обеспечиваемые понятными и общепризнанными принципами формирования финансовой отчетности. Российские

предприятия в последнее время стали активно привлекать внешние заимствования, а отечественные финансовые институты устремились на зарубежные фондовые рынки.

Необходимость перехода к единым стандартам и правилам финансовой отчет-

ности предприятий определяется также и включением российской экономики в единую мировую экономическую систему, где существуют стандартные правила ведения финансовой отчетности в различных сегментах мирового рынка – товарном, финансовом, фондовом и других.

Потребность в единообразии финансовой отчетности должна достигаться посредством гармонизации принципов ее формирования. В настоящее время в Российской Федерации осуществляется реформирование системы бухгалтерского учета и в качестве ориентира были выбраны (и на правительственном уровне утверждены) международные стандарты финансовой отчетности.

Одним из ключевых принципов, заложенных в основу формирования отчетности в соответствии с МСФО, является полезность предоставляемой информации для пользователей финансовой отчетности.

Что касается отечественной системы бухгалтерского учета, то она в настоящее время переживает этап, скорее похожий не на реформирование, а на вымирание. Все дело в том, что законодательно правильность исчисления и своевременность уплаты налогов стоят на один, а может и несколько уровней выше, чем правильность ведения бухгалтерского учета. Главным нормативным документом, регулирующим бухгалтерский учет на предприятии, является Федеральный закон "О бухгалтерском учете", а документом, регулирующим налогообложение в Российской Федерации, является Налоговый кодекс, уровень которого выше. Дело не только в уровне документа, сколько в его согласованности с другими, ранее принятыми (к сведению, ФЗ "О бухгалтерском учете" принят в 1996г., а НК – в 2001г.). Принципиально здесь то, что основу для начисления налоговой базы (например, налога на прибыль) с точки зрения бухгалтерского учета и налогообложения составляют различные величины. Поскольку часто (а это больше половины случаев) показатели бухгалтерского учета для исчисления налогов должны корректироваться, то предприятия предпочитают вести налоговый учет, а

бухгалтерский только приспособливается к нему. Немаловажную роль в этом играют и санкции за нарушение налогового законодательства, которые несравненно жестче, чем в отношении нарушений в области бухгалтерского учета.

Последствия в данной ситуации очевидны – "главным потребителем" в реальности является государство в лице инспекции федеральной налоговой службы, на втором месте – фонды, на третьем – банк, как лицо, кредитующее предприятие, а уже после учитываются интересы собственников, инвесторов и прочих лиц. Очевидно, недочеты в законодательстве напрямую отражаются в финансовой отчетности и ущемляют интересы собственников, а следовательно, являются фактором инновационно-инвестиционной непривлекательности предприятия.

В данной ситуации необходимо:

1 – провести реформирование налогового учета с точки зрения целесообразности ведения двух учетов (бухгалтерского и налогового) на предприятии. Варианты ведения бухгалтерского учета должны полностью совпадать с вариантами ведения налогового учета, а следовательно, необходимо согласовать реформирование бухгалтерского и особенностей налогового учета;

2 – по возможности привести к единообразию формы отчетности на предприятиях всех форм собственности и видов деятельности (это касается кредитных, страховых, бюджетных и прочих организаций), что заметно отразится на равной привлекательности со стороны иностранных инвесторов предприятий различных видов деятельности;

3 – прежде, чем объявлять о гармонизации российской системы учета и международных стандартов финансовой отчетности, необходимо начать с представления информации о предприятии собственникам и инвесторам в полном объеме, а не делать из отчетности коммерческую тайну.

В заключение необходимо добавить, что в формате МСФО вместе с самими формами отчетности представляется целый комплект поясняющих записок и таб-

лиц. Сведения описательного характера могут представляться в свободной форме, дополняющие и расширяющие информационный образ финансового положения предприятия. Например, приложения к собственно финансовой отчетности могут включать: объяснения основных характеристик финансовых результатов деятельности предприятия; основные неопределенности, с которыми сталкивается предприятие; основные факторы, определяющие финансовые результаты: изменение внешней среды, инвестиционную политику, в том числе политику в области дивидендов; источники финансирования компании, политику в отношении доли заемных средств, политику управления рисками; достоинства, ценные ресурсы пред-

приятия; политику и мероприятия по охране окружающей среды.

Все эти изменения в финансовой отчетности предлагается ввести с одной целью – представить максимально полную и достоверную информацию о деятельности предприятия и отразить все изменения, произошедшие или потенциально возможные вследствие применения различных способов учета для повышения информативности собственников и инвесторов организации.

Рекомендована кафедрой экономики и финансов. Поступила 25.12.06.

---

УДК 677.070

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ПАРААРАМИДНЫХ НИТЕЙ  
В СРЕДЕ ВОЗДУХА И АЗОТА***К.Е. ПЕРЕПЕЛКИН, А.Б. СТЕПАНОВА, М.О. БАСОК**(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)*

Параарамидные нити с высокими механическими и термическими характеристиками широко используются в современной технике, транспорте, спорте и других областях для создания высоконагруженных текстильных конструкций, высокопрочных композитов, термостойких и трудногорючих изделий, средств спасения и защиты при чрезвычайных ситуациях, баллистической защиты и др. целей.

По химическому строению и свойствам выделяют следующие основные группы параарамидных нитей:

– высокомодульные нити на основе гетероциклических параполиамидов (ПАБИ) – СВМ и сополиамидов – Русар (СпПАБИ-1) и Армос (СпПАБИ-2);

– высокопрочные и высокомодульные карбоциклические нити на основе полипарафенилентерефталамида (ПФТА) – тварон, кевлар;

– высокопрочные нити на основе карбоциклических параметаарамидов, содержащих некоторое количество метазвеньев – сополипарафенилен-3,4-оксидифенилентерефталамида – технора (метапараарамид).

Из перечисленных видов параарамидных нитей гетероциклические параарамидные нити сочетают самые высокие механические свойства, наибольшую термостойкость и максимальную устойчивость к действию открытого пламени.

Исследования механических свойств различных видов параарамидных нитей в течение ряда лет проводятся на кафедре материаловедения СПбГУТД и обобщены в ряде работ [1...3]. В меньшей степени изучены их термические свойства как по протеканию процессов терморазложения методами термического анализа, так и по изменению механических свойств при термостарении на воздухе [4...7]. Некоторые полученные данные по сравнению процессов терморазложения на воздухе и в инертной среде приведены в работе [8] для полиоксиадиазольной, параарамидной и полиимидной нитей. Однако в них дана предварительная оценка только для одного вида нитей – на основе полипарафенилентерефталамида.

В связи с важностью получения данных по терморазложению различных видов параарамидных нитей целью данной работы является исследование и сопоставление термических характеристик высокомодульных, гетероциклических, высокомодульных и высокопрочных карбоциклических параарамидных нитей на воздухе и в среде азота. Эти данные важны для более полной оценки работоспособности параарамидных нитей в различных условиях эксплуатации.

В качестве объектов исследования были выбраны параарамидные нити отечественного и зарубежного производства (табл. 1).

Таблица 1

Номер образца	Название	Химическое строение полимера	Линейная плотность, текс	Аббревиатура
1	Русар	Полиамидобензимидазол (сополимер)	60	СППАБИ
2	Тварон	Полипарафенилтеререфталамид	110	ПФТА
3	Технора	Сополипарафенилен-3,4-оксидифенилтеререфталамид	110	Метапараарамид

Температурные характеристики нитей изучали методами термогравиметрического анализа (ТГА) в воздушной и в инертной (азот) средах. Исследования проводили на дериватографе Q-1500 фирмы «МОМ». Скорость повышения температуры составила 5 град/мин. Конечная температура при испытаниях определялась завершением окисления на воздухе или пиролизом образцов в азоте. При испытании в азоте она достигала 700°C [8].

Согласно существующим методикам [9] и ранее проводимым испытаниям [8] для оценки термических превращений ис-

следуемых нитей по данным ТГА определяли следующие параметры:

– начало интенсивного разложения по кривым ТГА (точка пересечения касательных к участкам кривой до и после перегиба) –  $T_1$ ;

– сохранение массы полимера в указанной точке.

Экспериментальные кривые ТГА для исследуемых нитей представлены на рис. 1 (кривые ТГА на воздухе (1) и в среде азота (2) параарамидных нитей: а – СППАБИ; б – ПФТА; в – метапараарамид).

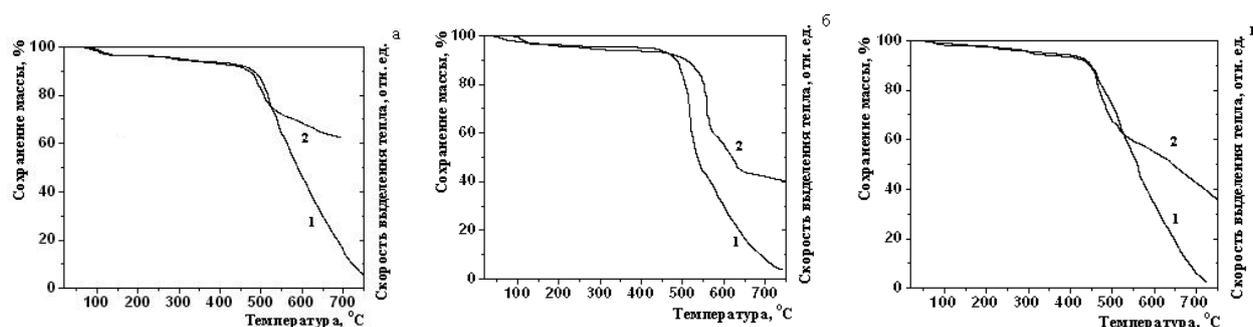


Рис. 1

В табл. 2 приведены соответствующие температурные показатели и данные о сохранении массы (характерные точки по

результатам обработки кривых ТГА в среде воздуха и азота).

Таблица 2

Показатели		$T_1$ , °C	Сохранение массы, %
СППАБИ	воздух	460	90
	азот	460	91
ПФТА	воздух	450	93
	азот	500	90
Метапараарамид	воздух	430	93
	азот	450	91

В воздушной среде интенсивное терморазложение ( $T_1$ ) начинается при температуре выше 430°C и составляет: для

СППАБИ 460°C; для ПФТА 450°C; для метапараарамида 430°C.

Сохранение массы образцов при этом составляет 90...93%.

Температура начала интенсивного терморазложения для образца СпПАБИ в среде азота и в воздушной среде одинакова. Для других исследуемых образцов температура интенсивного разложения ( $T_1$ ) в среде азота существенно выше и составляет: для образцов ПФТА 500°C; для метапараамида 450°C.

Сохранение массы образцов составляет 90...92 %.

Из полученных данных следует, что наиболее высокой термостойкостью на воздухе обладают гетероциклические параарамидные нити СпПАБИ (русар). Им практически не уступают нити на основе ПФТА. В среде азота более высокой термостойкостью обладают нити на основе ПФТА (терлон). Метапараарамидная нить (технора) по показателям начала терморазложения близка к образцам нитей на основе СпПАБИ.

## ВЫВОДЫ

1. Проведены сравнительные исследования термических характеристик высокопрочных и высокомодульных параарамидных нитей:

– высокомодульных параарамидных нитей отечественного производства – СпПАБИ – Русар;

– высокопрочных, высокомодульных нитей зарубежного производства – параарамидных ПФТА – тварон и на основе метапараамида – технора.

2. Методами ТГА определено, что наиболее высокой термостойкостью на возду-

хе обладают гетероциклические сополиамиды СпПАБИ. Им практически не уступают нити на основе ПФТА. В среде азота наиболее высокой термостойкостью обладают нити на основе ПФТА.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Перепелкин К. Е., Мачалаба Н. Н., Кварацхелия В. А.* // Химические волокна. – 2001, № 2. С.22...29.

2. *Перепелкин К. Е.* // Российский химический журнал. – 2002, т.XLVI. № 1. С. 31...48.

3. *Perpelkin K.E.* Russian Aromatic Fibres // In book: High-Performance Fibres. Ed. by J.W.S. Hearle. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd. – 2001. P.115...132; 146...154.

4. *Гурова Е. Ю.* Влияние термического старения на механические свойства нитей на основе ароматических полимеров: Дис.... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: Изд. СПбГУТД, 1993.

5. *Андреева И. В.* Изменение свойств высокопрочных, высокомодульных параарамидных нитей при термическом старении: Дис....канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: Изд. СПбГУТД, 2005.

6. *Перепелкин К.Е., Пакивер Э.А., Андреева И.В. и др.* // Химические волокна. – 2005, № 2. С.27...31.

7. *Перепелкин К.Е., Андреева И.В., Мецрякова Г.П., Моргоева И.Г.* Изменение механических свойств параарамидных нитей при термическом старении // Химические волокна. – 2006, № 5. С.44...49.

8. *Перепелкин К.Е., Маланина О.Б., Басок М.О. и др.* // Химические волокна. – 2005, № 3. С.36...38.

9. *Рабек Я.* Экспериментальные методы в химии полимеров Пер. с англ. / Под ред. В. В. Коршакова. – М: Мир, 1983. Т.2 – 480 с. [Jan F. Rabek. Experimental methods in Polymer Chemistry. – Intersci. Publ. John Wiley & Sons. Chichester – N.-Y. – Toronto, 1980].

Рекомендована кафедрой материаловедения.  
Поступила 25.12.06.

## РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

М.А. ЛУНЬКОВ, А.В. КУЛИЧЕНКО

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Целью данной работы явились разработка метода для исследования паропроницаемости текстильных полотен, обеспечивающего большую точность получаемых результатов, и определение взаимосвязи паропроницаемости с характеристиками структуры текстильных материалов и их

волокнистым составом [1...7].

В качестве объектов исследования были взяты текстильные материалы бытового назначения различного волокнистого состава и переплетений. Характеристики исследованных материалов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Волокнистый состав	Вид переплетения	Толщина h, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
1	100% ВВис	Полотняное	0,23	104,2
2	100% Хл	Саржевое	0,85	249,4
3	100% Шрс	Полотняное	0,33	185,4
4	100% Хл	Полотняное	0,19	98,1
5	100% ПЭФ	Полотняное	0,15	84,2
6	100% ПЭФ	Сатиновое	0,31	272,5
7	100% ПЭФ	Саржевое	0,22	290,6
8	50% Лен 50% Хл	Полотняное	0,29	177,3
9	100% Хл	Мелкоузорчатое	0,32	231,1
10	100% Хл	Сатиновое	0,28	135,8

При исследовании коэффициента паропроницаемости dish-методом чашки наполнялись водой, покрывались исследуемыми пробами, взвешивались и помещались в эксикатор с установленной влажностью 65% и при температуре 20°C.

Варьируемые факторы:

а) расстояние h от поверхности воды до пробы варьировалось – 5, 10, 15 мм;

б) время T испытания варьировалось – 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240 мин.

На основании экспериментальных данных были рассчитаны величины коэффициентов паропроницаемости  $P_h$  (г/м<sup>2</sup> · ч) для всех исследованных образцов.

Из сравнения испытаний при h=5мм и испытаний при h=15мм видно, что разброс значений коэффициентов паропроницаемости исследованных образцов материалов в первом периоде испытания при величине воздушной прослойки 15 мм заметно больше, чем при h=5 мм.

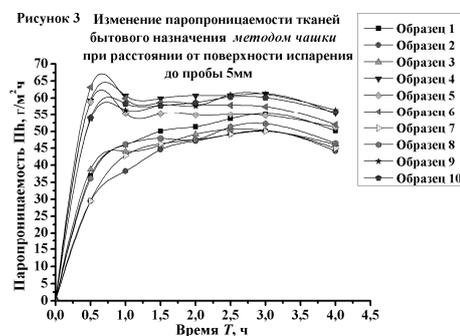


Рис. 1

Из анализа полученных по dish-методу результатов эксперимента, представленных на рис. 1, следует:

– особенности режима испытаний при периодическом взвешивании сосуда с водой и пробой вне испытательной камеры, выпадение конденсата на поверхность бюксы и пробы, вероятность смачивания нижней поверхности пробы могут приво-

дять к существенным погрешностям измерений;

– значительные погрешности при взвешивании, возникающие из-за несоизмеримости массы сосуда с водой и массы перемещаемой в процессе паропроницаемости влаги. Так, при общей массе бюксы с образцом, в среднем равной 80 г, изменение ее массы за весь период испытаний не превышает 0,15 г. Коэффициент вариации по измерениям составил 11,4%;

– для всех исследованных образцов материалов наблюдается четкая тенденция к резкому уменьшению величины коэффициента паропроницаемости  $\Pi_h$  при увеличении расстояния  $h$  от пробы до поверхности испарения. Эта тенденция наблюдается независимо от продолжительности опыта (от 0,5 до 4 ч);

– при испытаниях материалов данным методом не удается точно поддерживать условия испытаний. Большое число объективных и субъективных факторов не позволяет избежать значительных величин погрешностей получаемых результатов.

Из представленных выводов следует, что существует необходимость применения более совершенных приборов и методов для оценки влагонепроницаемости материалов. Кроме того, результаты, полученные разными исследователями, трудно сопоставимы из-за применения ими различных приборов и особенностей методик испытаний.

В качестве альтернативы методу чашки и другим методикам, разработанным на его основе, авторами данной работы предложено проводить экспресс-испытания так называемым методом сорбента. Эта методика имеет ряд преимуществ по сравнению с методом чашки. К основным из них относятся – меньшая зависимость результатов от величины воздушной прослойки и возможность существенного уменьшения массы системы образец-сосуд, что позволяет увеличить точность испытаний, обеспечив экспрессность, сохранив дешевизну dish-метода.

При исследовании коэффициента паропроницаемости методом сорбента испытания проводились на тех же образцах мате-

риалов и в тех же условиях ( $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $W=65\%$ ), что и при испытаниях методом чашки. Отличие заключается в том, что в бюксах находится сорбент (безводный хлористый кальций  $\text{CaCl}_2$ ), который поглощает влагу из окружающего воздуха. Паропроницаемость определялась по изменению массы сорбента через определенные промежутки времени. По каждому образцу испытания проводились на 8 пробах. Расстояние  $h$  от поверхности до пробы варьировалось от 5 до 15 мм.

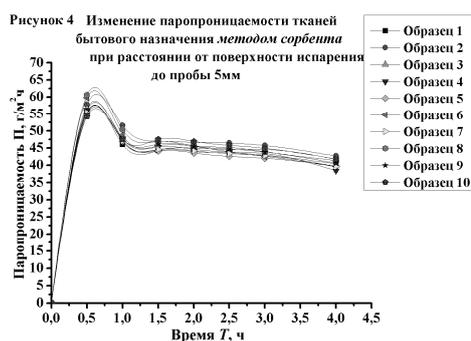


Рис. 2

На основании полученных данных были рассчитаны величины коэффициентов паропроницаемости  $\Pi$  ( $\text{мг}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$ ) для исследованных образцов, а также – графики зависимостей ( $\Pi$  от  $T$ ), из которых следует, что данные, полученные методом чашки, имеют существенно больший разброс, чем данные, полученные методом сорбента.

Особенность предлагаемого метода состоит в том, что использование в сосуде сорбента вместо воды позволяет в несколько раз уменьшить массу сосуда с образцом. Это дает возможность вместо технических весов с точностью измерений 0,1 г, применяемых при dish-методе, использовать аналитические весы с точностью измерений 0,001 г, что обеспечивает существенное повышение точности взвешиваний.

Анализ полученных результатов по оценке изменения паропроницаемости по времени в процессе испытаний (общее время испытаний 4 ч) позволяет сделать следующие заключения:

1) процесс изменения проницаемости материалов в течение всего времени испытания можно разделить на три этапа:

– увеличение значения коэффициента паропроницаемости;

– снижение величины коэффициента паропроницаемости;

– установление постоянного значения коэффициента паропроницаемости;

2) первый этап, когда происходит диффузия влаги по толщине материала и интенсивная сорбция влаги гидрофильными волокнами. Коэффициент паропроницаемости увеличивается и имеет наибольшую величину (в течение первого 0,5 ч или второго 0,5 ч), то есть этап характеризуется высокой интенсивностью процесса влагопереноса;

3) второй этап, характеризующийся уменьшением величины коэффициента паропроницаемости, имеет место у одних образцов после 0,5 ч, у других – после 1 ч испытаний и объясняется тем, что в начальный период испытаний проба была в воздушно-сухом состоянии и характеризовалась малым влагосодержанием. В процессе прохождения влаги через материал наблюдалось также ее накопление в материале. Это могло приводить к закрытию пор (через которые ранее влага диффундировала) вследствие набухания волокон и явления капиллярной конденсации влаги в материале, сорбирующем ее. Как следствие, с одной стороны – уменьшалась доля диффузионной составляющей в общем процессе влагопереноса, которая более интенсивна по своему характеру вследствие уменьшения общей пористости из-за набухания волокон и закрытия части пор набухшими волокнами или влагой на их поверхности; с другой стороны – возрастала доля составляющей влагопереноса сорбция - десорбция, которая менее интенсивна.

4) третий этап характеризуется установившимся режимом процесса влагопереноса через материал и постоянной величиной коэффициента паропроницаемости мате-

риала. Для большинства материалов он имеет место через 2 ч испытания (для ряда исследованных материалов – ранее). В этот период испытания материал имеет влажность, близкую к равновесной, наблюдается стабилизация долей составляющих процесса влагопереноса через материал и протекание процесса диффузии влаги через поры.

Статистическая оценка погрешности экспериментальных данных показала, что для метода чашки коэффициент вариации составил 11,4%, в то время как для метода сорбента эта величина составила 9,0%. То есть погрешность результатов, получаемых методом сорбента, меньше в 1,28 раза, чем при dish-методом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Williams J.T., Kulichenko A.V.* Laboratory Methods to Assess the Water Vapour Transmission of Textiles – A Review, Journal of Federation of Asian Professional Textile Associations, Hong-Kong. – Vol.3, №3. – 1996. P.59...68.

2. *Самыгин В.К.* Определение влагопроводности текстильных материалов при гигиенической оценке одежды // В кн.: Исследование свойств химических и натуральных нитей, пряжи и тканей из них. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1981. С.87...90.

3. *Медведева Л.Л.* Методика оценки влагопроводности текстильных материалов и пакетов одежды: Дис...канд. техн. наук. – М., 1971.

4. А.с. СССР № 1188591. Прибор для определения паропроницаемости тканей / Куличенко А.В., Петрунина В.Г.

5. *Самыгин В.К.* Определение влагопроводности текстильных материалов при гигиенической оценке одежды // В кн.: Исследование свойств химических и натуральных нитей, пряжи и тканей из них. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1981. С.87...90.

6. А.с. СССР № 1000909. Устройство для определения динамики тепло- влагопередачи через текстильные материалы в пакетах одежды / Склянников В.П., Машкова Е.Н. – 1983.

7. *Fourt L., Harris M.* Diffusion of Water Vapour through Textiles // Textile Res. J. – 1947, №5.

Рекомендована кафедрой материаловедения.  
Поступила 25.12.06.

УДК 677.21

**АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ПРЯДКИ ВОЛОКОН ХЛОПКА  
ПО ПОВЕРХНОСТИ ЗУБА ПИЛЫ ДЖИНА**

*К.САБИРОВ*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

В процессе работы волокноотделителя пыльные диски выступают по колосникам на определенную величину. Так, в пыльных джинах рекомендуемое оптимальное расстояния выступа пилы от колосника 47...52 мм, в линтерных машинах 25...30 мм, а в предлагаемой конструкции джина [1] второго этапа джинирования данное расстояние составляет 32..37 мм. После захвата волокон зубьями пилы последние поступают в колосниковую зону. При этом пряжки волокон хлопка совершают по поверхности зуба пилы определенные движения. В зависимости от характера этого движения определяются условия удержа-

ния прядок на поверхности зуба или выпадения с нее до колосниковой зоны. Этот процесс завесит от многих факторов, в основном – от действующих сил на пряжки волокон хлопка.

Рассмотрим характер движения пряжки волокон хлопка по поверхности зуба пилы.

С учетом всех основных сил, действующих на пряжки волокон хлопка на поверхности зуба пилы во время захвата и протаскивания их в зону джинирования, нами получено следующее дифференциальное уравнение, описывающее движение пряжки волокна по оси X поверхности зуба пилы:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = m\omega^2 R \cos \alpha + m\omega^2 x \cos \alpha + F_{cy} \cos \beta - mg \cos \gamma -$$

$$-fF_{cy} \sin \beta - 2f m \omega \frac{dx}{dt} - f m \omega^2 R \sin \alpha - f m \omega^2 x \sin \alpha - f m \dot{y} \sin \varphi, \theta \quad (1)$$

где  $m$  – приведенная масса пряжки волокон;  $\omega$  – угловая скорость пыльного цилиндра джина;  $\alpha$  – угол между вектором центробежной силы с осью X;  $R$  – радиус пыльного цилиндра, проходящий через середину зуба пилы;  $F_{cy}$  – суммарная сила сцепления пряжки волокон и семени хлопка;  $\beta$  – угол между направлением силы

сцепления с осью X;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\gamma$  – угол между вектором силы веса пряжки и осью X ( $\gamma = \omega t$ );  $f$  – коэффициент трения между пряжками волокна и зубом пилы.

Решение дифференциального уравнения имеет вид:

$$\begin{aligned}
X = & \left[ E - \frac{(D + D_1 - E)(f - \sqrt{f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha})^2}{2\sqrt{f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha}(f + f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha)} \right] e^{-\omega t(f + \sqrt{f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha})} + \\
& + \frac{(D - E)(f - \sqrt{f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha})}{2\sqrt{f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha}} e^{-\omega t(f + \sqrt{f^2 - \cos \alpha + f \sin \alpha})} + (D + D_1) \cos \omega t + \\
& + E(f + \sqrt{f^2 + \cos \alpha - f \sin \alpha}) \sin \omega t,
\end{aligned} \quad (2)$$

где  $D = \frac{g \left( 1 + \frac{2f^2(f \sin \alpha - 3 - \cos \alpha)}{(1 + \cos \alpha - f \sin \alpha)^2 + 4f^2} \right)}{\omega^2(1 + \cos \alpha - f \sin \alpha)}$ ;

$$D_1 = -R - \frac{F(\cos \beta - f \sin \beta)}{m\omega^2(\cos \alpha - f \sin \alpha)}$$

$$E = \frac{fg(f \sin \alpha - 3 - \cos \alpha)}{\omega^2[(1 + \cos \alpha - f \sin \alpha)^2 - 4f^2](f + \sqrt{f^2 - \cos \alpha + f \sin \alpha})}$$

Численное решение (2) осуществляли при следующих значениях параметров:  $m=6 \cdot 10^{-7}$  кг;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $e=2,72$ ;  $F_{\text{сц}}=5,6 \cdot 10^{-4}$  Н;  $\beta=30^\circ$ ;  $f=0,3$ ;  $\alpha=15^\circ$ ;  $R=0,158$  м;  $\omega=76,41$  1/с.

Результаты исследований показали, что с увеличением массы прядок волокна, захваченных зубом пилы цилиндра, возрастает возможность захвата и джинирования.

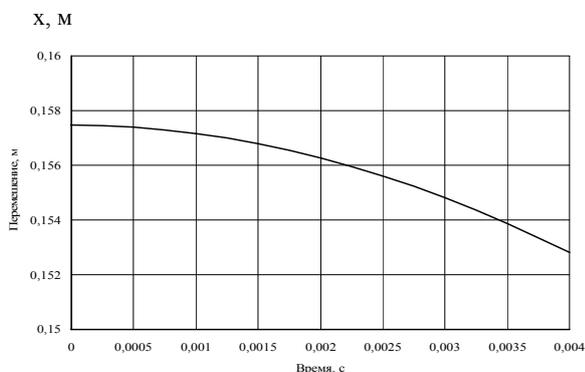


Рис. 1

На рис. 1 с помощью графика представлена зависимость  $X=f(t)$  при различных значениях массы прядки волокон хлопка. Известно, что на первом этапе джинирования масса прядки колеблется в пределах  $2,0 \div 20$  мг, а на втором этапе (в зависимости от опушенности семян) масса прядки волокон  $0,5 \div 1,0$  мг. В среднем для

второго этапа джинирования  $m=0,61 \div 0,66$  мг ( $250 \div 300$  волокон) [2]. Из рис. 1 видно, что при рекомендуемых расчетных значениях параметров в рассматриваемых пределах изменения массы прядок волокон хлопка фактически обеспечивается процесс джинирования (величина  $X$  убывает по нелинейному закону). Важным остается влияние силы сцепления прядки волокон с семенем и с основной массой сырца камеры джина.

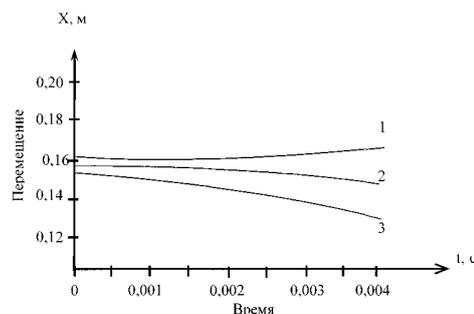


Рис. 2

На рис. 2 изображены полученные графические зависимости изменения закона перемещения центра массы прядки волокон по поверхности зуба пилы при вариации силы сцепления  $F_{\text{сц}}$ . Здесь  $F_{\text{сц}}$ : кривая 1 —  $0,00053$ ; 2 —  $0,00056$ ; 3 —  $0,00063$ . Известно, что на первом этапе джинирования при силе сцепления прядки волокон, захваченных одним зубом, превышающей  $1094$  г, волокна проскальзывают по поверхности зуба пилы и процесса джинирования фактически не происходит. Для второго этапа джинирования значение этой допускаемой силы будет в среднем  $548$  г. Из полученных графиков (рис. 2) видно, что с увеличением  $F_{\text{сц}}$  до  $630$  г прядки волокон, перемещаясь вверх, соскальзывают с поверхности зуба пилы. Поэтому для второго этапа джинирования с целью

уменьшения силы сцепления предусмотрен ускоритель сырцовый камеры, который снижает плотность, уменьшая тем самым и общую силу сцепления прядок волокон с семенем и с основной массой сырца в камере.

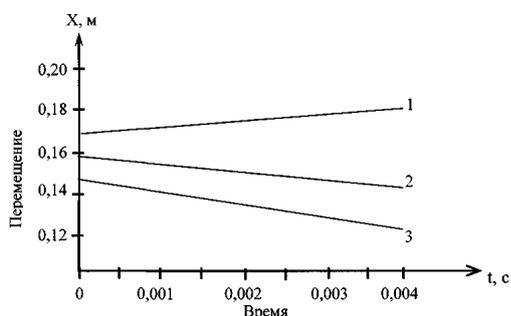


Рис. 3

На рис. 3 приведены построенные зависимости закона перемещения прядок волокон хлопка по поверхности зуба пилы при различных значениях коэффициента трения между прядками и зубом пилы. Здесь  $f$ : кривая 1 – 0,2; 2 – 0,3; 3 – 0,4.

Из полученных зависимостей видно, что с увеличением силы трения возрастает возможность захвата и увода прядки воло-

кон зубом пилы к колосниковой зоне и далее к процессу джинирования. При уменьшении силы трения ( $f=0,2$ ) прядка волокон перемещается вверх и, проскальзывая, выходит из контакта с зубом.

## ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено, что захват и протаскивание прядок волокон к зоне джинирования можно осуществлять при следующих параметрах системы:  $R=158$  мм;  $\omega=70\div 80$  1/с;  $f\geq 3,0$ ;  $F_{\text{сц}} < 548$  г,  $m \geq (0,61\div 0,66)$  мг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сабиров К. Совершенствование технологии джинирования хлопка // Проблемы текстиля. – Ташкент, 2005, №4. С.5...8.
2. Джаббаров Г.Дж. Технология первичной обработки хлопка. – Укитувчи. Ташкент, 1987.

Рекомендована кафедрой первичной обработки хлопка и кафедрой теории механизмов и деталей машин. Поступила 25.12.06.

УДК 677.072.32:677.027.625.111.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ ПРЯЖИ  
С АДГЕЗИОННЫМ СКРЕПЛЕНИЕМ ВОЛОКОН***А.Ф. КАПИТАНОВ, Е.С. МЕЛЬНИКОВА, Е.Н. ФЕДОРОВА***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Целью данного исследования был анализ элементов структуры пряжи, полученной по технологии адгезионного скрепления волокон (АСВ) [1].

Объектом исследования была аппаратная пряжа линейной плотности 170 текс (шерсть кроссбредная 46 – 48<sup>к</sup> – 80 %, волокно капроновое – 20 %), крашенная для ткачества, выработанная по технологии ЗАО "Московская тонкосуконная фабрика имени П. Алексеева".

Методика эксперимента состояла в следующем: пряжа раскручивалась над смотровым стеклом и из нее вырезался участок длиной 10 мм; волокна этого участка подвергались растаскиванию в поперечном относительно оси пряжи направлении до образования сетки, расположенной на площади около 100 мм<sup>2</sup> предметного стекла, на которое наносились 1...2 капли глицерина и образец плотно прижимался между покровным и смотровым стеклами. При увеличении микроскопа МБР-1 в 150 раз было изучено взаимное положение частиц латекса и волокон, среднее число частиц на участках пряжи, их средний минимальный и средний максимальный размеры. Типичный фрагмент изучаемой структуры получен с помощью фотомикроскопа НЕОРНОТ 2, соединенного с ПЭВМ, работающей по программе анализа изображений Image Score Color, и представлен на рис. 1.

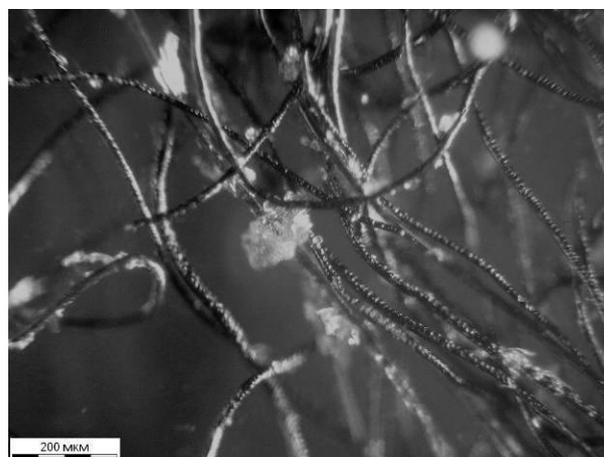


Рис. 1

Установлено, что фрагменты латекса в пряже могут образовывать склейки – элементы структуры, скрепляющие волокна силами адгезии (частицы латекса I рода); фрагменты латекса, расположенные на поверхности отдельных волокон, но не образующие склеек (II рода); фрагменты латекса, не связанные с волокнами (III рода). По визуальной оценке склейки имели объемные формы, а фрагменты II и III рода представляют собой части пленок ячеек пены – рабочей среды, применявшейся для нанесения латексного раствора на пряжу [1]. В табл. 1 приведены результаты статистической обработки данных, характеризующих частицы I, II и III рода.

Таблица 1

Род частицы	Среднее число частиц на 10 мм пряжи	Средний минимальный размер, мкм	Средний максимальный размер, мкм
I	20,13	30,18	63,31
II	13,07	30,60	54,63
III	29,03	22,67	46,88

Расчет показал, что среднее число волокон в одной склейке равно 4,06. Приведенные выше результаты обработки данных эксперимента получены при относительных статистических ошибках средних показателей, равных 3,81...5,09 % при доверительной вероятности 0,954.

Полученные данные показывают:

- помимо склеек латекса связующее фиксируется на волокнах в виде частиц ячеек пены и не образует склеек, что ведет к дополнительному расходу латекса без достижения положительного эффекта;

- склейки имеют неправильную форму, которая частично идентифицируется с известными [2];

- числа частиц латекса, их размеры, числа волокон в склейках являются случайными величинами.

Распределение числа склеек и числа волокон в склейках представлено в табл. 2 и 3.

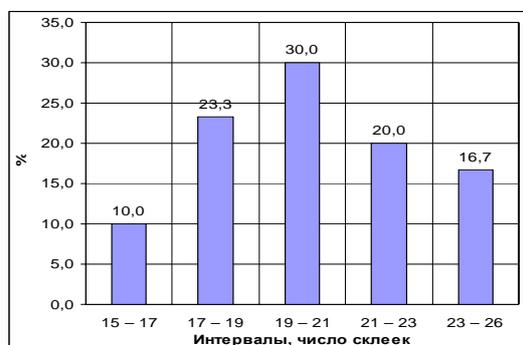


Рис. 2

Оценка соответствия экспериментальных данных, приведенных в табл. 2, 3, выявила соответствие их нормальным распределениям. Расчетный критерий Смирнова-Колмогорова для распределения числа склеек на участках пряжи  $\lambda_{\text{расч}} = 0,68 < \lambda_{\text{табл}} = 1,4$ , а для распределения числа волокон в склейках  $\lambda_{\text{расч}} = 0,47 < \lambda_{\text{табл}} = 1,4$  [3]. Кроме того, установлено, что между числом склеек и числами волокон в склей-

Таблица 2

Интервалы, число склеек	Частота	Процентное содержание, %
15 – 17	3	10,0
17 – 19	7	23,3
19 – 21	9	30,0
21 – 23	6	20,0
23 – 26	5	16,7

Таблица 3

Интервалы, число волокон	Частота	Процентное содержание, %
56 – 73	5	16,7
73 – 90	11	36,7
90 – 107	8	26,7
107 – 124	4	13,3
124 – 141	2	6,7

Данные табл. 2, 3 иллюстрируются гистограммами (рис. 2, 3).

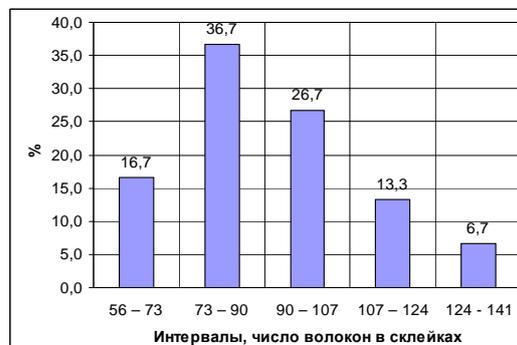


Рис. 3

ках отсутствует корреляционная связь (коэффициент корреляции равен 0,14).

Оценка совершенства структуры пряжи осуществлялась методами, основанными на двух гипотезах.

Первая гипотеза: пряжа имеет приемлемую структуру, если существует непрерывный вдоль пряжи каркас из волокон, пронизывающих склейки. Доля таких волокон на отдельных участках является случайной величиной, что соответствует

ранее полученным результатам. В соответствии с известным [4] положением теории фракталов средняя величина этой доли равна  $\delta = 0,59$  от общего числа волокон  $n$  в сечении пряжи, а допустимые колебания доли оцениваются величиной, равной  $\sigma = \pm 3C/\pi^{0.5/\nu}$ , где  $C, \nu$  – постоянные величины, равные соответственно 0,59 и 1,3 [4].

В соответствии с этой гипотезой среднее число волокон в склейках должно быть равным 194, а допустимые интервалы варьирования числа волокон в склейках 133...260. Полученные фактические результаты отличаются от указанных: среднее число волокон в склейках – 92, интервалы варьирования 56...141.

Таким образом, существует необходимость дальнейшего совершенствования структуры пряжи и технологии ее получения. Этот метод оценки структуры пряжи учитывает одну из двух ее характеристик и

может служить для ориентированной оценки качества структуры.

Вторая гипотеза: пряжа имеет приемлемую структуру, если доля  $q_{\text{ф}}$  нежелательных участков пряжи длиной, например, 10 мм, на которой большее число склеек скрепляют малое число волокон или малое число склеек скрепляют большее число волокон, не превышает некоторой допустимой величины  $q_{\text{доп}}$ . Эта гипотеза потребовала построения случайной двумерной модели структуры.

Используя таблицу случайных чисел, осуществили виртуальное построение структуры пряжи со случайно распределенными участками с числом склеек на них согласно табл. 2 и числом волокон в склейках согласно табл. 3. Для примера были получены данные 100 участков пряжи длиной 10 мм каждый. Фрагмент такой структуры в табличной форме приведен ниже (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Номер участка пряжи	1	2	3	...	8*	...	28*	...	100
Число склеек на ед. длины пряжи $n_A$ , шт.	17	18	20	...	15	...	26	...	18
Число волокон в склейках на ед. длины пряжи $m_B$ , шт.	98	81	115	...	132	...	64	...	98
Вероятность появления данного участка $P(A \text{ и } B)$	0,027	0,085	0,039	...	0,007	...	0,028	...	0,062

П р и м е ч а н и е. \* Нежелательные участки.

Согласно теории умножения для независимых событий [3] вероятность  $P(A \text{ и } B)$  показывает, что на участке длиной 10 мм будет иметь место  $n_A$  склеек, скрепляющих  $m_B$  волокон:

$$P(A \text{ и } B) = P(A) P(B),$$

где  $P(A), P(B)$  – вероятность наступления события, характеризующегося соответственно числом склеек  $n_A$  и числом волокон в склейках  $m_B$ .

Расчеты показали, что число нежелательных участков в рамках данного исследования равно 3, следовательно,  $q_{\text{ф}} = 0,03$ ; эту величину необходимо сопоставить с допустимой величиной  $q_{\text{доп}}$  для решения вопроса о качестве структуры пряжи.

Эта модель структуры пряжи с АСВ более точна, чем первая, и учитывает ее особенности.

## В Ы В О Д Ы

1. В качестве характеристик структуры пряжи с адгезионным скреплением волокон целесообразно использовать: число склеек, число волокон в склейках на единицу длины пряжи.

2. Для оценки совершенства структуры пряжи с АСВ целесообразно использовать двухмерную модель случайного распределения величин ее характеристик вдоль пряжи с оценкой доли нежелательных участков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капитанов А.Ф., Мельникова Е.С., Баранова Е.В., Лайков А.П. Технология бескруточной ворсовой пряжи с адгезионным скреплением волокон // Текстильная промышленность. Научный Альманах. – 2006, №7. С. 17-19.

2. Бершнев Е.Н., Горчакова В.М., Курицына В.В., Овчинникова С.А. Физико-химические и комбинированные способы производства нетканых материалов. – М.: Легпромбытиздат. – 1993.

3. Виноградов Ю.С. Математическая статистика и ее применение в текстильной и швейной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1970.

4. Эфрос А.П. Физика и геометрия беспорядка. – М.: Наука, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 25.12.06.

УДК 677.021

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ВОЛОКОН СМЕСИ НА НЕРОВНОТУ ПРЯЖИ

В.А. БОРИСОВ, А.Н. ЧЕРНИКОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Одним из эффективных методов определения влияния параметров свойств волокон смеси на неровноту пряжи и, в частности, на количество волокон в сечении пряжи является имитационное моделирование волокнистого продукта. С целью исследования влияния средней длины волокон смеси ( $\ell$ , мм), коэффициента вариации по длине волокон смеси ( $C$ , %) и периодической составляющей неровноты была разработана модель волокнистого продукта.

В процессе моделирования волокнистый продукт рассматривался как нестационарный пуассоновский поток, интенсивность которого изменяется по периодическому закону, содержащему одну или несколько гармонических составляющих. Интенсивность потока определяется следующим соотношением [1]:

$$\mu_i = \mu_0 + \sum_{k=1}^s A_k \sin(\omega_k \ell + \varphi_k), \quad (1)$$

где  $\mu_0$  – среднее количество концов волокон на длине  $d\ell$ ;  $A_k$ ,  $\omega_k$ ,  $\varphi_k$  – амплитуда, частота и начальная фаза  $k$ -й гармоники волны соответственно;  $\ell$  – длина волокон смеси.

Моделирование волокнистого продукта

осуществлялось на базе пакета MathCAD посредством разработанной программы, включающей следующие основные процедуры:

– генерация длины волокна  $\ell$ : известно [2], что распределение длины волокна унимодально, расположено в области положительных значений в определенных ограниченных пределах, причем может иметь как положительную, так и отрицательную асимметрию (а также быть симметричным). Семейство бета-распределений позволяет удовлетворить всем этим требованиям при заданных среднем коэффициенте вариации, минимальном и максимальном значениях генерируемой случайной величины. Поскольку имеющая бета-распределение величина  $z$  меняется в диапазоне от 0 до 1, ее генерируемое значение необходимо масштабировать к диапазону  $(\ell_{\min}, \ell_{\max})$  с помощью преобразования:  $\ell = \ell_{\min} + z(\ell_{\max} - \ell_{\min})$ . Параметры бета-распределения  $a$  и  $b$  выбираются так, чтобы математическое ожидание и коэффициент вариации  $z$  совпадали с соответствующим образом перемасштабированными математическим ожиданием и коэффициентом вариации характеристики волокна;

– генерация количества задних концов

волокон  $n$ , приходящихся на длину ( $l_i$ ,  $l_i+dl$ ), как случайной величины, распределенной по закону Пуассона с параметром  $\mu_i$ ;

- суммирование количества волокон в каждом сечении при известной плотности концов волокон в длине каждого волокна;
- определение количества волокон в

сечении наиболее толстого и наиболее тонкого участков волокнистого продукта на отрезке заданной длины.

В процессе моделирования рассматривались смеси волокон, основные параметры которых представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Обозначения	Средняя длина $\bar{l}$ , мм	Коэффициент вариации $C$ , %
Базовый компонент (хлопковое волокно)		
ИБ	34,1	25,66
Компоненты смеси (хлопковое волокно)		
ИС	32,4	25,3
ПС	30,74	24,92
ШС	29,07	24,46
IVС	27,93	23,95

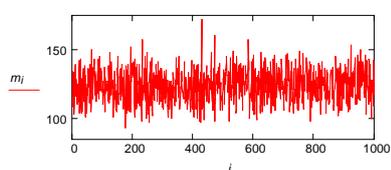
Основные параметры смеси волокон оценивались посредством известных методик [3]. В табл. 2 и 3 представлены результаты моделирования: табл. 2 – среднее

число волокон в сечении пряжи ( $m$ ); табл. 3 – коэффициент вариации по числу волокон в сечении ( $C$ , %).

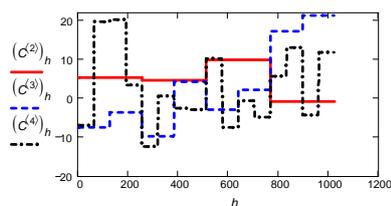
Т а б л и ц а 2

Обозначения		Количество гармонических составляющих и их параметры								
		k=1: A=0,3 кол/мм, период T=100 мм			k=2: A <sub>1</sub> =A <sub>2</sub> =0,3 кол/мм, T <sub>1</sub> =100 мм; T <sub>2</sub> =250 мм			k=2: A <sub>1</sub> =0,3 кол/мм, A <sub>2</sub> =0,9 кол/мм, T <sub>1</sub> =100 мм; T <sub>2</sub> =250 мм		
		Линейная плотность пряжи, текс								
		20	25	29	20	25	29	20	25	29
ИБ+ИС	0,8+0,2	124,003	154,540	179,717	123,976	155,061	179,732	124,462	154,799	179,533
	0,6+0,4	123,812	154,894	179,723	123,498	154,905	179,659	123,450	155,012	179,307
	0,4+0,6	123,791	154,895	179,537	123,630	154,331	180,025	123,717	154,898	180,100
	0,2+0,8	124,252	154,421	179,621	124,121	154,705	180,055	125,613	155,623	180,126
ИБ+ПС	0,8+0,2	124,077	154,751	178,453	124,264	154,753	179,820	124,263	155,230	180,492
	0,6+0,4	123,793	153,931	178,715	124,336	155,294	179,515	123,904	155,061	180,338
	0,4+0,6	123,876	155,047	178,872	124,269	154,721	180,506	123,841	155,900	180,038
	0,2+0,8	123,044	155,393	179,072	123,721	155,601	180,643	123,817	154,966	180,471
ИБ+ШС	0,8+0,2	123,132	154,777	179,453	123,676	155,192	180,420	123,633	154,558	179,592
	0,6+0,4	124,102	154,392	179,313	124,485	154,646	180,314	123,751	154,696	179,757
	0,4+0,6	124,101	154,986	179,166	124,324	155,269	179,061	123,667	154,861	179,490
	0,2+0,8	123,901	154,833	179,165	124,168	154,812	178,979	124,390	155,749	179,600
ИБ+IVС	0,8+0,2	123,853	153,639	179,753	123,968	155,135	178,896	124,361	155,468	179,456
	0,6+0,4	124,152	153,922	179,522	124,123	154,895	178,925	123,938	154,499	179,337
	0,4+0,6	124,224	154,948	179,453	124,300	155,729	179,930	124,040	154,982	179,475
	0,2+0,8	123,206	155,536	179,563	124,089	154,817	179,844	124,779	155,626	179,259

Обозначения		Количество гармонических составляющих и их параметры								
		k=1: A=0,3 кол/мм, период T=100 мм			k=2: A <sub>1</sub> =A <sub>2</sub> =0,3 кол/мм, T <sub>1</sub> =100 мм; T <sub>2</sub> =250 мм			k=2: A <sub>1</sub> =0,3 кол/мм, A <sub>2</sub> =0,9 кол/мм, T <sub>1</sub> =100 мм; T <sub>2</sub> =250 мм		
		Линейная плотность пряжи, текс								
		20	25	29	20	25	29	20	25	29
ИБ+ИС	0,8+0,2	9,079	8,007	7,642	9,155	8,382	7,161	9,032	8,253	7,684
	0,6+0,4	9,227	8,191	7,531	9,021	7,723	7,265	8,962	7,808	7,766
	0,4+0,6	9,241	7,726	7,422	9,095	7,736	7,365	8,850	8,089	7,339
	0,2+0,8	8,870	8,376	7,449	9,030	7,924	7,401	8,736	7,962	7,223
ИБ+ИС	0,8+0,2	8,965	7,957	7,213	8,969	7,934	7,680	8,773	7,923	7,399
	0,6+0,4	9,150	7,918	7,331	8,562	8,128	7,601	8,749	8,231	7,335
	0,4+0,6	9,112	7,921	7,365	8,573	8,211	7,399	8,683	8,061	7,433
	0,2+0,8	9,019	7,871	7,350	9,569	8,033	7,360	9,088	7,665	7,463
ИБ+ИС	0,8+0,2	9,117	7,930	7,581	9,408	8,070	7,439	9,238	7,925	7,550
	0,6+0,4	9,148	8,008	7,547	9,310	7,894	7,521	8,720	7,903	7,556
	0,4+0,6	9,129	7,624	7,275	9,225	8,107	7,461	8,785	7,573	7,307
	0,2+0,8	8,919	8,175	7,225	9,035	8,163	7,472	9,252	8,161	7,173
ИБ+ИС	0,8+0,2	8,876	8,053	7,644	9,039	7,875	7,252	9,225	8,246	7,729
	0,6+0,4	8,467	8,232	7,578	9,178	8,043	7,420	8,748	7,926	7,742
	0,4+0,6	8,555	7,889	7,394	9,111	8,398	7,805	8,818	8,060	7,459
	0,2+0,8	8,984	8,466	7,414	9,049	8,019	7,780	9,177	8,201	7,439

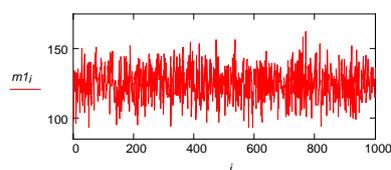


а)

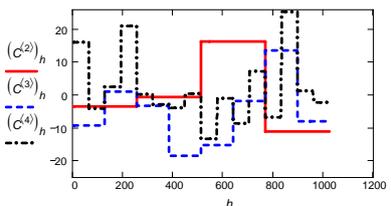


б)

Рис. 1

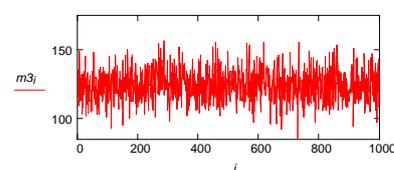


а)

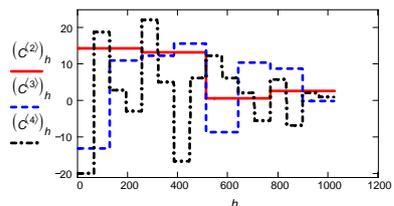


б)

Рис. 2



а)



б)

Рис. 3

На рис. 1-а, 2-а и 3-а представлены результаты моделирования для пряжи линейной плотности  $T_{\text{ЛП}} = 20$  текс при различном количестве и параметрах гармонических составляющих (рис. 1: а) – волокнистый продукт с одной периодической составляющей; рис. 2: а) – волокнистый продукт с двумя периодическими состав-

ляющими (одинаковые амплитуды, различный период); рис. 3: а) – волокнистый продукт с двумя периодическими составляющими (разные амплитуды и периоды); б) – для рис. 1...3 – вейвлет спектр (первые три коэффициента). С целью выявления изменений в приведенных данных для них было реализовано вейвлетное преобразо-

вание, графики которого представлены на рис. 1-б, 2-б и 3-б соответственно.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– неровнота пряжи линейной плотности 20 текс зависит от свойств волокон смеси и для смеси (ІБ+ІС) приводит к некоторому снижению неровноты, неровнота пряжи, выработанной из волокон смеси (ІБ+ІС) возрастает на незначительную величину, а для пряжи, выработанной из волокон смесей (ІБ+ІІС, ІБ+ІVС), изменения неровноты незначительны;

– неровнота пряжи линейной плотности 25 текс зависит от свойств волокон смеси и для смеси (ІБ+ІС) приводит к некоторому снижению неровноты, а для пряжи, выработанной из волокон смесей (ІБ+ІС, ІБ+ІІС, ІБ+ІVС), изменения неровноты незначительны;

– неровнота пряжи линейной плотности 29 текс зависит от свойств волокон смеси и для смесей (ІБ+ІС, ІБ+ІС, ІБ+ІІС,

ІБ+ІVС) изменения неровноты незначительны.

## ВЫВОДЫ

Установлено влияние свойств волокон смеси на неровноту пряжи трех линейных плотностей. По мере возрастания величины линейной плотности эффекты влияния для различных смесей на неровноту пряжи сглаживаются.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рыклин Д.Б., Коган А.Г. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей. – Витебск: УО "ВГТУ", 2002.
2. Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006.
3. Борзунов И.Г., Бадалов К.И. и др. Прядение хлопка и химических волокон/Учебник для втузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 25.12.06.

УДК 677.051.164

## ВЛИЯНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ВОЛОКНА НА НЕРОВНОТУ В ПРОЦЕССЕ ВЫТЯГИВАНИЯ

С.А.НОСКОВА, О.Н.ИВАНОВА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Анализ результатов многочисленных исследований, проведенных известными учеными [1...3], позволяет сделать вывод о том, что процессы вытягивания, осуществляемые в том числе и на ленточных машинах, являются определяющими при повышении эффективности технологических процессов для улучшения качества ленты и пряжи. Повышение качества пряжи и снижение ее обрывности зависит от уровня неровноты полуфабрикатов по линейным физико-механическим показателям.

Степень совершенства процессов вытягивания и свойства волокон определяют в большей степени уровни неровноты по толщине и длине продуктов прядения и,

следовательно, качественные показатели выпускаемой продукции. Поэтому изучение процесса вытягивания, совершенствование вытяжных приборов на ленточных машинах, оптимизация технологических параметров заправки вытяжных приборов являются основными направлениями исследования.

Основными факторами, влияющими на неровноту по толщине ленты, являются:

- величина общей вытяжки, а также соотношение частных вытяжек в вытяжном приборе;
- соотношение разводки и длины волокна;

- линейная плотность входящего продукта;
- характер поля сил трения в вытяжном приборе;
- нагрузка на нажимные валики;
- свойства волокон (длина, линейная плотность, влажность, коэффициент трения, извитость, зрелость, распрямленность и др.).

В зависимости от степени влияния каждого из этих факторов и их взаимодействия во времени возникают отклонения в условиях протекания технологических процессов, что приводит к колебаниям показателей качества полуфабрикатов, то есть к возникновению неровноты по структуре и физико-механическим свойствам продуктов прядения.

Для выявления влияния линейной плотности волокон на изменение квадратической неровноты ленты по толщине производилась выработка пряжи из ленты линейной плотности  $T=42$  текс. В качестве сырья использовались средневолокнистые сорта селекционных видов узбекского хлопчатника.

При проведении эксперимента была выбрана сортировка, где средневзвешенное значение линейной плотности волокна составило  $T_v=0,157$  текс. Эксперимент проводился на ленточной машине Л2-50-1М. Величина общей вытяжки и соотношение частных вытяжек в вытяжном приборе, разводки, нагрузки на валики – являлись оптимальными для средневзвешенных показателей свойств волокон используемой сортировки.

В результате были получены следующие данные: линейная плотность чесальной ленты  $T_q=3,7$  ктекс, на выходе из ленточной машины  $T_l=3,0$  ктекс; коэффициент вариации на приборе Устер чесальной ленты  $C_{дч}=4,7\%$ ; ленты на выходе из ленточной машины  $C_{дл}=5,4\%$ .

Полученные данные использовались для определения эффективности работы вытяжного прибора на ленточной машине [4].

$$\Delta C_{в.пр}^2 = C_{выт}^2 - C_{г.выт}^2 = C_{дл}^2 - C_{дч}^2 - C_{гч}^2 (E - 1). \quad (6)$$

Чем меньше значение этой характеристики, тем более совершенно движение

Квадратическая неровнота ленты определяется по следующей зависимости:

$$C_{дл}^2 = C_{дч}^2 + C_{выт}^2, \quad (1)$$

где  $C_{выт}$  – величина квадратической неровноты от вытягивания, %.

Гипотетическая величина квадратической неровноты от вытягивания зависит от разницы гипотетической неровноты ленты с ленточной и чесальной машин:

$$C_{г.выт}^2 = C_{гч}^2 - C_{гл}^2, \quad (2)$$

где  $C_{гч}$  – неровнота (гипотетическая) чесальной ленты до вытягивания, %;  $C_{гг}$  – неровнота гипотетического продукта после вытягивания, %.

Используя вероятностную модель волокнистых продуктов прядения, можно определить коэффициент вариации гипотетической чесальной ленты и ленты с ленточной машины в зависимости от числа волокон в поперечном сечении:

$$C_{гч}^2 = \frac{100^2 K^2}{m_1} \quad (3)$$

и

$$C_{гл}^2 = \frac{100^2 K^2}{m_l} = \frac{100^2 K^2 E}{m_ч} = C_{гч}^2 E, \quad (4)$$

где  $E$  – вытяжка на ленточной машине;  $m_ч, m_l$  – количество волокон в поперечном сечении чесальной ленты, ленты с ленточной машины.

Используя формулы (2...4) получим:

$$C_{г.выт}^2 = C_{гч}^2 (E - 1). \quad (5)$$

Абсолютная величина квадратической неровноты  $\Delta C_{в.пр}^2$ , обусловленная несовершенной работой вытяжного прибора, запишется так:

волокон в вытяжном приборе и, следовательно, меньше неровнота продуктов пряжи по линейной плотности.

Результаты расчетов для разных линейных плотностей волокон средневолнистых сортов хлопка представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Линейная плотность волокна, текс	Число волокон в поперечном сечении		Неровнота гипотетическая, %	
	чесальной ленты $\overline{m}_ч$	ленты с ленточной машины $\overline{m}_л$	чесальной ленты $C_{гч}$	ленты с ленточной машины $C_{гл}$
0,14	28571	26586	0,627	0,650
0,15	26667	24813	0,649	0,673
0,16	25000	23263	0,670	0,695
0,17	23529	21894	0,691	0,716
0,18	22222	20678	0,711	0,737
0,19	19884	19589	0,752	0,757

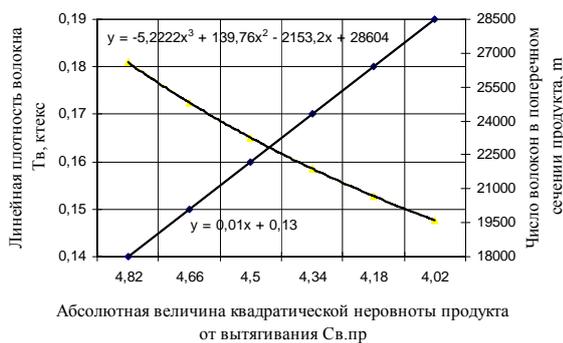


Рис. 1

По результатам проведенных расчетов были получены зависимости влияния линейной плотности волокна на квадратическую неровноту ленты после процесса вытягивания. Графики этих зависимостей представлены на рис. 1.

Абсолютная величина квадратической неровноты от вытягивания уменьшается с уменьшением числа волокон в поперечном сечении ленты и при увеличении линейной плотности волокна.

На пряжу линейной плотности 42 текс распространяются требования отраслевого стандарта ОСТ 17-96-86, в соответствии с которым отклонения по линейной плотности чесальной ленты должны находиться в пределах:

$$T_{ч}(0,01+d_2) \leq T_{ч} \leq T_{ч}(0,01-d_2), \quad (7)$$

$$T_{ч}(0,01+2) \leq T_{ч} \leq T_{ч}(0,01-2,5)$$

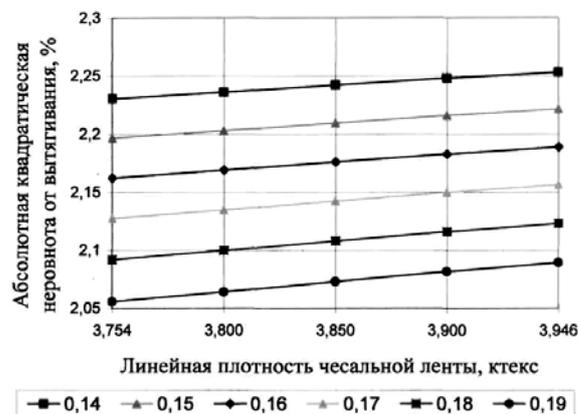


Рис. 2

На рис. 2 представлены зависимости квадратической неровноты чесальной ленты от линейной плотности чесальной ленты при разных значениях линейной плотности волокна используемого сырья. Из рисунка видно, что величина абсолютной квадратической неровноты от вытягивания увеличивается с увеличением линейной плотности чесальной ленты. Изменение линейной плотности волокна в сырье на 0,01 текс вызывает изменение квадратической неровноты при вытягивании от 1,33 до 1,42%.

Поскольку увеличение неровноты ленты вызывает рост неровноты по линейной плотности и разрывной нагрузке пряжи, следует стремиться к поддержанию постоянного волокнистого состава смеси.

## В Ы В О Д Ы

1. Абсолютная величина квадратической неровноты от вытягивания уменьшается с уменьшением числа волокон в поперечном сечении ленты и при увеличении линейной плотности волокна.

2. Абсолютная квадратическая неровнота от вытягивания увеличивается с увеличением линейной плотности чесальной ленты.

3. Изменение линейной плотности волокна в сырье на 0,01 текс вызывает изменение квадратической неровноты при вытягивании от 1,33 до 1,42%.

1. Плеханов Ф.М., Плеханов А. Ф. Прядение: прошлое и настоящее. Курс лекций. – Иваново, 2000.

2. Севостьянов А.Г. Современные методы исследования неровноты продуктов хлопкопрядения. – М.: Легкая индустрия, 1966.

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

4. Черников А.Н., Борзунов И.Г. Методические указания. Неровнота продуктов прядения. – 1987.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 25.12.06.

#### ЛИТЕРАТУРА

УДК 677.21.022.3

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАПРАВКИ НА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

Н.В. СТЕПНОВ, А.С. СМИРНОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

В условиях производства конкретного хлопкопрядильного предприятия эффективность использования кольцепрядильных машин во многом зависит от высоты  $H_n$  намотки пряжи на патрон и диаметра кольца  $d_k$ .

Анализируя эффективность работы кольцевой прядильной машины методом причинно-следственных связей [1], было выявлено, что частота вращения веретен  $n_v$ , линейная плотность пряжи  $T_{пр}$ , диаметр прядильного кольца  $d_k$  и высота намотки  $H_n$  находятся в тесном взаимодействии. В ходе исследования установлено общее ( $\Gamma_{ij}$ ) и непосредственное ( $g_{ij}$ ) влияние каждого из факторов на критерии оптимизации. Вычислен эффект сопутствия ( $\Gamma_{ij}-g_{ij}$ ) как разность между общим и непосредственным влиянием (табл. 1).

1→2	0,464	0,464	0
-----	-------	-------	---

Анализ табл. 1 показал, что:

1) существует причинно-следственная связь между частотой вращения веретен, линейной плотностью, диаметром кольца и высотой подъема кольцевой планки ( $\Gamma_{ij}=1$ ,  $\Gamma_{ij}-g_{ij}=0,464$ );

2) непосредственное влияние оказывают друг на друга диаметр кольца и частота вращения веретен ( $g_{ij}=1$ ), диаметр кольца и высота намотки ( $g_{ij}=1$ );

3) существует косвенное влияние высоты намотки на частоту вращения веретен ( $\Gamma_{ij}-g_{ij}=1$ ), линейной плотности на диаметр кольца ( $\Gamma_{ij}-g_{ij}=0,464$ );

4) возникает как непосредственное, так и косвенное влияние линейной плотности на частоту вращения веретен ( $g_{ij}=0,536$ ;  $\Gamma_{ij}-g_{ij}=0,464$ ).

Установлено, что данная многофакторная взаимосвязь оказывает существенное влияние на затраты труда, капитальные вложения и себестоимость пряжи. В силу этого необходимо построить математические модели, описывающие связь технологических и экономических параметров.

Т а б л и ц а 1

Направление связей	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
1→4	1	0,536	0,464
2→4	1	0	1
3→4	1	1	0
1→3	0,464	0	0,464
2→3	1	1	0

Математическое моделирование процесса прядения проводилось для пряжи линейных плотностей  $T_{пр}=(10 \dots 29)$  текс, при различных диаметрах колец ( $d_k=42,45,48,50,55$  мм) и разной высоте намотки на початок  $H_n = 200-240$  мм [2].

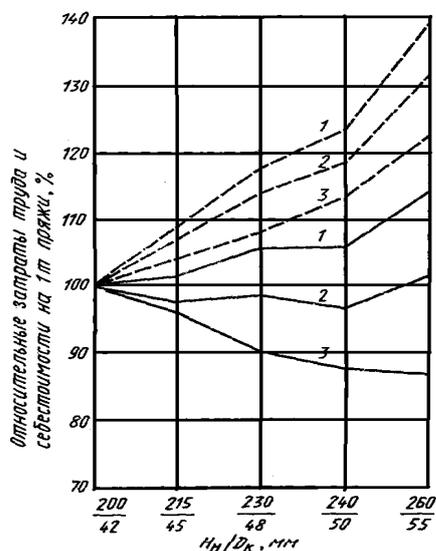


Рис. 1

В ходе аналитического исследования получен график (рис. 1: ----- — относительная себестоимость, %; — — относитель-

ные затраты труда, %), показывающий влияние диаметра кольца и высоты намотки на относительные затраты труда и себестоимость на 1 т пряжи, выработанной на кольцевой прядильной машине П-75А для линейных плотностей: 1 —  $T_{пр}=10$  текс, 2 —  $T_{пр}=18,5$  текс, 3 —  $T_{пр}=29$  текс. Относительные затраты труда и себестоимость вырабатываемой пряжи выражались в процентах от аналогичных затрат при использовании машин с параметрами  $H_n=200$  мм и  $d_k=42$  мм.

Для выбора оптимальных параметров заправки (диаметра прядильного кольца  $d_k$  и высоты намотки  $H_n$ ) использовалась методика математического моделирования [3], позволившая получить регрессионные уравнения, описывающие влияние параметров заправки кольцевой прядильной машины на затраты труда и себестоимость пряжи (табл.2,3).

Таблица 2

Параметры	-1	0	1	$I_i$
$X_1$	200	215	230	15
$X_2$	42	45	48	3

Таблица 3

Линейная плотность, текс	Уравнение	$H_n/d_k$
10 текс Y - относительная себестоимость Z - относительные затраты труда	$Y=108,6111+2,25x_1+6,5833x_2+0,125 x_1 x_2+0,083 x_1^2+0,0833 x_2^2$ $Z=101,2222+0,6667x_1+1,75x_2+0,25 x_1 x_2+0,1667 x_1^2+0,9167 x_2^2$	200/42
18,5 текс Y - относительная себестоимость Z - относительные затраты труда	$Y=106,0476+1,6428x_1+4,6905x_2+0,125 x_1 x_2+0,2143 x_1^2$ $Z=97,0159-0,3928x_1-1,0953x_2+0,1785 x_1 x_2+0,369 x_1^2+1,0953 x_2^2$	215/45
29 текс Y - относительная себестоимость Z - относительные затраты труда	$Y=103,3333x_1+2,8333x_2+0,125 x_1 x_2$ $Z=95,7778-1,25x_1-3,6667x_2-0,25 x_1 x_2+0,0833 x_1^2+0,6667 x_2^2$	230/48

Опыт работы отечественных предприятий показывает, что на частоту вращения веретен существенное влияние оказывает установка баллоноограничителей [4], [5]. Для исследования этого вопроса использовались известные формулы (1), (3), которые позволили оценить эффективность работы кольцевой прядильной машины с баллоноограничителем и без него.

Без баллоноограничителя:

$$n_0 = \frac{\beta_0 \cdot 3 \cdot 10^4 \sqrt{kp_0}}{\pi \cdot 1,1 H_n K_0}, \quad (1)$$

где  $n_0$  — частота вращения веретен в  $\text{мин}^{-1}$ ;  $k$  — коэффициент, характеризующий отношение натяжения нити в баллоне у бегунка к ее прочности на разрыв;  $p_0$  — относительная разрывная нагрузка одиночной нити, Н/текс;  $H_n$  — высота подъема кольцевой планки, м;  $K_0$  — коэффициент, учитывающий аэродинамическое сопротивление;  $\beta_0$

– коэффициент, характеризующий оптимальную конфигурацию формы прядильного баллона, который имеет выражение:

для хлопкопрядильных машин выведена простейшая зависимость:

$$\beta_0 = 0,0279 N_{\text{п}} / R + 2,4032, \quad (2)$$

где R – радиус кольца, м.

Практически при выработке хлопчатобумажной пряжи средней и большой линейной плотности значением этого коэффициента можно пренебречь.

С баллоноограничителем:

$$n_1 = \frac{\beta_1 \cdot 3 \cdot 10^4 \sqrt{kp_0}}{\pi \cdot 1,1 N_{\text{п}} \psi_0 K_1}, \quad (3)$$

где  $\psi_0$  – коэффициент, характеризующий оптимальное отношение высоты нижнего баллона к общей высоте баллона с кольцевым баллоноограничителем в опасном месте намотки;  $K_1$  – коэффициент запаса устойчивости формы баллона.

Для хлопкопрядильных машин рекомендуется экспериментальное значение  $\psi_0 = 0,5$ ;  $K_1 = 1,15$ .

Тогда для хлопкопрядильных машин будем иметь:

$$\beta_1 = 0,11 \psi_0 N_{\text{п}} / R + 1,4345. \quad (4)$$

В табл. 4 представлены расчетные данные.

Т а б л и ц а 4

Линейная плотность, текс	Высота подъема кольцевой планки Н, мм	Диаметр кольца d, мм	Частота вращения веретен	
			без баллоноограничителя $n_0$ , мин <sup>-1</sup>	с баллоноограничителем $n_1$ , мин <sup>-1</sup>
10	200	42	11420	15500
15	200	45	11450	15230
20	215	45	10830	14435
25	230	45	10295	13745
29	230	48	10305	13500

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение диаметра и высоты подъема кольцевой планки повышает относительные затраты труда для пряжи всех линейных плотностей.

2. Интенсивность увеличения относительных затрат повышается с уменьшением линейной плотности пряжи.

3. Увеличение диаметра и высоты намотки снижает относительную себестоимость пряжи для линейных плотностей 18,5 и 29 текс.

4. Использование баллоноограничителей повышает производительность машины до 10% и снижает себестоимость пряжи и затраты труда на 1...2%.

5. Получены математические модели, описывающие характер изменения себестоимости и затрат труда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003.
2. Магницкий А.А., Магницкий Н.А. Оптимальные процессы прядения. – М.: Легкая индустрия, 1979.
3. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Холодов Н.К. Определение оптимальной рабочей скорости веретен кольцепрядильной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №2.
5. Холодов Н.К. Методика определения расчетных дифференцированных показателей рабочей скорости веретен кольцепрядильных машин // Труды ВНИИЛтекмаш: Вопросы исследования новых способов прядения и конструирования машин прядильного производства. – М., 1985.

## ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МОДИФИКАЦИИ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССАХ ПРЯДЕНИЯ

С.А. ГОЛАЙДО

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Модификация фрикционных свойств волокон адекватно меняющимся целям и условиям осуществления процессов шерстопрядения является одним из эффективных способов совершенствования технологии [1]. Такая модификация осуществляется путем нанесения на волокнистые полуфабрикаты водных эмульсий поверхностно-активных веществ во вспененном состоянии.

Практическое исследование этого способа обработки полупродуктов требует создания средств генерирования, транспортировки и нанесения на них пены (пеногенераторов), средств автоматизации процесса эмульсирования и применения эмульсий с соответствующими свойствами, что являлось целью данной работы.

На кафедре технологии шерсти совместно с кафедрой автоматики и промэлектроники МГТУ им. А.Н. Косыгина разработан промышленный образец устройства для обработки ленты на чесальном аппарате, который включает пеногенератор, блок автоматического регулирования уровня эмульсии и синхронизации подачи сжатого воздуха с пуском и остановом аппарата.

Пеногенератор [2] (рис.1 – схема пеногенератора для обработки ленты на чесальном аппарате), имеющий форму прямого параллелепипеда с размерами 170x166x70 мм, снабжен системой полостей и каналов, соединенных между собой. Полость 1 генерации пены имеет насадку 2, воздух в которую подается по пневмоканалу 3. Полость 1 соединена горизонтальным каналом 4 с вертикальным каналом 5 для подачи эмульсии и полостью датчика уровня 7.

Полость 1 сообщается с пенопроводом 8 для вывода пены и ее нанесения между слоями А и В полупродукта Р.

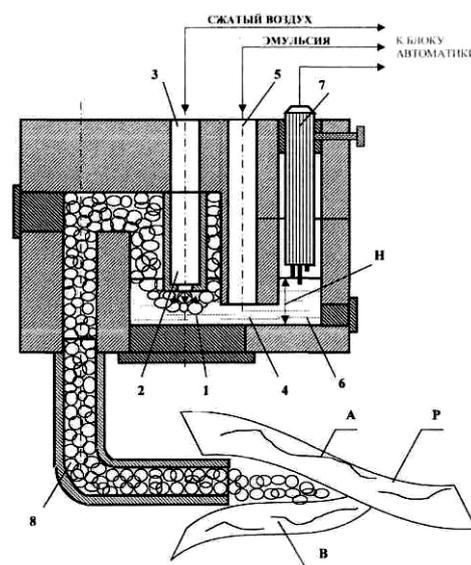


Рис. 1

При подаче сжатого воздуха в насадку 2, погруженную в эмульсию с поддерживаемым автоматически уровнем Н, имеет место барботаж жидкости. Пена заполняет свободное от эмульсии пространство полости 1 и по пенопроводу 8 поступает на движущийся полупродукт Р.

Для обеспечения работоспособности пеногенератора обоснованы следующие технологические требования к блоку автоматики: расход эмульсии 30...70 мл/мин, давление – не более  $0,2 \cdot 10^5$  Па, пределы регулирования уровня эмульсии  $\pm 2,0$  мм, избыточное давление 0,1-3 мм водного столба с относительной влажностью 3%.

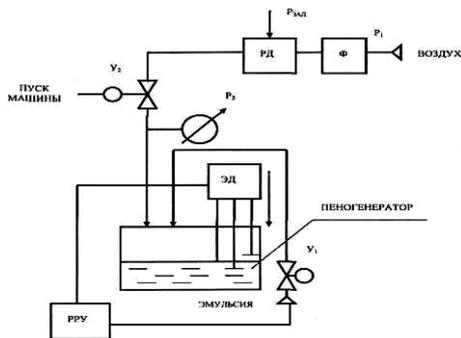


Рис. 2

Эмульсия подается в полость в канал 5 пеногенератора через электрифицированный клапан  $У_1$  (рис.2) от емкости для эмульсии. Промышленный воздух (давление около  $1 \cdot 10^5$  Па) проходит через фильтр П-5367, редуктор и пневмоклапан  $У_2$ . Расход эмульсии вызывает падение ее уровня в полостях 1 и 6, что требует поступления в пеногенератор дополнительного количества жидкости.

Схема автоматизации процесса пенообразования состоит из двух контуров: контура стабилизации уровня эмульсии и контура стабилизации заданного давления воздуха.

Контур стабилизации уровня эмульсии в пеногенераторе состоит из полупроводникового релейного регулятора РРУ с тремя электродными чувствительными элементами ЭД и электромагнитным клапаном  $У_1$ . В случае отклонения уровня от заданного (определяется положением электродов ЭД) включается или отключается подача эмульсии через  $У_1$ .

Контур стабилизации избыточного давления воздуха включает редуктор МН 2733-61 с датчиком и внутренним стабилизатором давления и выходной манометр  $P_2$  НМП-52-М1-432, контролирующей давление воздуха в пеногенераторе.

В качестве отсечного клапана  $У_2$  в контуре подачи воздуха могут быть применены: электромагнитный пневмоклапан, включаемый совместно с приводом машины, или пневмотумблер, который можно включать и выключать вручную.

Обоснован выбор концентраций водных эмульсий поверхностно-активных веществ: коприна-А и сельбаны, обеспечивающих процесс пенообразования в созданном устройстве. Эти поверхностно-

активные вещества применяются соответственно на ЗАО "Московская тонкосуконная фабрика имени Петра Алексеева" и ЗАО "Люберецкие ковры".

В приведенной ниже табл. 1 и на рис. 3 представлены зависимости времени генерации пены  $T_G$  и времени ее жизни  $T_{ж}$  от концентрации поверхностно-активных веществ в водном растворе (где а,б – время генерации и время жизни пены с использованием коприна-А, в,г – соответственно с использованием сельбаны). Эти критерии пенообразующей способности влияют на длительность транспортировки пены от места ее генерирования в пеногенераторе к месту ее нанесения на полупродукт (время  $T_G$ ) и на устойчивость пены к разрушению после ее образования (время  $T_{ж}$ ).

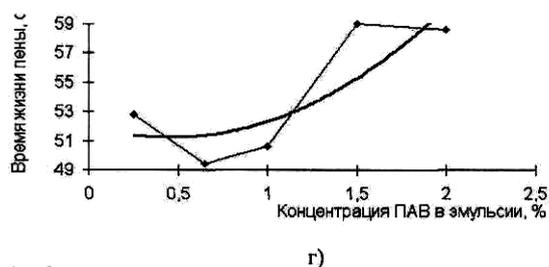
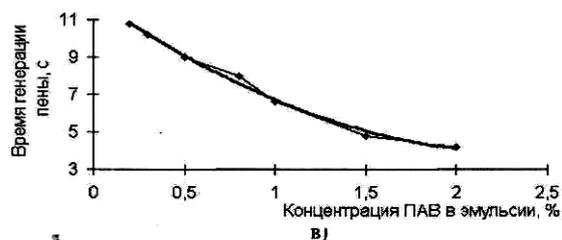
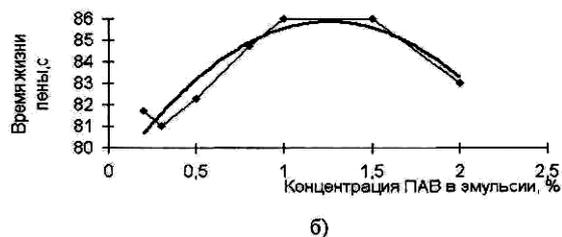
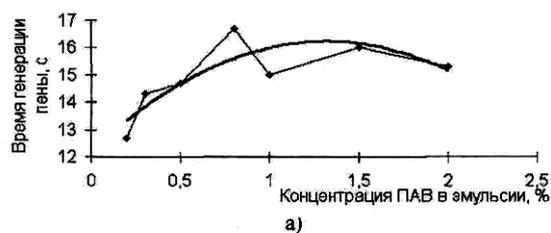


Рис. 3

В соответствии со способом эмульсирования необходимо стремиться к мини-

мизации времени генерирования пены и увеличению времени ее жизни. Оценка критериев пенообразующей способности эмульсий осуществлялась на лабораторном пеногенераторе конструкции МГТУ им.

А.Н.Косыгина при числе испытаний по каждому опыту, равном 10, что обеспечивало статистическую ошибку средних результатов не более 4,3% при доверительной вероятности 0,95.

Т а б л и ц а 1

ПАВ	Характеристики пенообразующей способности	Концентрация ПАВ, %						
		0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
Коприн-А	$T_{г}$ , с	12,7	14,3	14,7	16,7	15,0	16,0	15,3
	$T_{ж}$ , с	81,7	81,0	82,3	84,7	86,0	86,0	83,0
Сельбана	$T_{г}$ , с	10,8	10,2	9,0	8,0	6,6	4,8	4,2
	$T_{ж}$ , с	60,0	45,6	40,2	58,6	50,6	59,0	58,6

Экспериментальные зависимости описываются уравнениями:

$$1) \text{ время генерации пены для эмульсии} \\ \text{– с коприном-А: } T_{г1} = -2,315C^2 + 6,1107C + 12,193; \quad (1)$$

$$\text{– с сельбаной: } T_{г2} = 1,4053C^2 - 6,8844C + 12,1570; \quad (2)$$

$$2) \text{ время жизни пены для эмульсии} \\ \text{– с коприном-А: } T_{ж1} = -4,6777C^2 + 11,7440C + 78,4860; \quad (3)$$

$$\text{– с сельбаной: } T_{ж2} = 3,2389C^2 - 1,7926C + 50,9700. \quad (4)$$

Адекватность уравнений (1)...(4) экспериментальным данным установлена по критерию Фишера с доверительной вероятностью 0,95.

Полученные данные указывают на желательность выбора концентрации коприна-А  $C = 0,2-0,4\%$  и сельбаны  $C = 1,6-2,0\%$ , что обеспечивает минимальное время генерирования 13...14 с (для эмульсии с коприном-А) и 4...5 с (для эмульсии с сельбаной) при достаточном времени жизни пены 50...80 с.

Лабораторные испытания средств пенного эмульсирования, проведенные на кафедре технологии шерсти и в лаборатории кафедры автоматики МГТУ им. А.Н. Косыгина, выявили работоспособность устройства и пригодность эмульсий к производственной апробации.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан промышленный образец устройства, характеризующийся следующими техническими данными: количество эмульсии, наносимой на полупродукт, 30...70 мл/мин; пределы регулирования уровня эмульсии  $\pm 2$  мм; давление воздуха до  $0,2 \cdot 10^5$  Па; емкость бака для эмульсии 20 л; габаритные размеры пеногенератора 170x166x70 мм; габаритные размеры блока автоматики с емкостью 600x300x800 мм.

2. Для промышленной апробации рекомендуются водные эмульсии коприна-А ( $C = 0,2-0,4\%$ ) и сельбаны ( $C = 1,6-2,0\%$ ), что обеспечивает требуемые свойства вспененной эмульсии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капитанов А.Ф. Модификация свойств волокон в процессах прядения // Текстильная промышленность. – 1992, №10.

2. Устройство для эмульсирования волокнистого продукта на текстильной машине / Капитанов А.Ф., Зубарева Н.И., Струк С.А.: Свидетельство на полезную модель №12132, приоритет от 01.07.99.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти. Поступила 25.12.06.

УДК 677.051.164

## МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ДВУХРЯДНОГО РАЗРЫХЛИТЕЛЯ-ЧИСТИТЕЛЯ

А.С. ВАХОВСКИЙ, А.Ф. ПЛЕХАНОВ

В зависимости от траектории движения волокнистой массы в рабочей камере все разрыхлительно-очистительные машины можно разделить на два вида.

Первый – с траекторией движения волокнистой массы, перпендикулярной поверхности рабочего органа. К этому виду относятся все наклонные очистители, очистительные машины, имеющие игольчатую и пильчатую гарнитуры.

Второй – со сложной траекторией по спирали, когда волокнистая масса несколько раз возвращается к рабочим органам или системе рабочих органов. Этот принцип характерен для осевого очистителя, двух- и трехрядных рыхлителей-очистителей, а также в очистительных машинах фирм RIETER и TRUTZCHLER.

В двухрядном рыхлителе-очистителе движение клочков волокнистой массы представляет сложную спиралевидную траекторию [1]. Попадая в зону ножевых барабанов, клочки волокнистой массы вовлекаются во вращательное движение. Во избежание возможного накопления клочков волокнистой массы по окружности рабочих органов выпускное отверстие пневмопровода устанавливается со смещением относительно впускного патрубка. Эта конструктивная особенность создает условия движения клочков волокнистой массы по спирали.

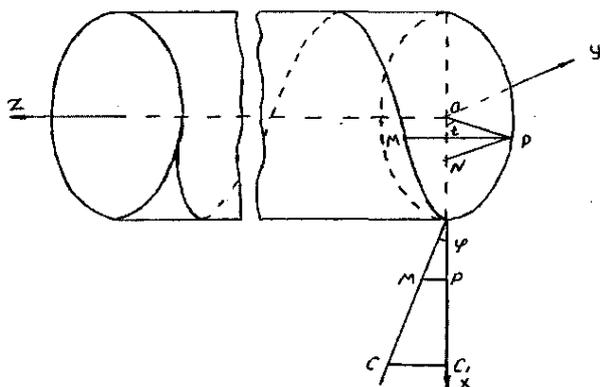


Рис. 1

Примем модель движения вокруг одного ножевого барабана, представленную на рис. 1.

Уравнение движения клочка волокнистой массы по спирали может быть представлено системой уравнений:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R^2, \\ \frac{y}{x} = \operatorname{tg} \frac{z}{R \operatorname{tg} \varphi}, \end{cases}$$

где R – радиус ножевого барабана, м; x, y, z – координаты центров масс клочков; t – центральный угол, град; phi – угол наклона спирали к плоскости, перпендикулярной оси вращения рабочего органа, град.

Исходя из уравнения можно определить координаты клочка волокнистой массы:

$$x = R \cos t, \quad y = R \sin t, \quad z = R t \operatorname{tg} \varphi.$$

Первоначально в двухрядном рыхлителе-очистителе волокнистая масса подавалась горизонтально. Нами были проведены опыты и предложен вертикальный способ подачи волокнистой массы в рабочую камеру машины (свидетельство на полезную модель № 29532).

Волокнистая масса подается в рабочую камеру машины со скоростью  $V_0$ . Происходит удар ножа барабана по клочку волокнистой массы (рис. 2 – результирующая сила F, действующая на клочок в момент удара по нему ножа барабана при вертикальной подаче волокнистой массы, подачи под углом и горизонтальном.).

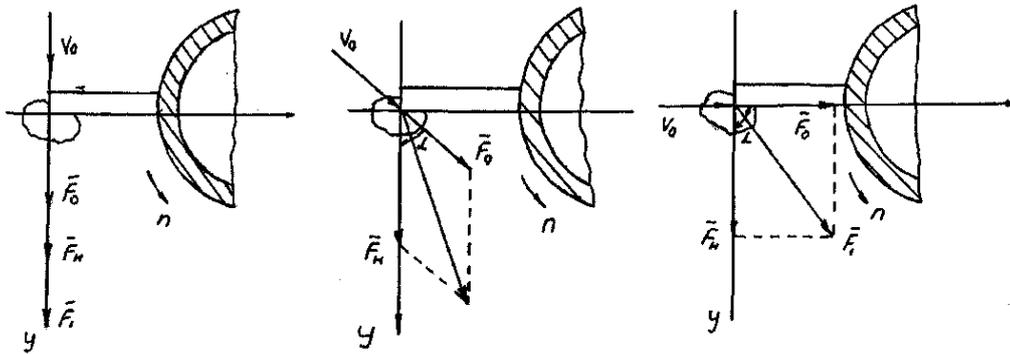


Рис. 2

Волокнистая масса подается в рабочую камеру разрыхлителя-чистителя со скоростью  $V_0$ . При вертикальном способе подачи волокнистой массы угол  $\alpha$  равен нулю, при подаче под углом он находится в пределах  $0 < \alpha < 90^\circ$ , при горизонтальном способе угол  $\alpha$  равен  $90^\circ$ .

Результирующая сила  $F_1$ , действующая на клочок волокнистой массы, будет складываться по правилу параллелограмма из силы, с которой клочок поступает в рабочую камеру разрыхлителя-чистителя  $F_0$ , и силы удара ножа барабана  $F_H$ .

При вертикальном способе подачи волокнистой массы в рабочую камеру рыхлителя-чистителя вектор силы, с которой движется клочок в момент попадания, совпадает с направлением вектора силы, действующей на клочок волокнистой массы со стороны ножа барабана. Сила  $F_1$  будет определяться по формуле:

$$\bar{F}_1 = \bar{F}_H + \bar{F}_0.$$

При горизонтальном способе подачи или подачи под углом волокнистой массы в рабочую камеру рыхлителя-чистителя результирующая сила будет определяться по формуле:

$$\bar{F}_1 = \sqrt{\bar{F}_H^2 + \bar{F}_0^2}.$$

Из проведенного анализа следует, что при постоянной скорости подачи клочков волокнистой массы  $V_0$  и постоянной линейной скорости рабочих органов сила  $F_1$ , которую приобретает клочок после удара при вертикальном способе, больше. Следовательно, на волокнистую массу, поступающую в рабочую камеру рыхлителя-чистителя вертикальным способом, будет действовать сила, большая по величине, и волокнистая масса будет интенсивнее разрыхляться.

## ВЫВОДЫ

На волокнистую массу, поступающую в рабочую камеру рыхлителя-чистителя вертикальным способом, будет действовать сила, большая по величине, и волокнистая масса будет интенсивнее разрыхляться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плеханов А.Ф. Безотходная технология в пневмопрядении. – М., 1994.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 25.12.06.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРУТКИ ПО БАЛЛОНУ ПРИ ПНЕВМОПРЯДЕНИИ

Е.А. ПОСЫЛИНА, И.Ю.ЛАРИН, Я.М.КРАСИК, Г.А.ХОСРОВЯН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Согласно [1] приращение крутки  $\Delta K$  на элементе траектории движения нити  $\Delta x$  пропорционально величине крутки:

$$\Delta K = -\alpha K \Delta x,$$

где  $\alpha = \text{const}$  – коэффициент пропорциональности.

Отметим, что утверждение, что  $\alpha = \text{const}$ , было принято в [1] без каких-либо обоснований. Тем не менее, более общий подход к выводу уравнения по распространению крутки приводит к другому результату. Известно, что величина приращения крутки может быть определена по формуле

$$\Delta K = K' \Delta x,$$

где  $x$  – координата, отсчитываемая по траектории пряжи от точки входа пряжи на воронку к точке съема (то есть  $x = 0$ , когда значение радиальной координаты  $r$  равно радиусу воронки  $r_b$ );  $K'$  – производная крутки  $K(x)$  по  $x$ .

Очевидно, что величина  $K'$  зависит от значения жесткости кручения пряжи  $C$ , а также от положения  $x$  рассматриваемой точки. С другой стороны, от координаты  $x$  зависит и значение крутки  $K$ , то есть  $K = K(x)$ . Отсюда следуют и значения обратной функции  $x = x(K)$ . Таким образом, можно записать следующее соотношение для функции  $K'$ :

$$K' = -f(C(x), x) = -f(C(x), x(K)),$$

где знак " - " перед  $f$  определяет падение крутки в сторону возрастания координаты  $x$  (то есть в направлении точки съема).

В первом приближении возьмем линейную зависимость  $f$  от  $K$ , то есть представим функцию  $f(C(x), x(K))$  в виде про-

изведения двух множителей, один из которых есть функция  $\alpha(x)$ , а другой – величина  $K(x)$ :

$$f(C(x), x(K)) = \alpha(x)K.$$

Следовательно,

$$\Delta K = -\alpha(x)K(x)\Delta x$$

или

$$\frac{\Delta K}{\Delta x} = -\alpha(x)K(x).$$

В пределе при  $\Delta x \rightarrow 0$  имеем, что

$$\frac{dK}{dx} = -\alpha(x)K(x).$$

Таким образом, получено уравнение, моделирующее распространения крутки вдоль баллона от точки съема до точки входа на воронку.

Величина  $K$  находится интегрированием правой и левой частей следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dK}{K} = -\alpha(x)dx.$$

Отсюда получаем последовательно:

$$\int_0^x \frac{dK}{K} = -\int_0^x \alpha(x)dx$$

или

$$\ln K(x) - \ln K_{\text{вх}} = -\int_0^x \alpha(x)dx,$$

где  $K_{\text{вх}}$  – крутка пряжи в точке  $x = 0$ .

Преобразуя полученное соотношение, имеем

$$\ln \frac{K}{K_{\text{вх}}} = - \int_0^x \alpha(x) dx .$$

Следовательно, получаем, что распространение крутки по баллону подчиняется экспоненциальному закону:

$$K = K_{\text{вх}} e^{-\int_0^x \alpha(x) dx} .$$

Что касается физического смысла величины  $\alpha$ , то в [2] ей приписывается смысл "жесткости кручения". Отметим, что жесткость кручения имеет размерность "Н·м<sup>2</sup>" [3], а величина  $\alpha(x)$  – размерность "м<sup>-1</sup>". Следовательно,  $\alpha$  имеет иной физический смысл, который отчасти может быть понятен из вывода компонентов, составляющих функцию  $K'$ . Очевидно, что величина  $\alpha$  зависит от жесткости на кручение пряжи. То есть  $\alpha = \text{const}$ , если жесткость кручения пряжи по контуру ее движения неизменна, и  $\alpha = \alpha(x)$ , если пряжа неоднородна по величине жесткости кручения.

Величина  $K_{\text{вх}}$  равна крутке пряжи на входе на фрикционную поверхность воронки. Процесс изменения крутки на фрикционной поверхности воронки рассмотрен в [4]. Величина  $K_{\text{вх}}$  согласно [4]:

$$K_{\text{вх}} = \omega_k [a_k (1 - \exp(k\varphi_{\text{охв}})) + 1] / (2\pi v_{\text{вып}}) ,$$

где  $a_k$  – параметр;  $\omega_k = \pi n_k / 30$  – угловая скорость вращения ротора;  $n_k$  – частота вращения ротора, мин<sup>-1</sup>;  $k = 0,18$  – коэффициент трения;  $v_{\text{вып}}$  – скорость выпуска пряжи.

Характер зависимости  $\alpha$  от жесткости кручения определим из следующего анализа изменения крутки на входе в воронку. Отметим, что если  $\alpha = \alpha_{\text{кон}} = \text{const}$ , то получаем, что

$$K = K_{\text{вх}} e^{-\alpha_{\text{кон}} x} .$$

Чтобы определить величину  $\alpha(x)$  при  $x=0$ , рассмотрим уравнение изменения крутки на фрикционной поверхности воронки, выведенное в [2]:

$$\frac{dK}{d\varphi} = - \frac{\omega_k k a_k}{2\pi v_{\text{вып}}} \exp(k\varphi) ,$$

где  $\varphi$  – угловая координата точки на траектории движения нити по воронке.

На входе на воронку, очевидно, что  $dx = r_\phi d\varphi$ , где  $r_\phi$  – радиус фрикционной поверхности воронки. Следовательно:

$$\left. \frac{dK(\varphi)}{r_\phi d\varphi} \right|_{\varphi_{\text{охв}}} = \left. \frac{dK(x)}{dx} \right|_{x=0} .$$

Поэтому

$$\left. \frac{dK(x)}{dx} \right|_{x=0} = - \frac{\omega_k k a_k}{2\pi r_\phi v_{\text{вып}}} \exp(k\varphi_{\text{охв}}) .$$

Из

$$\left. \frac{dK}{dx} \right|_{x=0} = -\alpha(0) K_{\text{вх}}$$

следует, что

$$\frac{\omega_k k a_k}{2\pi r_\phi v_{\text{вып}}} \exp(k\varphi_{\text{охв}}) = -\alpha(0) K_{\text{вх}} .$$

Так как

$$\alpha(0) = K_{\text{вх}}^{-1} \left. \frac{dK}{dx} \right|_{x=0} ,$$

то

$$\alpha(0) = \frac{\omega_k k a_k}{2\pi r_\phi v_{\text{вып}} K_{\text{вх}}} \exp(k\varphi_{\text{охв}}) .$$

Находим, учитывая соотношение для  $K_{\text{вх}}$ , что

$$\alpha(0) = \frac{ka_k \exp(k\varphi_{\text{оХВ}})}{r_{\text{ф}} \{a_k [1 - \exp(k\varphi_{\text{оХВ}})] + 1\}}$$

## ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель для определения крутки пряжи по баллону в прядильном роторе при пневмопрядении.

2. Раскрыта зависимость от жесткости пряжи на кручение параметра, включенного в модель.

1. Райкова Е.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 2. С.34...36.

2. Томин Н.Г., Ларин И.Ю., Посылина Е.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6. С.36...38.

3. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1989.

4. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 25.12.06.

## ЛИТЕРАТУРА

УДК 677.052

### ПАРАМЕТРЫ ЗАПРАВКИ МАШИН БД-200РЦЕ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ХЛОПКОЛАНСАНОВОЙ МЕЛАНЖЕВОЙ ПРЯЖИ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ 50 ТЕКС\*

Е.В. СТАРОСТИНА, А.Г. ГОРЬКОВА, С.Л. ХАЛЕЗОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для эффективного использования машин БД-200РЦЕ в меланжевом производстве исследовано влияние крутки, частоты вращения камер и дискретизирующего валика, а также отношения скорости наматывания к скорости выпуска на физико-механические свойства и обрывность пряжи. При этом изучалось также изменение распрямленности и массодлины волокон в мычке.

Чтобы выявить оптимальные параметры заправки машин, применили дробный

факторный эксперимент [1]. В табл. 1 приведены уровни варьирования (параметры заправки).

За параметры оптимизации приняты относительная разрывная нагрузка пряжи  $u_1$ , коэффициент вариации по разрывной нагрузке  $u_2$ , обрывность на 1000 камер/ч  $u_3$  и число пороков в пряже  $u_4$ . Уровни и интервалы варьирования факторов выбирали с учетом анализа априорных сведений и возможностей машины.

Таблица 1

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	+1	
$x_1$ – число кручений на 1 м	654	692	730	38
$x_2$ – частота вращения дискретизирующего валика, мин <sup>-1</sup>	6000	7000	8000	1000
$x_3$ – частота вращения прядильных камер, мин <sup>-1</sup>	35000	40000	45000	5000
$x_4$ – отношение скорости наматывания к скорости выпуска	1,007	1,017	1,27	1,01

После обработки экспериментальных данных получены математические модели (1), выражающие линейную зависимость

качественных показателей пряжи и обрывности от параметров заправки машины БД-200РЦЕ:

$$\begin{aligned} y_1 &= 0,97 + 0,0005x_1 - 0,000034x_2 + 0,0000023x_3 + 8,38x_4; \\ y_2 &= 25,78 - 0,0063x_1 - 0,00028x_2 - 0,0001x_3 - 2,5x_4; \end{aligned} \quad (1)$$

$$y_3 = 1259,4 - 0,074x_1 + 0,0016x_2 - 0,004x_3 - 807,5x_4;$$

$$y_4 = 135,4 + 0,0012x_1 - 0,024x_2 - 0,000035x_3 - 103,7x_4.$$

Если значения факторов подставить в полученные уравнения, то можно получить значения по каждому выходному параметру, например, рассчитать относительную разрывную нагрузку пряжи при частоте

$$y_1 = 0,97 + 0,0005 \cdot 654 - 0,000034 \cdot 6000 + 0,0000023 \cdot 36000 + 8,38 \cdot 1,007 = 9,62 \text{ сН/текс.}$$

вращения камер 36000 мин<sup>-1</sup>, дискретизирующего валика 6000 мин<sup>-1</sup>, крутке 654 кр/м и отношении скорости наматывания к скорости выпуска 1,007 и получить:

\* Работа выполнена под руководством докт. техн. наук, проф., Г.И. Чистобородова.

Разница между фактическими значениями, полученными в ходе эксперимента,

и расчетными находится в пределах абсолютной погрешности 5%.

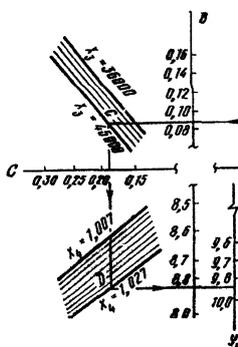


Рис. 1

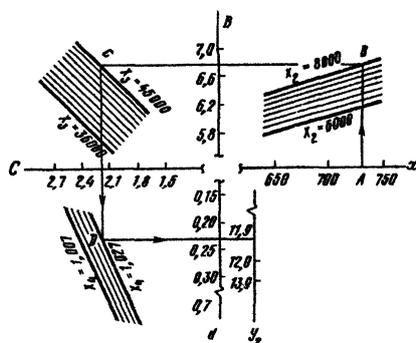


Рис. 2

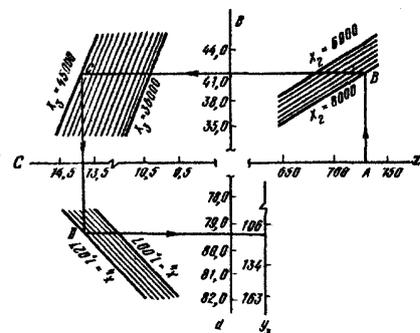


Рис. 3

На рис. 1...3 соответственно представлены уравнения регрессии  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  в виде номограмм. Это позволяет быстро и достаточно точно определить относительную разрывную нагрузку пряжи, коэффициент вариации по разрывной нагрузке, обрывность пряжи или любой из факторов, входящих в состав уравнений при заданных значениях выходных параметров и фиксированных положениях остальных факторов.

Например, по оси  $x_1$  (рис. 1) откладывают значение крутки, равное 730 кр/м (точка А), восстанавливают перпендикуляр АВ до пересечения с осью, что соответствует частоте вращения дискретизирующего валика 8000 мин<sup>-1</sup>. Из точки В проводят перпендикуляр ВС до пересечения с осью  $x_3$  (частота вращения камер 45000 мин<sup>-1</sup>) и

из точки С перпендикуляр CD до пересечения с осью  $x_4$  (отношение скорости наматывания к скорости выпуска 1,027). Затем, опустив перпендикуляр к оси  $x_4$  на ось  $y_1$ , получают значение относительной разрывной нагрузки пряжи, равное 998 сН/текс.

С помощью номограммы могут быть решены и обратные задачи: при условии необходимой относительной разрывной нагрузки пряжи и известных значениях трех факторов можно определить значение четвертого фактора.

Расчеты относительной разрывной нагрузки пряжи, коэффициента вариации и обрывности по уравнениям на ПК позволили выявить оптимальные параметры заправки машин БД-200РЦЕ при выработке хлопколавановой меланжевой пряжи ли-

нейной плотности 50 текс: крутке 730 кр/м; частота вращения дискретизирующего валика 8000 мин<sup>-1</sup>; частота вращения камер 45000 мин<sup>-1</sup>, отношение скорости наматывания к скорости выпуска 1,027.

Средние значения физико-механических показателей пряжи линейной плотности 50 текс, ее засоренности и общей обрывности приведены в табл. 2.

Значение относительной разрывной нагрузки пряжи всех вариантов соответствует требованиям пряжи первого сорта, как при испытании одиночной нити, так и пасмы. Причем лучшие показатели по одиночной нити имеет пряжа II, III, V и VIII вариантов. Это подтверждается и соответствующими показателями при испытании пасмы.

Таблица 2

Показатель	Вариант								Норма по ТУ 17 РСФСР 66- 8562- 82
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Одиночная нить									
Разрывная нагрузка, сН;	497	510	491	492	478	532	464	505	
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	9,6	9,76	9,8	9,44	9,75	9,82	9,6	9,82	8,6
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	14,2	11,5	13,7	12,8	13,5	12,6	11,2	11,9	13,0
Показатель качества	0,68	0,85	0,72	0,74	0,72	0,78	0,86	0,82	0,66
Удлинение, %	8,1	7,3	8,6	6,6	7,8	7,2	7,5	6,9	
Пасма									
Разрывная нагрузка, сН	41,1	41,8	41,7	41,7	39,6	45,8	40,8	42,6	
Относительная разрывная нагрузка в пересчете на одну нить, сН/текс	7,9	7,98	8,4	8,0	8,1	8,5	8,4	8,3	7,2
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	3,7	4,5	6,0	2,8	4,3	4,0	3,8	4,0	4,0
Показатель качества	2,14	1,77	1,4	2,86	1,88	2,1	2,2	2,08	1,8
Неровнота по Устеру, %	14,4	13,3	13,1	13,8	14,2	14,1	13,0	13,1	
Распрявленность волокон, %									
в ленте	75	81,5	80	81,5	80	80,5	81	80	
в мычке	63	64	65	65	64	64	65	65	
Число пороков в 1 г пряжи	16,9	14,9	8,2	11,3	13,3	13,7	11,3	8,5	
Обрывность на 1000 камер/ч	155,7	112,9	228,4	132,6	128,3	131,9	151,5	85,3	
Неровнота ленты по Устеру, %	6,8	6,7	8,2	6,5	7,4	6,4	6,4	6,6	
Коэффициент вариации метровыми отрезками, %	5,2	3,3	6,6	2,8	5,0	3,8	3,5	2,6	

Примечание. Пряжу вариантов I...IV вырабатывали при крутке 654 кр/м, а вариантов V...VIII – при 730 кр/м, при частоте вращения дискретизирующего валика 6000 мин<sup>-1</sup> (I, II, V, VI варианты), в остальных вариантах – 8000 мин<sup>-1</sup>; при частоте вращения прядильной камеры 36000 мин<sup>-1</sup> (I, III, V, VII варианты) и 45000 мин<sup>-1</sup> (II, III, VI, VIII варианты).

Значению коэффициента вариации по разрывной нагрузке первого сорта соответствует пряжа только пяти вариантов,

меньшие значения имеет пряжа II, VI, VII и VIII вариантов. Значению коэффициента вариации по толщине первого сорта также

соответствует только пряжа пяти вариантов.

При испытании одиночной нити по показателям качества пряжи всех вариантов соответствует требованиям первого сорта. Более высокие значения имеет пряжа II, VII и VIII вариантов (соответственно 0,85; 0,86 и 0,83 при норме 0,66). Значения неровноты по Устеру показывают, что пряжа II, III, VII и VIII вариантов более равномерна.

Сопоставление показателей неровноты питающей ленты по Устеру и значений коэффициента вариации по массе метровых отрезков с коэффициентами вариации по разрывной нагрузке и по линейной плотности пряжи показывает, что наименьшая неровнота пряжи получена при питании машины более равномерной лентой.

Данные по относительной разрывной нагрузке пряжи при испытании одиночной нити и пасмы свидетельствуют о том, что большая прочность получена в основном при большем числе кручений. Технологически это можно объяснить тем, что из-за значительного снижения расщепленности волокон в мычке по сравнению с питающей лентой (на 16...21% по вариантам) пряжа имеет значительную часть плохо распрямленных и параллелизованных волокон; положение волокон в пряже не ориентировано вдоль ее оси, одно и то же волокно проходит через центральные и наружные слои, в результате чего силы трения между волокнами ниже, так как уменьшается количество контактов между ними. Увеличению количества контактов и уплотнению волокон в пряже способствует повышение крутки до определенного предела.

Одним из важных показателей, влияющих на относительную разрывную нагрузку пряжи, является коэффициент использования прочности волокна в прочности пряжи. Неравномерная длина волокон (в данном случае длина хлопкового волокна 31/33 мм, лавсанового 36 мм) ухудшает использование прочности волокна в прочности пряжи, так как длина волокон в пряже пневмомеханического способа пря-

дения используется не полностью. Большая разница в линейной плотности используемых в смеси волокон сказывается на использовании прочности волокна в прочности пряжи, поэтому для получения более высоких показателей относительной разрывной нагрузки пряжи целесообразно иметь крутку 730 кр/м.

Наименьшее число пороков в 1 г определенное на приборе фирмы Цельвегер Устер (Швейцария), имеет пряжа III и VIII вариантов (соответственно 8,2 и 8,5). В обоих вариантах частота вращения дискретизирующего валика равна 8000 мин<sup>-1</sup>. Следовательно, для данной сортировки при выработке пряжи линейной плотности 50 текс частота вращения 8000 мин<sup>-1</sup> является оптимальной.

Из данных обрывности следует, что показатели II, IV, V, VI и VIII вариантов соответствуют норме, а наименьшая обрывность получена во III и VIII вариантах: 112,9 и 85,3 обрывов на 1000 камер/ч.

Анализ обрывов по причинам характеризует уровень технологического процесса на машине и позволяет выявить влияние отдельных параметров на этот показатель. В табл. 3 представлены данные, характеризующие обрывность пряжи по технологическим причинам (в %). Номер варианта соответствует указанному в табл. 2. Наименьшее количество обрывов по технологическим причинам отмечено в V (66,3%), VII (55,9%) и VIII (63,2%) вариантах при крутке 730 кр/м. Таким образом, наименьшая технологическая обрывность наблюдается на пневмомеханической прядильной машине БД-200РЦЕ при большей числе кручений.

Кроме того, на обрывность также влияет большая разница в линейной плотности массодлины волокон в смеси. Следовательно, для обеспечения стабильности технологического процесса на пневмомеханической прядильной машине БД-200РЦЕ при существующем способе подготовки и параметрах питающей ленты для хлопкалавсановой меланжевой пряжи линейной плотности 50 текс величина крутки должна быть 730 кр/м.

Т а б л и ц а 3

Вариант	Неровнота ленты	Утолщенный конец	Тонкий конец	Сор в камере	Пух в камере	Итого
I	-	-	34,4	19,9	24,7	79
II	-	0,35	50	0,35	31,1	81,8
III	-	11,3	28,8	26,5	15,2	81,8
IV	-	0,41	51	1,7	29,5	82,6
V	-	9,1	19,5	18,2	19,5	66,3
VI	-	-	45,6	-	29,3	74,9
VII	0,63	4,4	18,9	13,2	18,8	55,9
VIII	-	0,74	36,8	-	25,7	63,2

В процессе исследований проверяли изменение массодлины волокна в ленте и мычке, а также определяли засоренность

ленты и мычки, средние значения которых соответственно приведены в табл. 4 и 5.

Т а б л и ц а 4

Вариант	Массодлина, мм				Содержание коротких волокон, %		Средняя массодлина		Коэффициент вариации, %	
	модальная		штапельная		лента	мычка	лента	мычка	лента	мычка
	лента	мычка	лента	мычка						
I	32,8	32,6	34,6	34,6	5,1	5,3	28,1	27,7	23,3	23,2
II	33,3	33,4	35,0	35,2	3,8	5,2	28,8	28,0	21,8	23,5
III	33,4	33,0	34,9	34,3	4,5	5,6	28,4	27,8	22,6	24,3
IV	32,7	32,9	34,4	34,7	4,9	5,4	27,9	27,7	22,6	23,5
V	32,8	33,4	34,0	34,9	5,3	5,0	27,9	27,9	21,6	23,9
VI	33,7	34,4	35,3	36,0	4,6	4,7	29,1	28,8	22,8	23,9
VII	32,4	33,0	34,2	34,6	5,9	5,6	27,1	27,7	23,8	24,1
VIII	34,7	33,5	36,0	35,5	4,4	5,3	29,0	28,2	22,9	23,7

Т а б л и ц а 5

Вариант	Узелки, %		Кожица, %		Сор%		Всего пороков, %	
	лента	мычка	лента	мычка	лента	мычка	лента	мычка
I	0,17	0,3	0,47	0,34	0,16	0,07	0,8	0,71
II	0,79	1,0	0,69	0,9	0,02	-	1,5	1,9
III	0,24	0,2	0,34	0,24	0,05	0,05	0,63	0,49
IV	0,31	0,44	0,89	0,69	0,02	-	1,22	1,13
V	0,26	0,14	0,37	0,24	0,07	0,05	0,7	0,43
VI	0,46	0,4	0,32	0,55	0,03	-	0,81	0,95
VII	0,27	0,2	0,35	0,28	0,08	0,06	0,7	0,54
VIII	0,53	0,3	0,51	0,25	0,05	-	1,09	0,55

Из данных табл. 4 видно, что изменение модальной и штапельной массодлины волокна в мычке не выявляет характерного для пневмомеханического способа прядения укорочения длины волокна из-за воздействия дискретизирующего валика. Однако снижение массодлины, безусловно, может быть и в данном случае. Это подтверждается увеличением содержания коротких волокон в метке от 0,12 до 1,455, снижением средней массодлины в мычке в

пределах от 0,3 до 0,8 мг и повышением коэффициента вариации по длине от 0,3 до 4,9% (в абсолютном значении) по всем вариантам.

Но изменения массодлины в пределах эксперимента не позволили выявить влияния частоты вращения дискретизирующего валика на укорочение волокон в зоне дискретизации питающего продукта. Все это можно объяснить в основном двумя причинами: во-первых, в состав сортировки

входят хлопковое и лавсановое волокна, которые имеют разную длину, различное удлинение, а линейная плотность лавсанового волокна почти в 2 раза больше хлопкового; разрывная нагрузка лавсанового волокна также выше. При воздействии гарнитуры дискретизирующего валика лавсановое волокно менее подвержено разрыву, чем хлопковое. Во-вторых, методика определения длины волокна на приборе МШУ-1 не позволяет точно воспро-

извести по группам длин распределение разнородных волокон с резко различными технологическими свойствами.

Пряжу пневмомеханического способа прядения линейной плотности 60, 72 и 100 текс, выработанную по этим параметрам, используют в основном в качестве утка и частично – в качестве основы при выработке костюмных меланжевых тканей (табл. 6).

Ткань	Линейная плотность и цвет пряжи	
	основа	уток с пневмомеханических пряделных машин БД-200М69 и БД-200РЦЕ
Хлопколавсановая костюмная меланжевая арт. 3303	25 текс х 2 хлопколавсановая меланжевая	50 текс цветная
Хлопчатобумажная костюмная меланжевая	25 текс х 2 цветная	50 текс цветная
Хлопколавсановая костюмная меланжевая	25 текс х 2 меланжевая	50 текс меланжевая
Вискозлавсановая "Турист", арт. 82125	31 текс х 2 меланжевая	60 текс меланжевая
Вискозлавсановая "Молодежная", арт. 82203	60 текс меланжевая	60 текс меланжевая
Хлопколавсановая костюмная меланжевая "Балтика" арт.3471	50 текс меланжевая	72 текс меланжевая
Сукно меланжевое арт. 3689	25 текс суровая	100 текс меланжевая

Выработка меланжевой пряжи линейной плотности 100 текс на пневмомеханических пряделных машинах БД-200 с использованием в смеси большого процента отходов должна осуществляться при частоте вращения дискретизирующего валика  $8000 \text{ мин}^{-1}$  и крутке  $562 \text{ кр/м}$ . Эти параметры позволяют обеспечить лучшее качество пряжи и минимальную обрывность.

Для меланжевой пряжи линейной плотности 72 текс, вырабатываемой на машине БД-200, оптимальная крутка составляет  $499 \text{ кр/м}$ . При этом производительность машины повышается и увеличивается выпуск пряжи до 154 т в год.

При выработке вискозлавсановой пряжи линейной плотности 60 текс на машинах БД-200 лучшие физико-механические показатели и меньшая обрывность получены при частоте вращения дискретизирующего валика  $4800 \text{ мин}^{-1}$  и крутке  $542 \text{ кр/м}$ . За счет повышения производительности машины увеличение выпуска пряжи составит 13,3 т в год.

## ВЫВОДЫ

Полученные математические модели и номограммы рекомендованы для прогнозирования показателей пряжи и обрывности при выработке хлопколавсановой пряжи линейной плотности 50 текс на машинах БД-200РЦЕ. В результате расчетов выявлены оптимальные параметры заправки машины: частота вращения камер  $45000 \text{ мин}^{-1}$ , частота вращения дискретизирующего валика  $8000 \text{ мин}^{-1}$ , число кручений на 1 м 730, отношение скорости наматывания к скорости выпуска 1,027.

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой маркетинга. Поступила 25.12.06.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ С СОХРАНЕНИЕМ ПРИРОДНОГО ЦВЕТА СТЛАНЦЕВЫХ ВОЛОКОН

*Е.А. ПЕСТОВСКАЯ, А.Н. ИВАНОВ*

(Костромской государственной технологической университет,  
Научно-внедренческий центр «Блеск» (г. Кострома))

В процессе приготовления льнотресты в стебле льна под действием ферментов микроскопических грибов конденсируются низкомолекулярные фенольные соединения – флаванолы и аминокислоты фенольного типа с образованием лигноподобных соединений – меланинов, имеющих черный цвет и придающих серую окраску стланцевым волокнам [1]. Меланины легко разрушаются под действием окислителей (пероксида водорода, хлорита и гипохлорита натрия) в процессах беления льняной ровницы и тканей. Таким образом, сохранение природного цвета стланцевых волокон в процессе химической обработки льняной ровницы возможно только при отсутствии окислителей.

Широко распространенным способом химической обработки льняной ровницы, где сохраняется природный цвет волокна, является щелочная отварка [2]. Способ щелочной отварки льняной ровницы в аппаратах АКД включает обработку воздушно-сухой ровницы водным раствором, содержащим 18...20 г/л кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ); 0,6...0,8 г/л силиката натрия ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ); 0,20...0,25 г/л смачивателя

неионогенного типа, с подъемом температуры до 95...98°C в течение 30 мин и последующей варкой при этой температуре в течение 150 мин; промывку и нейтрализацию остатков щелочных агентов водным раствором уксусной кислоты. Для грубых льняных волокон рекомендуется дополнительно добавлять при щелочной отварке каустическую соду ( $\text{NaOH}$ ). Недостатком этого способа является низкая степень делигнификации льняных волокон в процессе щелочной отварки, поэтому в прядении отваренной чистольняной ровницы наблюдается высокая обрывность, а получаемая пряжа имеет низкую прочность и высокую неровноту.

Нами были изучены закономерности процесса делигнификации стланцевых льняных волокон в процессе щелочной отварки и установлено, что эффект увеличения растворимости лигнина достигается введением в варочный раствор наряду со щелочными агентами – кальцинированной содой и щелочью – сульфита натрия в соотношении г/л:



Показано, что указанный эффект наблюдается только в узком интервале температур варки – 93...94 °С. При повышении температуры > 95°C степень удаления лигнина из срединных пластинок технических комплексов волокон в процессе сульфитно-щелочной варки резко уменьшается. Это объясняется тем, что растворение лигнина в щелочной среде является результатом протекания двух конкурирующих процессов: гидролитического расщепления лигнина на низкомолекулярные фрагменты

и их конденсации с образованием высокомолекулярных нерастворимых лигноподобных соединений [3]. В процессе варки льняной ровницы в растворах щелочных агентов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaOH}$  преобладает реакция конденсации, в результате чего лигнин проявляет повышенную устойчивость и мало растворим. Введенный в щелочной варочный раствор сульфит натрия в количестве 7...10 г/л блокирует реакционноспособные метоксильные группы  $-\text{CH}_2-\text{OH}$  образующихся низкомолекулярных фраг-

ментов лигнина и препятствует их обрат-

ной конденсации:



Вследствие этого растворимость лигнина в процессе сульфитно-щелочной варки резко возрастает. Данный эффект наблюдается только в указанном интервале соотношения компонентов и температур варки. Обнаружение данного эффекта оказалось возможным только с применением нами точного количественного контроля степени одревеснения срединных пластинок технических комплексов льняных волокон фотометрическим методом с помощью реакции Мейле [4].

Сульфитно-щелочная варка стланцевой льняной ровницы в течение 60 мин при температуре 94°C позволяет понизить степень одревеснения льняных волокон с 30 до 15% и значительно улучшить прядильную способность ровницы – снизить обрывность в прядении и повысить качество пряжи. Кроме того, при обработке суровой льняной ровницы сульфитно-щелочным способом обнаружен новый эффект: льняное волокно, сохраняя природный серый цвет, становится эластичным и шелковистым.

Таким образом, предлагаемая обработка чесаного льняного волокна низких и средних номеров (№16...18) позволяет восстановить его высокие природные свойства. По качеству такие волокна являются аналогом знаменитых древнерусских льнов и по праву могут быть названы «северным шелком». Высокая эффективность предлагаемого сульфитно-щелочного способа обработки ровницы была доказана в производственных условиях льнокомбината им. И.Д. Зворыкина (г. Кострома). Для сравнения льняная ровница линейной плотностью 625 текс (средний номер смеси стланцевых волокон – 17, степень одревеснения – 28%) была обработана по сульфитно-щелочному способу и известному способу щелочной варки. Прядение обработанной ровницы осуществлялось на прядильной машине ПМ-88-Л5. Была выработана чистольняная пряжа линейной плотностью 41,7 текс (24 номер). Показатели физико-химических и механических свойств льняной ровницы и пряжи приведены в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Показатели	Исходная суровая ровница	Обработанная ровница	
		известный способ: щелочная варка	предлагаемый способ: сульфитно-щелочной
Целлюлоза, %	74,0	80,1	83,5
Гемицеллюлозы, %	8,7	5,9	7,3
Пектины, %	1,10	0,16	0,10
Лигнин, %	2,95	2,84	2,07
Белки, %	1,4	0,3	0,3
Степень одревеснения срединных пластинок, %	28	27	16
Удельная вязкость 0,1 %-ного медно-аммиачного раствора	3,04	2,11	2,91
Координаты цвета, X	21,8	23,4	26,2
Y	21,8	22,7	26,3
Z	18,6	19,1	25,0

Как следует из табл. 1, в льняной ровнице, обработанной по сульфитно-щелочному способу, по сравнению со щелочной отваркой значительно снижается степень одревеснения срединных пласти-

нок волокон (с 27 до 16%) и общее содержание лигнина (с 2,84 до 2,07%), при этом гемицеллюлозы, которые оказывают положительное влияние на качество волокна [5], сохраняются в большей степени, а

целлюлоза практически предохраняется от деструкции. Удельная вязкость медно-аммиачных растворов целлюлозы ровницы сохраняет высокое значение – 2,91. Такой

комплекс физико-химических свойств льняной ровницы способствует резкому повышению прядильной способности волокна.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателей качества пряжи	Щелочная варка	Сульфитно-щелочной способ
Линейная плотность пряжи, текс	41,7	41,7
Разрывная нагрузка, сН	650	925
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	3,4	2,9
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	21,4	17,5
Удлинение, %	1,34	1,67
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	15,6	22,2
Обрывность на 100 веретен/ч	74	10
Группа пряжи	ОЛ II сорт	СЛ I сорт
Неровнота с КЛА-2: параметр неровноты пряжи $C_v^2$ [12-400] параметры структуры волокон в пряже: средняя линейная плотность, $\bar{T}$ мтекс; средняя длина, мм; коэффициент вариации по длине $C_l$ , %	1250  3800 26,0 56,0	850  2200 20,0 40,0

Как следует из табл. 2, после обработки ровницы по сульфитно-щелочному способу по сравнению с известным способом щелочной варки обрывность в прядении снижается с 74 до 10 обрывов на 100 веретен в час, при этом значительно повышается качество пряжи: относительная разрывная нагрузка увеличивается с 15,6 до 22,2 сН/текс; параметры структурной неровноты пряжи, определяемые с помощью автоматизированного комплекса КЛА-2, достигают оптимальных значений для средненомерной чистольняной пряжи. По показателям физико-механических свойств пряжа относится к группе специальной льняной (СЛ) первого сорта. Обработка льняной ровницы по сульфитно-щелочному способу улучшает внешний вид пряжи. Как следует из табл. 1, после сульфитно-щелочной обработки значительно повышаются координаты цвета волокна, определенные с помощью компаратора цвета КЦ-3. Это обусловлено эффективным удалением аморфных нецеллюлозных компонентов с поверхности волокна – лигнина, пектинов и белков. Очистка поверхности волокна приводит к значительному повышению координаты цвета Z и появлению блеска.

Технологический режим сульфитно-щелочной варки чистольняной ровницы

был успешно освоен в прядильном производстве А.О. "Звольма" (льнокомбинат им. И.Д. Зворыкина) и позволил вырабатывать высококачественную льняную пряжу плотностью 46...33 текс с сохранением природного серого цвета стланцевого волокна и на ее основе разработать новый конкурентоспособный на мировом рынке ассортимент чистольняных тканей. В настоящее время разработанный нами сульфитно-щелочной способ обработки льняной ровницы используется на всех действующих прядильных производствах страны.

## В Ы В О Д Ы

1. На основании исследования закономерностей щелочной варки льняной ровницы в присутствии восстановителя – сульфита натрия – найдена оптимальная область физико-химических воздействий, в которой значительно повышается удаление лигнина из срединных пластинок технических комплексов волокон при предохранении от деструкции целлюлозы и гемицеллюлоз.

2. Разработан и освоен в производстве высокоэффективный сульфитно-щелочной

способ химической обработки льняной ровницы перед мокрым прядением с сохранением природного цвета стланцевых волокон, позволяющий значительно повысить прядильную способность и восстановить высокое природное качество льняных волокон – блеск, мягкость, шелковистость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов А.Н.* Физико-химические основы технологии приготовления льнотресты: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 1989.

2. Справочник по химической технологии обработки льняных тканей. – М.: Легкая индустрия, 1973.

3. *Шорыгина Н.Н., Резников В.М., Елкин В.В.* Реакционная способность лигнина. – М.: Наука, 1976.

4. *Иванов А.Н., Иванова Т.В., Лазарева Н.П.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №1. С.16...19.

5. *Иванов А.Н., Гурусова А.А.* Оценка качества льняных волокон на ранних этапах селекции физико-химическими методами / Методические указания. – М.: ВАСХНИЛ, 1988.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон КГТУ. Поступила 25.12.06.

УДК 677.023

**РАСЧЕТ УГЛА СДВИГА ВИТКОВ МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК***А.В.ПОЛИКАРПОВ, М.И.ПАНИН***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)**

Известно [1], что угол витков мотальных паковок, формируемых на различном мотальном оборудовании, определяет их структуру. В зависимости от величины угла сдвига витков различными парами слоев все намотки подразделяют на: сомкнутые, застилистые, замкнутые, спиралевидные.

Все намотки имеют специфический внешний вид и характеризуются особенностями распределения удельной плотности намотки как в осевом, так и в радиальном направлениях паковки. Замкнутые намотки имеют наиболее упорядоченное расположение витков и рыхлую (сотовую) структуру расположения витков, в то время как сомкнутые намотки имеют минимальные размеры пор в структуре расположения витков и максимальную удельную плотность намотки нитей на паковке. Застилистые и спиралевидные намотки занимают промежуточное положение между сомкнутыми и замкнутыми намотками. Однако, если у спиралевидных намоток угол сдвига между витками различных пар слоев намотки должен быть постоянным в течение всего процесса формирования паковки, то у застилистых намоток угол сдвига витков изменяется в процессе формирования паковки хаотично и достигается это с помо-

щью рассеивающих механизмов (электропрерывателя различного типа).

Несмотря на то, что для всех видов намотки определены значения требуемых величин углов сдвига витков теоретическим путем, на практике получить идеальную структуру намотки того или иного вида (кроме застилистой) довольно сложно. Это объясняется влиянием на угол сдвига витков нескольких дополнительных факторов: величины свободного отрезка нити от точки наматывания (раскладки) до точки входа нити в паковку; величины переходного участка нити на торцевых участках отрезках формируемой паковки; жесткости нити и вида материала, из которого она изготовлена.

Для более подробного изучения влияния данных факторов на величину сдвига витков, а следовательно, и структуру намотки паковок рассмотрим фактическое расположение нитей на торцевых участках бобин (рис.1 и 2), на которых соответственно изображены теоретическая и фактическая схемы раскладки нити на торцевых участках цилиндрической паковки.

При сомкнутой структуре намотки нитей (когда витки ложатся вплотную друг к другу, без промежутков) величину угла сдвига витков можно определить, рассмотрев рис.1.

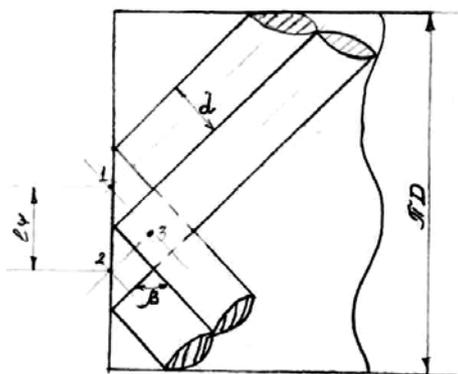


Рис. 1

Из треугольника, образованного точками 1, 2 и 3, видно, что длина дуги  $l_{\Psi_c}$ , на которую опирается угол сдвига витков  $\Psi_c$  при сомкнутой структуре намотки, будет равен:

$$l_{\Psi_c} = \frac{d}{\sin(\beta/2)}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр перематываемой нити;  $\beta$  – угол скрещивания витков.

Так как справедливо равенство

$$\frac{l_{\Psi_c}}{\pi D} = \frac{\Psi_c}{2\pi},$$

то

$$l_{\Psi_c} = \frac{\Psi_c D}{2}, \quad (2)$$

где  $D$  – текущий диаметр намотки нити на бобину.

Из формул (1) и (2) следует, что, решая уравнение относительно угла сдвига витков, получим:

$$\Psi_c = \frac{2l_{\Psi_c}}{D} = \frac{2d}{D \sin(\beta/2)}. \quad (3)$$

Формула (3) была выведена профессором В.А.Гордеевым. Она определяет условия формирования сомкнутой структуры намотки на цилиндрическую бобину, при

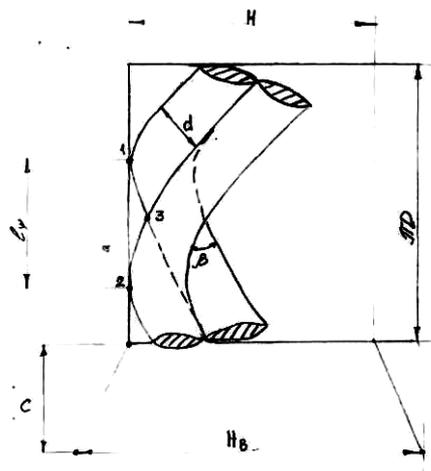


Рис. 2

условии сохранения угла сдвига витков  $\Psi_c$  в процессе формирования всей паковки, то есть  $\Psi_c = \text{const}$ .

При этом с ростом текущего диаметра намотки цилиндрической паковки  $D$ , для сохранения постоянства угла сдвига витков, угол скрещивания витков  $\beta$  должен уменьшаться.

Известно [1], что:  $\text{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{v_n}{v_o}$  – тангенс

угла подъема витков определяется отношением скоростей переносного и окружного движения нити.

Окружная скорость наматывания равна:

$$v_o = \pi D n_{\text{боб}},$$

где  $n_{\text{боб}}$  – частота вращения бобины;  $D$  – текущий диаметр бобины.

Очевидно, что при постоянном возрастании диаметра намотки бобины  $v_o$  будет возрастать, а  $\text{tg} \frac{\beta}{2}$  уменьшаться пропорционально изменению диаметра намотки паковки, обеспечивая тем самым постоянство угла сдвига витков при сомкнутой намотке.

Однако на структуру формируемой паковки могут оказывать влияние и такие факторы, как угол конусности паковки, наличие свободного участка нити между точками раскладки и входа нити в паковку,

которые влияют на величину угла сдвига витков самым непосредственным образом.

Очевидно, что при формировании конической мотальной паковки угол сдвига витков, обеспечивающий сомкнутую структуру намотки нитей, может быть получен только у малого торца бобины, а у большого торца при этом будет формироваться квазисомкнутая (приблизненно сомкнутая) структура намотки, так как диаметры намотки в одном слое паковки будут не равны. Кроме того, "размыкание" витков в структуре намотки будет происходить по мере изменения угла конусности паковки. При увеличении угла конусности бобин степень размыкания витков у большего торца будет возрастать.

Наличие свободного участка нити между глазком нитеводителя и точкой входа нити в паковку вызывает уменьшение высоты  $H$  бобины по сравнению размахом нитеводителя  $H_{\text{нит}}$ . При этом витки накладываются на бобину в областях, прилегающих к торцам с уменьшающимся углом подъема витков  $\frac{\beta}{2}$  (рис.2).

Г.К.Моисеев аналитическим путем определил уравнение переходного участка витка [2]. Длина бобины, на которой располагается участок витка с постепенно уменьшающимся углом подъема при подходе к торцу бобины, определяется уравнением:

$$a = 0,31c \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (4)$$

где  $c$  – величина свободного отрезка времени.

После изменения направления движения витка у торца бобины угол подъема линии (угол  $\beta$ ) постепенно увеличивается, однако форма витка несимметрична относительно образующей паковки, проведенной через крайнюю торцевую точку витка, а следовательно, и угол сдвига витков на данном участке будет несколько искажен.

Длина бобины, на которой располагается участок витка с постоянным углом подъема винтовой линии, получается значительно больше величины  $a$ , что и определяет структуру всей паковки за счет постоянства значения угла сдвига витков.

## ВЫВОДЫ

1. Величина угла сдвига витков различных пар слоев намотки определяет структуру намотки мотальных паковок.

2. На величину угла сдвига витков оказывают влияние такие факторы, как величина угла скрещивания витков, диаметр намотки паковки и наличие свободного отрезка нити между точками намотки и раскладки нити, что необходимо учитывать при проектировании новых мотальных механизмов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
2. Моисеев Г.К. Исследование крестовой намотки на цилиндрическую бобину на машинах непрерывного получения вискозного волокна: Дис... канд. техн. наук. – М., 1958.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.12.06.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАВИВАНИЯ КРАЙНЕГО ВИТКА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАКОВОК С ПЛОСКИМИ ТОРЦАМИ

А.В. КОНОВАЛОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Крайний виток, навитый на тело вращения произвольной формы, будет находиться в равновесии, если максимальное значение тангенса угла геодезического отклонения  $\theta$  во всех точках этого витка не превышает действительного значения коэффициента трения скольжения  $f$  между наматываемой нитью и поверхностью тела намотки.

В общем случае  $\operatorname{tg}\theta$  в рассматриваемой точке  $M$  крайнего витка находят по формуле [1]:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{r' \cos \beta - r \beta' \sin \beta}{\cos^2 \beta - \frac{r r'' \sin^2 \beta}{1 + (r')^2}},$$

где  $r$  – радиус тела намотки в рассматриваемой точке крайнего витка;  $r' = dr/dy$  и  $r'' = d^2r/dy^2$  – первая и вторая производные  $r$  по  $y$ ;  $\beta$  – угол раскладки нити в рассматриваемой точке, принадлежащей крайнему витку и телу намотки;  $\beta' = d\beta/dy$ ;  $y$  – координата точки  $M$ , принадлежащей крайнему витку.

При формировании цилиндрической паковки с плоскими торцами крайний виток, навитый по заданной кривой на круглый цилиндр, будет находиться в равновесии, если

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = -\frac{r \beta' \sin \beta}{\cos^2 \beta} < f.$$

Если крайний виток навит по цилиндрической синусоиде, то тангенс угла раскладки  $\beta$  в рассматриваемой точке  $M$  этого витка равен

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\beta_0 \cos\left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}}\right),$$

а

$$\beta' = -\frac{\pi \cos^2 \beta \operatorname{tg}\left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}}\right)}{v t_{\text{рев}} \cos \beta_0}$$

и

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\pi r \operatorname{tg}\beta_0 \sin\left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}}\right)}{v t_{\text{рев}} \cos \beta_0 \sqrt{1 + \left[\operatorname{tg}\beta_0 \cos\left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}}\right)\right]^2}},$$

где  $0 \leq t \leq t_{\text{рев}}$ .

При  $t = 0$  (в точке сопряжения  $M_0$  винтовой спирали с цилиндрической синусоидой)  $\operatorname{tg}\theta = 0$ , а при  $t = t_{\text{рев}}/2$  (в крайней точке  $M_1$  крайнего витка)  $\operatorname{tg}\theta$  достигает максимального значения:

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{\pi r \operatorname{tg}\beta_0}{v t_{\text{рев}} \cos \beta_0}.$$

Все точки крайнего витка, навитого на круглый цилиндр по цилиндрической синусоиде, будут находиться в устойчивом равновесии, если

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{\pi r \operatorname{tg}\beta_0}{v t_{\text{рев}} \cos \beta_0} < f,$$

а искомое время реверса точки наматывания (время навивания крайнего витка):

$$t_{\text{пов}} \geq \frac{\pi r \operatorname{tg} \beta_0}{v f \cos \beta_0}.$$

При навивании первого крайнего витка на шероховатый нитеноситель радиуса  $r_0$ :

$$t_{\text{пов}} = \frac{\pi r_0 \operatorname{tg} \beta_0}{v f_{\text{н}} \cos \beta_0},$$

где  $f_{\text{н}}$  – коэффициент трения скольжения между наматываемой нитью и поверхностью нитеносителя.

Такой же крайний виток, но навитый на тело намотки радиуса  $r > r_0$ , будет находиться в устойчивом равновесии при условии, если

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{r \rho^2}{\sqrt{[\rho^2 - (\rho \sin \beta_0 - \omega t)^2]^3} \sqrt{1 + \left[ \frac{\rho \sin \beta_0 - \omega t}{\sqrt{\rho^2 - (\rho \sin \beta_0 - \omega t)^2}} \right]^2}}.$$

В точке сопряжения  $M_0$  крайнего витка с винтовой спиралью (когда  $t = 0$ ):

$$\operatorname{tg} \theta_{\text{max}} = \frac{r}{\rho \cos^2 \beta_0} < f,$$

откуда находим минимально допустимое значение радиуса  $\rho$  дуги сопряжения:

$$\rho_{\text{min}} > \frac{r}{f \cos^2 \beta_0},$$

при котором все точки крайнего витка будут находиться в равновесии.

Следовательно, искомое время навивания крайнего витка по дуге окружности радиуса  $\rho$ :

$$t_{\text{пов}} = \frac{2\rho_{\text{min}} \sin \beta_0}{\omega r} = \frac{2r \operatorname{tg} \beta_0}{v f \cos^2 \beta_0}.$$

Если крайний виток будем навивать по цилиндрической параболе, то тангенс угла

$$r \leq r_0 f_{\text{н}} / f_{\text{н}},$$

где  $f_{\text{н}}$  – коэффициент трения скольжения (сцепления) между наматываемой нитью и поверхностью тела намотки (тело, сформированное из наматываемой нити).

Если крайний виток будем навивать по цилиндрической дуге окружности радиуса  $\rho$ , то тангенс угла раскладки  $\beta$  у этого витка:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\rho \sin \beta_0 - \omega t}{\sqrt{\rho^2 - (\rho \sin \beta_0 - \omega t)^2}},$$

а тангенс угла геодезического отклонения  $\theta$  в рассматриваемой точке  $M$  крайнего витка:

раскладки у этого витка:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \beta_0 (t_{\text{пов}} - 2t)}{t_{\text{пов}}},$$

а тангенс угла геодезического отклонения:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{2 \operatorname{tg} \beta_0}{\omega t_{\text{пов}} \sqrt{1 + \left[ \frac{\operatorname{tg} \beta_0 (t_{\text{пов}} - 2t)}{t_{\text{пов}}} \right]^2}}.$$

В крайней точке  $M_1$  крайнего витка (когда  $t = t_{\text{пов}}/2$ ):

$$\operatorname{tg} \theta_{\text{max}} = \frac{2 \operatorname{tg} \beta_0}{\omega t_{\text{пов}}} = \frac{2r \operatorname{tg} \beta_0}{v t_{\text{пов}} \cos \beta_0} < f,$$

а искомое время навивания крайнего витка:

$$t_{\text{пов}} = \frac{2r \operatorname{tg} \beta_0}{v f \cos \beta_0}.$$

Если крайний виток будем навивать по предельной цилиндрической цепной линии, то угол раскладки у этого витка:

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{sh}[f(\varphi_0 - \varphi)] = \frac{e^{f(\varphi_0 - \varphi)} - e^{-f(\varphi_0 - \varphi)}}{2},$$

а угол геодезического отклонения  $\theta$  во всех точках крайнего витка:

$$\operatorname{tg}\theta = f.$$

Так как угол

$$\varphi_0 = \frac{1}{f} \ln \frac{1 + \sin \beta_0}{\cos \beta_0},$$

то всей предельной кривой (крайнему витку) соответствует центральный угол  $\varphi_{\text{рев}} = 2\varphi_0$  и дуга окружности радиуса  $r$ :

$$s_{\text{рев}} = 2r\varphi_0 = \frac{2r}{f} \ln \frac{1 + \sin \beta_0}{\cos \beta_0} = v t_{\text{рев}} \cos \beta_0,$$

откуда находим время навивания крайнего витка:

$$t_{\text{рев}} = \frac{2r}{vf \cos \beta_0} \ln \frac{1 + \sin \beta_0}{\cos \beta_0}.$$

Значения времени навивания крайнего витка по рассмотренным выше кривым приведены в табл. 1. Исходные данные:  $v = 25$  м/с;  $\beta_0 = 12^\circ$ ;  $r_0 = 50$  мм;  $f_n = 0,25$ .

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Вид кривой крайнего витка	Параметры крайнего витка					Ускорение $\ddot{y}$ , м/с <sup>2</sup> ,	
		$t_{\text{рев}}$ , с	$H_1$ , мм	$S_{\text{рев}}$ , мм	$\operatorname{tg}\theta$ при		при	
					$t=0$	$t=t_{\text{рев}}/2$	$t=0$	$t=t_{\text{рев}}/2$
1	Цилиндрическая дуга окружности радиуса $\rho$	0,0035	4,57	86,9	0,25	0,24	-3057	-2861
2	Цилиндрическая парабола	0,0034	4,52	85,0	0,25	0,25	-2990	-2990
3	Цилиндрическая цепная линия	0,0034	4,47	84,4	0,25	0,25	-3057	-2990
4	Цилиндрическая синусоида	0,0055	9,04	133,6	0	0,25	0	-2990

## ВЫВОДЫ

Крайний виток, навитый по цилиндрической синусоиде, находится в наилучших условиях с точки зрения его равновесия и устойчивости по сравнению с кривыми второго порядка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прошков А.Ф.// Механизмы раскладки нити. – М.: Легпромбытиздат, 1968.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и красильно-отделочного оборудования. Поступила 25.12.06.

УДК 663.28:667.662:32

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ,  
СОДЕРЖАЩИХ БИОФОРНЫЕ ГРУППЫ**

*К.И. КОБРАКОВ, М.К. ФЕОКТИСТОВ, Г.С. СТАНКЕВИЧ, М.Б. ДМИТРИЕВА,  
И.И. БРОДСКИЙ, Р.С. БЕГУНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
Всероссийский государственный институт реставрации,  
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова)

Проблема использования для колорирования текстильных материалов красителей, обладающих фунгицидными свойствами и способных защищать окрашенный ими текстильный материал от поврежденных некоторыми видами плесневых грибов, начала обсуждаться примерно 60 лет назад [1...3].

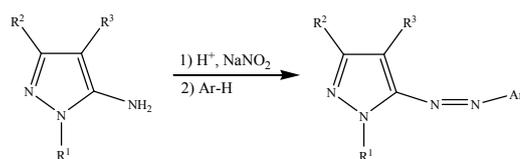
Однако до сих пор отсутствует общий подход к синтезу и применению в технологии крашения текстильных материалов красителей указанного типа, так как отсутствует понимание механизма действия используемых биоцидных красителей на микроорганизмы и бактерии. В то же время использование биоцидных красителей для колорирования волокон и тканей позволяет совместить две технологические операции (колорирование и специальную отделку) и, следовательно, повысить экологические показатели технологического процесса.

Ранее в серии работ нами было показано, что один из возможных подходов к синтезу биоцидных красителей – введение в состав молекулы красителя так называемых биофорных групп, являющихся составной частью известных, апробированных биологически активных препаратов [4...6].

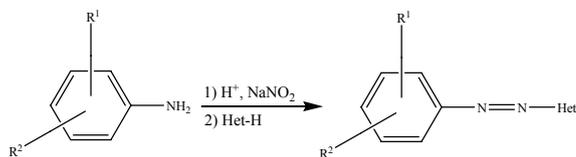
Известно, что пиразольный цикл входит в состав веществ, проявляющих разнообразную химико-фармацевтическую и пестицидную активность [7...10].

Из химии красителей известно, что пиразольный цикл обуславливает, как известно, высокую светостойкость окраски текстильных материалов. Отмечалась также фунгицидная активность пиразолсодержащих азокрасителей [11].

В настоящей работе синтезирован ряд новых азопиразолов и изучены их свойства как красителей и фунгицидных препаратов. Синтез азопиразолов осуществлен реакцией азосочетания по альтернативным схемам: пиразольный фрагмент входит в состав диазосоставляющей (схема 1) или азосоставляющей (схема 2). Выходы, температуры плавления азопиразолов (1...8) представлены в табл. 1, а (9...21) – в табл. 2.

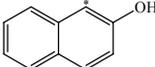
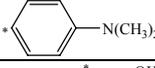
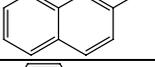
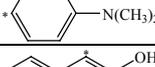
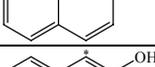
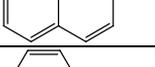
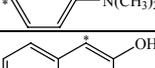
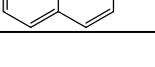


(1...8)  
Схема 1

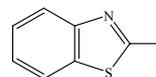


(9...21)  
Схема 2

Таблица 1

Соединение	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Ar	T <sub>пл</sub> , °C	Выход, %
1	Ph	Me	Ph		77-78	70
2	Ph	Me	Ph		81-82	80
3	Het <sub>1</sub>	Me	Ph		148-150	50
4	Me	Me	3,4- диметоксифенил		250-252	50
5	Het <sub>2</sub>	Ph	3,4- диметоксифенил		175-177	47
6	Het <sub>2</sub>	4-Cl-Ph	3,4- диметоксифенил		170-172	70
7	Het <sub>2</sub>	4-Cl-Ph	3,4- диметоксифенил		195-197	62
8	Het <sub>1</sub>	Ph	3,4- диметоксифенил		97-99	85

Примечание. 1) \* – обозначено место азосочетания, 2) Het<sub>1</sub> =



3) Het<sub>2</sub> =

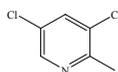
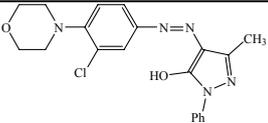
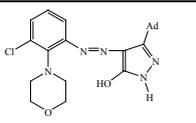
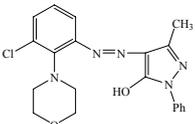
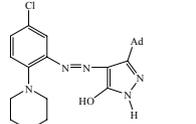
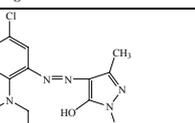
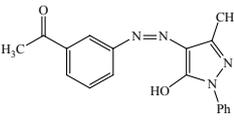
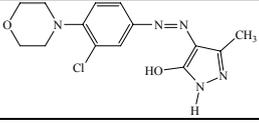
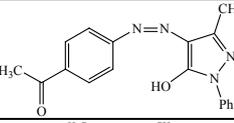
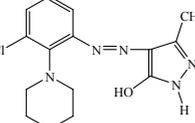
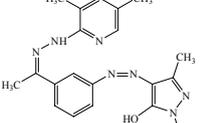
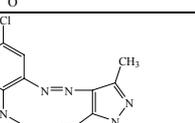
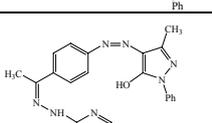
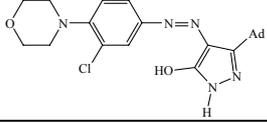


Таблица 2

№ п/п	Структурная формула	T <sub>пл</sub> , °C	Выход, %	№ п/п	Структурная формула	T <sub>пл</sub> , °C	Выход, %
9		177-178	90	16		267-268	86
10		218-219	87	17		283-285	90
11		303-305	93	18		172-176	87
12		220-222	85	19		135-140	85
13		225-227	94	20		150-153	91
14		возг. t > 250	89	21		185-188	93
15		208-210	93				

Установлено, что первую стадию реакции – диазотирование изученных 5-аминопиразолов вследствие их плохой растворимости в HCl следует проводить в присутствии нитрозилсерной кислоты. Этот прием позволяет избежать также альтернативной реакции внутримолекулярного азосочетания в случае наличия в положении 4 пиразольного цикла 3,4-диметилфенильного радикала [12].

Функционально замещенные анилины, использовавшиеся при получении азопиразолов по схеме 2, хорошо диазотируются в стандартных условиях.

Во всех изученных случаях реакция азосочетания проходит с хорошими выходами целевых продуктов, хотя следует отметить, что выходы азопиразолов, полученных по схеме 1, несколько ниже.

Азосоединения (1...21) испытаны в качестве красителей для крашения тканей из поликапроамида по стандартной методике крашения дисперсными красителями. Установлено, что красители (1...21) окрашивают поликапроамидную ткань в цвета желто-оранжевой гаммы. Проведены испытания на устойчивость окраски к физико-химическим воздействиям: сухое и мокрое трение, стирка, и найдено, что все испытанные красители обеспечивают высокую устойчивость окраски к указанным видам испытаний: не менее 4...5 баллов по пятибалльной шкале серых эталонов.

Азосоединения (1...21) испытаны на фунгицидную активность на следующих тест-объектах: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Ulocladium ilicis*, *Penicillium chrysogenum*, хорошо развивающихся на различных тканях и являющихся условно патогенными для человека. Соединения были испытаны по методу дисков, обеспечивающего прямой контакт исходного вещества и тест-культуры.

Для этого в полученных растворах соединений смачивали диски из бумажных фильтров (диаметром 7 мм) и раскладывали их в чашки Петри с питательной средой Чапека, в которую заранее были внесены тест-культуры плесневых грибов.

Через трое суток наблюдали развитие тест-культур на обработанных дисках и

вокруг них. Анализ полученных результатов показал, что при концентрации 0,1% и 1% красители 11...15, 18...21 не проявляют активности, то есть их можно считать слабо устойчивыми к плесневой инфекции. Только по отношению к одному виду тест-культуры *Ulocladium ilicis* красители 9,10,16,17 проявили фунгицидную активность на уровне 60...70%, причем наибольшую активность проявляют красители 10 и 16.

Также не проявили фунгицидной активности красители 2, 6, 7. Красители 3, 1, 8 при концентрации 1% проявили высокую (80...100) активность против всех тест-объектов, которая заметно снижается при уменьшении концентрации до 0,1%. Краситель 4 при концентрации 1% эффективно (80%) подавляет развитие тест-культур *Aspergillus niger* и *Aspergillus flavus*, практически не действуя на другие грибы. Краситель 5 избирательно подавляет только развитие гриба *Aspergillus flavus*. Резко выделяется по своей активности краситель 1, который подавляет испытанные тест-культуры на 100% при концентрации 0,1%.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных результатов не выявил прямой зависимости между уровнем проявляемой соединением фунгицидной активности и наличием в молекуле тех или иных фрагментов, а также типа и взаимного расположения заместителей в ароматическом или гетероциклическом ядре, что в очередной раз подтвердило тезис о влиянии на биологическую активность органического соединения сложного комплекса фрагментов, а не только наличия или отсутствия определенных биоформных групп.

2. В то же время можно отметить некоторые обнаруженные факты. Так, введение в положение 1 пиразольного цикла 1,3-бензтиазольного радикала (соединения 3...8) вместо фенильного или 3,5-дихлорпирид-2-ильного (соединения 2, 4...7) приводит к заметному возрастанию активности. В то же время, если ранее мы отмечали 3,5-дихлорпирид-2-ильный фраг-

мент как мощную биофорную группу [13], то ни в одном из синтезированных и изученных в настоящей работе соединений она себя в этом качестве не проявила (см. соединения 5, 6, 7, 20, 21.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Розова З.С. //Текстильная промышленность. – 1941, №10. С.20...21.
2. Самсонова С.А. // Текстильная промышленность. – 1943, №8. С.15...17.
3. Козлова С.Е. Исследование в области придания антимикробных свойств шерстяным материалам: Дис...канд. хим. наук. –М., МТИ, 1972.
4. Рыбина И.И. Синтез и исследование свойств производных 3,5-дихлорпирид-2-илгидразина: Дис...канд. хим. наук. – М., МГТУ.
5. Шарипова Э.А. Синтез и исследование свойств ароматических производных 3,5-дихлорпиридина: Дис...канд. хим. наук. – М., МГТУ, 2004.

6. Павлов И.В. Синтез и исследование свойств гетарилзамещенных аминопиразолов: Дис...канд. хим. наук. – М., МГТУ, 2005.
7. Пат. 633677, 1982 (Швейцария).
8. Пат. 4299614, 1981 (США).
9. Пат. 54-18336, 1979 (Япония).
10. Бочарникова В.А., Кобраков К.И. // Сб. научн. тр. аспирантов. Вып. 5. МГТУ. – М., 2002. С.5...8.
11. Венкатараман К. Химия синтетических красителей /Пер. с англ. под ред. проф. д.х.н. Н.С. Вульфсона. – Л., ГНТИ химической литературы, 1957. С.688...706.
12. Павлов В.И., Кобраков К.И., Богза С.Л. //Химия гетероциклических соединений. – 2004. С.1115...1116.
13. Кобраков К.И., Шарипова Э.А. и др. //Текстильная химия. – 2004, №4. С.10...16.

Рекомендована кафедрой органической химии и химии красителей МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.12.06.

УДК 677.21.027.423.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК $\beta$ -ЦИКЛОДЕКСТРИНА НА ПРОЦЕСС И КАЧЕСТВО КРАШЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

*М. В. ВОРОНИНА, Н.Е. ЧАЛАЯ, В.В. САФОНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Перспективным направлением в отделе текстильных материалов во всем мире является применение наноразмерных структур на основе циклодекстринов (ЦД) [1]. Особенность ЦД состоит в способности включать различные органические молекулы в гидрофобную полость. Образование комплексов включения приводит к появлению новых физико-химических и биологических свойств инкапсулированной молекулы.

В данной работе представляло интерес определить влияние  $\beta$ -ЦД на процессы крашения хлопчатобумажной (х/б) ткани активными красителями. Для определения возможности фиксации ЦД на поверхности х/б ткани образец ткани пропитывали раствором  $\beta$ -ЦД, промывали, высушивали, затем по качественной реакции [2] – обесцвечивание спиртового раствора фенол-

фталеина, имеющего в щелочной среде насыщенный малиновый цвет, – оценивали наличие на волокне  $\beta$ -ЦД. Данные свидетельствуют об удалении ЦД с поверхности волокна в процессе промывки из-за слабой фиксации, обусловленной схожей химической природой целлюлозы и ЦД. Для фиксации ЦД на поверхности волокна широко используется перманентная прививка посредством бесформальдегидных сшивающих реагентов [3]. В работе использовали 1,2,3,4-бутилтетракарбовую кислоту (БТКК). Ткань пропитывали раствором, содержащим ЦД, БТКК – 6 г/л и  $\text{NaHPO}_4$  – 6 г/л. Степень отжима 100%, затем сушка при 110°C 10 минут. Фиксация осуществлялась в термокамере при температуре 170°C в течение 3 минут, после чего промывка холодной водой и при 60°C в растворе нПАВ-синтанола – концентрацией

2 г/л. По качественной реакции установили, что фиксация ЦД на поверхности х/б ткани успешно произведена. Но колорирование привитой ткани было затруднено, что, вероятно, обусловлено наличием на волокне ЦД и остатков 1,2,3,4-БТКК. Влияние ЦД на колорирование волокна можно рассматривать с двух позиций: взаимодействие с волокном и взаимодействие с молекулами красителя. Так как ЦД не активен к волокну, было изучено взаимодействие молекул активных красителей с  $\beta$ -ЦД. Для анализа использовали активные красители различного строения: монохлортриазиновый – ярко-красный 6С; дихлортриазиновый – ярко-красный 5СХ. Растворы содержали различные мольные соотношения краситель – ЦД. Концентрация красителя в растворе оставалась по-

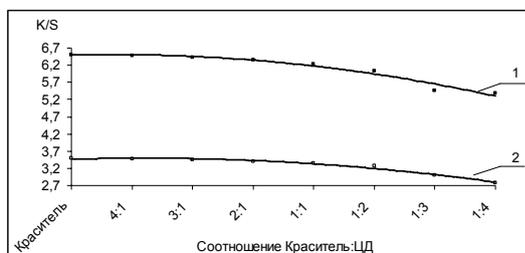


Рис. 1

На рис. 1 (влияние ЦД на окрашиваемость х/б ткани активным ярко-красным 6С с одновременным введением  $\beta$ -ЦД) и рис. 2 (влияние ЦД на окрашиваемость х/б ткани активным ярко-красным 5СХ с одновременным введением  $\beta$ -ЦД); кривые 1 – до мыловки; 2 – после мыловки, представлена зависимость интенсивности окраски (K/S) для образцов, окрашенных активным ярко-красным 6С, ярко-красным 5СХ с одновременным введением ЦД соответственно. При крашении активными

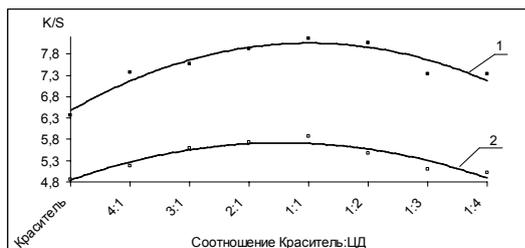


Рис. 3

стоянной, варьировалась концентрация  $\beta$ -ЦД. Спектры поглощения данных растворов в видимой и УФ-областях не показали существенных изменений. Возможно, предпочтительнее происходит взаимодействие гидроксильных групп ЦД и активных группировок красителя, что не изменяет оптических характеристик и препятствует образованию комплекса включения.

В условиях периодического крашения х/б ткани активными красителями с последующим введением щелочного агента особенности влияния  $\beta$ -ЦД изменяются. Введение  $\beta$ -ЦД в красильную ванну производили в начале крашения вместе с красителем и за 10 минут до конца крашения. Модуль ванны 50, температура крашения выбиралась оптимальной для каждого красителя.

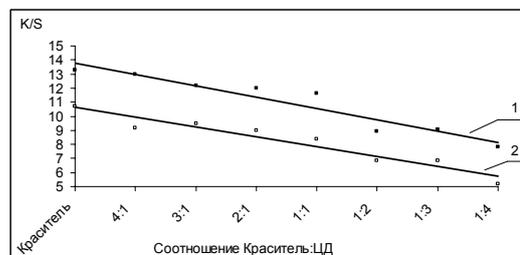


Рис. 2

красителями с одновременным введением ЦД для красителей происходит ухудшение окрашиваемости образцов с увеличением содержания ЦД в красильной ванне, за счет конкуренции между гидроксильными группами целлюлозы и ЦД за ковалентное связывание с активными группировками красителя. С увеличением содержания ЦД в красильном растворе большее число молекул красителя переходит в форму, дезактивированную для крашения волокна.

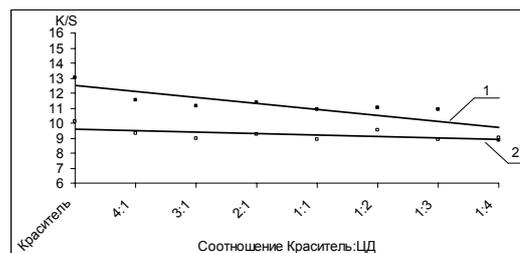


Рис. 4

На рис. 3, 4 представлены зависимости интенсивности окрасок (K/S) для образцов, окрашенных активным ярко-красным 6С, ярко-красным 5СХ с последовательным введением β-ЦД, соответственно (кривые 1 – до мыловки; 2 – после мыловки). При последовательном введении ЦД определяющим фактором является образование комплекса включения или взаимодействие внешней сферы ЦД. Для красителя ярко-красного 6С при последовательном введении ЦД (рис. 4) происходит увеличение интенсивности окраски образцов с увеличением содержания ЦД в красильной ванне. Ярко-красный 6С способен образовывать комплексы включения с ЦД, при этом гидрофобная часть красителя, участвующая в образовании комплекса включения, не входит в хромофорную систему красителя.

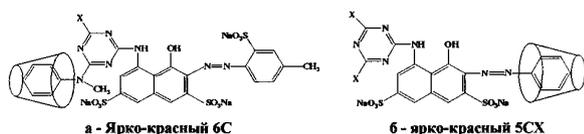


Рис. 5

При одновременном и последующем введении ЦД в красильную ванну образование комплекса включения возможно, если краситель зафиксирован на волокне или находится в неактивной форме. В случае красителя активного ярко-красного 5СХ также возможно образование комплекса включения (рис. 5). При последовательном введении ЦД в красильную ванну происходит снижение интенсивности окрасок образцов с увеличением содержания ЦД в красильной ванне. При условии, что ЦД, связанный с молекулой красителя по активной группировке, и свободный ЦД могут образовывать комплекс включения с молекулами красителя, зафиксированными на волокне, происходит экранирование включенной части молекулы, которая входит в хромофорную систему красителя. С увеличением концентрации ЦД в красильной ванне образуется больше комплексов включения и насыщенность образцов становится меньше. После операции мыло-

вания зависимость выравнивается относительно эталона.

Таким образом, β-ЦД способен взаимодействовать с активными красителями как по активной группировке, так и с образованием комплексов с неактивной формой красителя. Данное свойство может быть полезным в процессах мыловки после крашения активными красителями для снятия незафиксированного и гидролизованного красителя. Была проведена мыловка образцов в растворе 1 г/л β-ЦД, окрашенных периодическим способом активными красителями: ярко-красным 6С, ярко-красным 5СХ. За эталоны сравнения были приняты образцы после мыловки в растворе 2 г/л nПАВ. Мыловку проводили сразу после крашения, без промежуточной промывки образцов водой от соли, при модуле 50 в течение 15 минут. В мыловочный раствор дополнительно помещали неокрашенный образец. В результате мыловки в растворе ЦД для обоих красителей сопутствующий белый образец практически не покрасился, а при мыловке в растворе синтанола белый образец покрасился заметно. Устойчивость к стиркам в случае мыловки в растворе β-ЦД для обоих красителей лучше (табл. 1 – показатели прочности окрасок образцов, окрашенных активными красителями после мыловки в растворах ЦД (1) и синтанола (2)).

Т а б л и ц а 1

Вид испытания	Ярко-красный 6С		Ярко-красный 5СХ	
	1	2	1	2
Стирка (98°C)	5/5/5	4/5/5	5/5/5	4/5/5
Сухое трение	5/5	5/5	5/5	5/5
Мокрое трение	4/4	4/4	5/5	5/5

## В Ы В О Д Ы

1. Показано, что ЦД не имеет средств к целлюлозным волокнам. Окрашивание ткани, привитой ЦД и 1,2,3,4-бутилтетракарбоновой кислотой, затрудняется.

2. Исследовано, что на изменение спектральных характеристик в растворе активных красителей ЦД не влияет из-за реак-

ции внешних гидроксильных групп ЦД с активными группировками.

3. Установлено, при одновременном введении ЦД в красильную ванну при крашении х/б ткани активными красителями происходит ухудшение окрашивания пропорционально повышению концентрации ЦД из-за возникающей конкуренции между гидроксильными группами целлюлозы и ЦД и дезактивации активных группировок. При последовательном введении ЦД определяющим фактором является образование комплекса включения с красителем: ЦД. Улучшение или ухудшение окрасок напрямую связано со структурой красителя.

4. Исследована возможность использования ЦД в процессах мыловки для удаления незафиксированного и гидролизованного красителя с поверхности волокна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Jozef Szejtli J. Starch, 55. – Vol. 5, 2003. P.191...196.
2. K. Beermann, H.-J. Buschmann, D. Knittel, E. Schollmeyer // J. Textilveredlung. – 2002, № 1-2, т. 37. P.17...22.
3. B. Voncina, A. Majcen, L. Marech. // J. Appl. Polym. Science. – 96, № 4, 2005. P.1323...1328.
4. Cramer F., Saenger W. et al., J. Am. Chem. Soc., 89, 1, 1967, p. 14-20.
5. Buschmann H.J., Knittel D. and Schollmeyer E. // J. Textil Praxis. – 45, 1990, P.376.
6. Knittel D., Buschmann H.J. and Schollmeyer K. // J. Textilveredlung. – 26, 1991. P.92.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.12.06.

УДК 678.7-13 : 615.453.4

## ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ ВЫСШИХ АЛКИЛ(ОКСИМЕТИЛЕН)ТРИЭТОКСИСИЛАНОВ

Б.А. ИЗМАЙЛОВ, А.В. НЕДЕЛЬКИН, Б.А. АСТАПОВ, Е.Н. РОДЛОВСКАЯ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН)

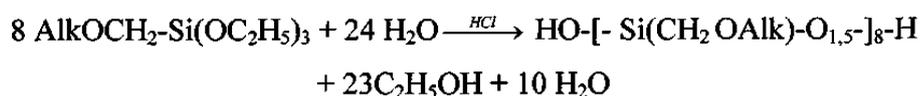
Производные алкилтриэтоксисиланов представляют интерес в качестве перспективных гидрофобизирующих материалов для текстильной и легкой промышленности. Недавно нами синтезированы новые органопроизводные триэтоксисиланов, в которых длинноцепочечный алкильный радикал соединен с атомом кремния через оксиметиленовый мостик [1]. Для того, чтобы оценить реакционную способность такого рода новых соединений и возможность получения на их основе покрытий для текстильных материалов, в данной работе была исследована гидролитическая поликонденсация двух представителей этого класса соединений: гексил(оксиметилен)-триэтоксисилана (I) и изононил(оксиметилен)-триэтоксисилана (II) общей формулы:  $(C_2H_5O)_3Si-CH_2OAlk$ , где  $Alk = C_6H_{13}$  (I) или  $iso-C_9H_{19}$  (II), и изучены строение и

некоторые свойства продуктов поликонденсации.

Реакцию гидролитической поликонденсации проводили в среде толуола с добавлением 5%-ного раствора соляной кислоты. Если реакцию проводили без толуола, то образуется стойкая эмульсия исходных продуктов в соляной кислоте. При действии избытка воды на высшие алкил(оксиметилен)триэтоксисиланы скорость гидролитической поликонденсации зависит от концентрации мономеров и интенсивности перемешивания. Так, при концентрации соединений (I) и (II) 4 моль/л и интенсивности оборотов 200 об/мин турбинной мешалки резкое уменьшение скорости реакции и установление равновесия достигается только через 48...50 ч, а 50%-ная конверсия этоксигрупп происходит примерно за 20 ч. С увеличением интенсивности пе-

ремешивания с 200 до 800 об/мин турбинной мешалки скорость реакции резко возрастает, 50%-ная конверсия этоксигрупп происходит уже через 3,5...4 ч от начала реакции и установление равновесия достигается через 17...18 ч. Независимо от скорости перемешивания длина алкильного радикала оказывает существенное влияние на скорость поликонденсации: гидролиз этоксигрупп мономера (II) протекает более медленно по сравнению со скоростью гидролиза этоксигрупп в мономере с более коротким гексильным радикалом (I). По всей вероятности, это связано с тем, что объемные изононильные радикалы создают большие стерические препятствия взаимодействию реагирующих молекул, чем гексильные радикалы.

Полученные в результате гидролитической поликонденсации мономеров (I) и (II)



где Alk = C<sub>6</sub>H<sub>13</sub> (III), изо-C<sub>9</sub>H<sub>19</sub> (IV).

олигомеры (III) и (IV) представляют собой вязкие жидкости, свойства и состав которых приведены в табл. 1 (строение и свойства олигомеров (III)-(IV)). По данным химического анализа олигомеры содержат 2,8...3,8% непрореагировавших этоксигрупп и 3,3...4,3 % образовавшихся силанольных группировок, что указывает на невысокую молекулярную массу продуктов (III) и (IV) и на неполное протекание поликонденсации. Наличие в олигомерах довольно значительного количества свободных силанольных группировок указывает на то, что скорость гидролиза этоксигрупп до установления равновесия значительно превосходит скорость конденсации образовавшихся в ходе реакции гидроксильных группировок. Реакция гидролиза соединений (I, II) протекает по схеме:

Т а б л и ц а 1

Показатель	Олигомер			
	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Предполагаемая брутто-формула	C <sub>58</sub> H <sub>128</sub> O <sub>22</sub> Si <sub>8</sub>	C <sub>82</sub> H <sub>176</sub> O <sub>22</sub> Si <sub>8</sub>	C <sub>56</sub> H <sub>124</sub> O <sub>20</sub> Si <sub>8</sub>	C <sub>60</sub> H <sub>126</sub> O <sub>15</sub> Si <sub>6</sub>
Выход, %	98,9	94,2	-	-
Температура кипения, °С/мм рт.ст.	-	-	270-287/2,5	297-305/4
Показатель преломления, n <sub>D</sub>	1,4550	1,4610	1,4589	1,4620
Молярная рефракция, MR <sub>D</sub> найдено/вычислено	306,2/305,1	409,8/407,4	290,0/288,8	300,0/300,4
Содержание OH групп, % найдено/вычислено	4,25/4,40	3,34/3,48	нет	нет
Содержание OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> групп, %, найдено/вычислено	3,7/3,8	2,9/3,0	нет	нет
Молекулярная масса, найдено* /вычислено	1380/1400	1700/1736	1300/1340	1200/1194
Элементный состав, найдено/вычислено, %:				
C	49,92/49,71	56,84/56,68	50,31/50,15	60,15/60,30
H	9,23/9,14	10,23/10,13	9,14/9,25	10,50/10,55
Si	15,85/16,00	13,10/12,90	16,54/16,72	13,90/14,07

П р и м е ч а н и е. \* – эбуллиоскопия в бензоле.

Таким образом, олигомеры (III) и (IV) представляют собой плоские циклоцепные, лестничные структуры, содержащие по 4

атома кремния в каждом цикле.

Следует также отметить, что ни коэффициент рефракции олигомеров (III) и

(IV), ни их вязкость после достижения максимума конверсии функциональных групп при поликонденсации практически не изменяются при комнатной температуре в течение длительного времени. Это свидетельствует о высокой устойчивости остаточных функциональных групп в олигомерах.

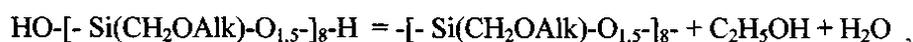
Однако при нагревании этих олигомеров в вакууме были получены продукты, у которых содержание концевых гидроксильных и этоксигрупп было ниже, чем у исходных олигомеров. Это свидетельствует о том, что происходит дальнейшая конденсация гидроксильных и этоксигрупп. Весьма важно, что протекающая дальнейшая конденсация олигомеров (III) и (IV) не только не сопровождается увеличением молекулярной массы олигомеров, а наоборот – приводит к некоторому ее снижению за счет выделяющихся воды и спирта. Эти данные могут свидетельствовать в пользу внутримолекулярной природы наблюдаемой конденсации.

Для подтверждения внутримолекулярной природы протекающей конденсации остаточных концевых групп олигомеры подвергали нагреву при более высоких температурах в вакууме для того, чтобы обеспечить благоприятные условия конденсации. Оказалось, что при температурах 285...310°C продукты прогрева (V), (VI) количественно подвергаются вакуумной перегонке и не содержат остаточных

гидроксильных и этоксигрупп (табл. 1). Молекулярная масса продуктов (V) и (VI) даже несколько ниже, чем у исходных олигомеров (III) и (IV) до прогрева. Выделенные продукты представляют собой клеткоподобные олигоалкил(оксиметилен)силсекквиоксаны: октагексил(оксиметилен)силсекквиоксан (V) и гексаизононил(оксиметилен)силсекквиоксан (VI). Интересно, что при дистилляции олигомера (IV) происходит также его термическая перегруппировка с уменьшением количества алкил(оксиметилен)силсекквиоксанных звеньев в молекуле.

В ИК-спектрах олигомеров (III) и (IV) имеются соответственно следующие полосы поглощения (см<sup>-1</sup>): 1125-1080, 1110-1030 (Si-O), характерные для органоциклоксанов сложной пространственной структуры [2], [3]; 1243-1240, 1246-1235 (Si-CH<sub>2</sub>-O), 1220-1165 (Si-Alk); 900-890, 3400-3240 (Si-OH). В то же время в ИК-спектрах олигоалкил(оксиметилен)силсекквиоксанов (V), (VI) отсутствуют полосы поглощения в области 900-890 и 3400-3240 см<sup>-1</sup> (Si-OH) при наличии остальных, указанных выше, полос поглощения.

Таким образом, высокотемпературные превращения олигомеров (III) и (IV) при дистилляции представляют собой внутримолекулярную циклоконденсацию по схеме:



где Alk = C<sub>6</sub>H<sub>13</sub> (III), (V); изо-C<sub>9</sub>H<sub>19</sub> (IV), (VI).

Все полученные продукты представляют собой прозрачные вязкие жидкости, хорошо растворимые в бензоле, толуоле, эфире. Олигомеры (III) и (IV) с водой могут образовывать устойчивые эмульсии и перспективны в качестве основы гидрофобизирующих пропиточных составов для текстильной и легкой промышленности.

Рассмотрим экспериментальную часть. Синтез исходных гексил(оксиметилен)триэтоксисилана (I) и изононил(оксиметилен)триэтоксисилана (II) описан нами ранее [1].

Гидролитическую поликонденсацию (I) и (II) проводили в колбе, снабженной турбинной мешалкой с регулируемым числом оборотов, обратным холодильником, термометром. Смесь мономеров (I) или (II), толуола и 5%-ной соляной кислоты загружали в колбу и интенсивно перемешивали при температуре 80...85°C. Контроль поликонденсации осуществляли по уменьшению содержания этоксигрупп в реакционной массе. По окончании реакции толуольный раствор олигомеров отделяли от кислого водного слоя, промывали дистиллированной водой до отсутствия ионов хлора, сушили над безводным CaCl<sub>2</sub>, от-

фильтровывали и отгоняли толуол на роторном испарителе.

Из 140 г соединения (I), 140 мл толуола и 140 мл соляной кислоты получено 81,0 г олигомера (III). Двукратной перегонкой в вакууме 20 г этого олигомера получено 11,0 г олигомера (V).

Из 140 г мономера (II), 120 мл толуола и 140 мл соляной кислоты получено 85 г олигомера (IV). Двукратной дистилляцией в вакууме 20 г этого продукта получено 16 г олигомера (VI).

## ВЫВОДЫ

Гидролитическая поликонденсация высших алкил(оксиметил)-триэтоксисиланов, содержащих 6...9 атомов углерода в алкильном радикале, в присутствии соляной кислоты приводит к получению кремнийорганических олигомеров, содер-

жащих наряду с остаточными этоксигруппами большое количество гидроксильных групп. При нагревании таких олигомеров в вакууме наблюдается внутримолекулярная конденсация гидроксильных групп и образуются клеткоподобные олигоалкил-(оксиметил)силесквioxаны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Измайлов Б.А., Астапов Б.А., Неделкин А.В.* // Тез. докл. II Межвуз. научн.-техн. конф.: Современные проблемы текстильной и легкой промышленности. – М., 2006, т.2. С.124.
2. *Andrianov R.A., Izmailov B.A.* // J. Organometal. Chem. – 1967, v. 3. P.435.
3. *Vogt L.H., Brown I.F.* // Inorgan. Chem. – 1969, v.2. P. 189.

Рекомендована кафедрой аналитической, физической и коллоидной химии МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.12.06.

УДК 677.027.115:[677.074]

## РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ПОВЕРХНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВОЛОКОН\*

*Е.Б. САНЖЕЕВА, Т.Е. БАЛАНОВА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

На предприятиях химической чистки к числу наиболее трудноудаляемых загрязнений на текстильных изделиях относятся застаревшие, подвергнутые действию тепла, света и других факторов, белковые загрязнения (пятна крови, молока, яиц, мороженого, какао) [1].

Эти загрязнения чрезвычайно чувствительны к высокой температуре, под действием которой белок закрепляется и переходит в нерастворимое состояние. Поэтому белковые пятна необходимо удалить с ткани до чистки изделия в растворителе, иначе в процессе сушки произойдет их за-

крепление на волокне. А при дальнейшей обработке изделия в машине химической чистки возможно образование ореола.

Одним из путей решения этого вопроса является применение ферментов, позволяющих обрабатывать изделия в "мягких" физиологических условиях.

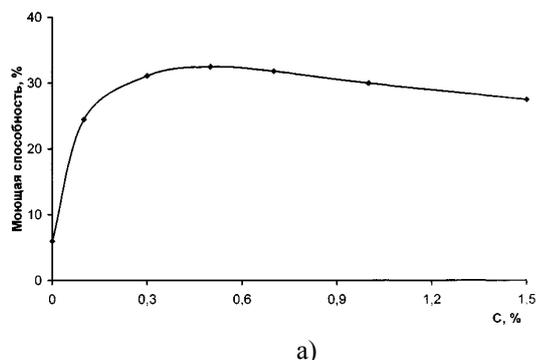
В связи с этим была разработана композиция на основе протеолитического фермента и текстильно-вспомогательных веществ для удаления белковых загрязнений с поверхности текстильных материалов.

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук В.В. Сафонова.

Эффективность разработанной композиции определяли по величине моющей способности, которая характеризует степень удаления загрязнений в % от исходного образца.

Моющую способность определяли по формуле:

$$M = (R_0 - R_3) / (R_{И} - R_3) \cdot 100,$$



где  $R_0$ ,  $R_3$ ,  $R_{И}$  – процент отраженного света тканью обработанной, загрязненной и исходной белой [2].

На первоначальном этапе эксперимента была исследована концентрационная зависимость фермента Эверлаза класса протеаз на моющую способность раствора.

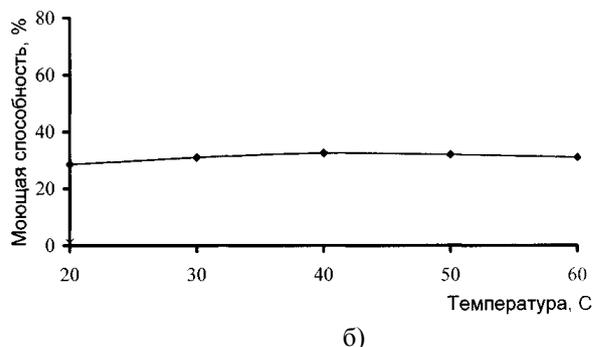


Рис. 1

Результаты исследований представлены на рис.1-а, из которого следует, что наиболее эффективной является концентрация фермента 0,5%; моющая способность при этом составляет 32,0%.

Поскольку известно, что ферменты проявляют свою максимальную каталитическую активность при определенной температуре, представляло интерес исследование оптимального температурного режима действия фермента Эверлаза.

Результаты исследований, представленные на рис.1-б, свидетельствуют о том, что оптимальной для действия фермента является температура 40°C, а при дальнейшем увеличении температуры моющая способность раствора снижается, что связано с дезактивацией фермента.

При исследовании кинетики процесса удаления белковых загрязнений с поверхности текстильных изделий установлено, что оптимальной является обработка загрязнения в течение 20 мин (рис. 2 – зависимость моющей способности раствора Эверлаза от продолжительности времени обработки).

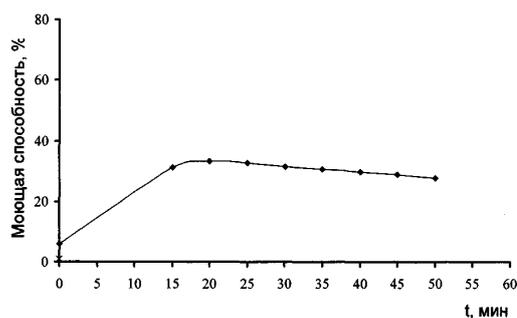


Рис. 2

Также было исследовано влияние различных классов ПАВ на моющую способность раствора при очистке текстильных изделий от белковых загрязнений. В качестве ПАВ были рассмотрены анионоактивное (АПАВ), катионоактивное (КПАВ) и неионогенное ПАВ (НПАВ).

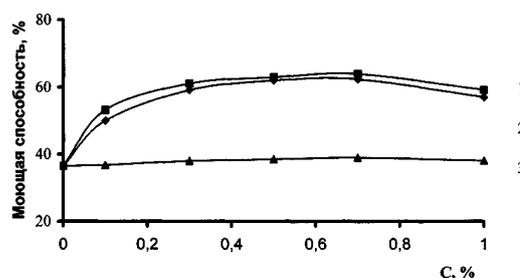


Рис. 3

Результаты исследований представлены на рис. 3, где кривая 1 – раствор, содержащий фермент Эверлаза и АПАВ; 2 – то же и КПАВ; 3 – то же и НПАВ.

При сопоставлении кривых рис. 3 видно, что наиболее эффективным при удалении белковых загрязнений является анионоактивное ПАВ с концентрацией 0,7%.

На следующем этапе эксперимента исследовалось влияние добавок неорганических солей на процесс удаления белковых загрязнений. В ходе эксперимента установлено, что оптимальной является добавка ЕГ-1 с концентрацией 0,5% (рис.4: кривая 1 – раствор с ферментом Эверлаза, АПАВ и ЕГ-1; 2 – то же и ЕГ-2; 3 – то же и ЕГ-3; 4 – то же и ЕГ-4).

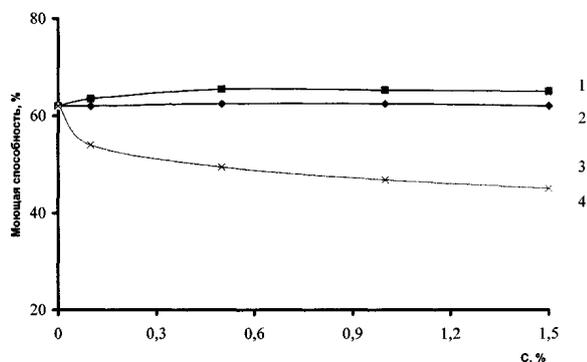


Рис. 4

Также было исследовано влияние окислительно-восстановительных систем на эффективность удаления белковых загрязнений. Результаты исследований представлены на рис.5, где кривая 1 – раствор с ферментом Эверлаза, АПАВ, ЕГ-1, ОС-1; 2 – то же и ОС-2; 3 – то же и ВС-1; 4 – то же и ВС-2.

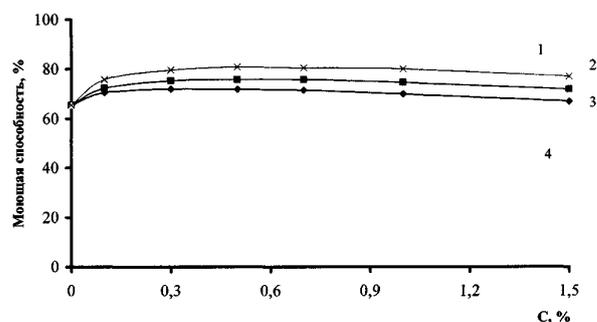


Рис. 5

В ходе эксперимента установлено, что добавки окислителей (ОС-1 и ОС-2) в большей степени эффективны при очистке белковых загрязнений с текстильных изделий, чем добавки восстановителей (ВС-1 и ВС-2).

Сопоставляя кривые 1 и 2 видим, что наиболее эффективной является добавка ОС-1 с концентрацией 0,3%.

Одной из проблем при разработке ферментосодержащей композиции, предназначенной для удаления белковых загрязнений, является подбор эффективного стабилизатора, поскольку фермент с течением времени теряет свою активность [3].

В качестве стабилизаторов были рассмотрены хлористый кальций, хлористый марганец и казеинат натрия.

Каждый из стабилизаторов вводился в разработанную композицию, состоящую из фермента Эверлаза класса протеаз, АПАВ, ЕГ-1 и ОС-1.

В табл. 1 приведен состав композиций с разными стабилизаторами.

Таблица 1

№ композиции	Компоненты, %						
	Фермент Эверлаза	ПАВ	ЕГ-1	ОС-1	CaCl <sub>2</sub>	MnCl <sub>2</sub>	Казеинат натрия
1	0,5	0,7	0,5	0,3	0,3	-	-
2	0,5	0,7	0,5	0,3	-	0,3	-
3	0,5	0,7	0,5	0,3	-	-	0,3

Образцы были заложены на хранение. Отбор проб, в которых определялась протеолитическая активность, проводился через 1, 3, 5, 8, 12 и 24 ч. Активность препарата была определена и в момент изготов-

ления композиций.

Результаты исследований представлены в табл. 2 (изменение протеолитической активности в зависимости от времени).

Срок хранения, ч	Протеолитическая активность, ед/г		
	композиция №1	композиция №2	композиция №3
При изготовлении	1750	1560	1670
1	1730	1500	1650
3	1710	1490	1580
5	1700	1350	1470
8	1690	1200	1400
12	1480	1080	1360
24	1230	940	1040

Приведенные данные показывают, что в процессе хранения происходит изменение активности ферментного препарата и что активность во многом зависит от добавок, выполняющих функции стабилизаторов.

Установлено, что лучшие стабилизирующие свойства проявляют хлористый кальций и казеинат натрия, тогда как при использовании хлористого магния активность ферментного препарата значительно снижается, следовательно, его применение нецелесообразно.

По данным таблицы видно, что в случае использования хлористого кальция наблюдается минимальное снижение активности ферментного препарата, следовательно, препарат на предприятиях химической чистки в виде раствора может быть эффективен при 8-часовом рабочем дне, а также не исключено его использование через 24 часа. В случае использования казеината натрия также наблюдается минимальное снижение активности фермента, однако абсолютное значение активности препарата выше при использовании хлористого кальция.

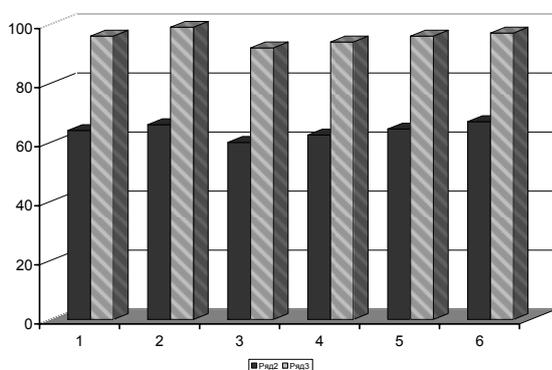


Рис. 6

На рис. 6 представлены результаты исследования эффективности удаления белковых загрязнений с поверхности текстильных изделий различного ассортимента (1 – хлопчатобумажная ткань; 2 – полиэфирная ткань; 3 – сорочечный ассортимент; 4 – плательный ассортимент; 4 – плащевой ассортимент; 5 – шерстяная ткань; ряд 2 – обработка композицией без фермента; ряд – 3 обработка композицией с ферментом).

По данным рисунка видно, что разработанная рецептура препарата эффективна при удалении белковых загрязнений с поверхности текстильных изделий различного ассортимента. Таким образом, были удалены застаревшие пятна крови, молока, яиц, мороженого, соусов.

Таким образом, удастся решить проблему эффективного удаления белковых загрязнений с текстильных изделий. Композиция для удаления белковых пятен содержит фермент Эверлаза С=5 г/л, АПАВ С=7 г/л, ЕГ-1 С=5 г/л, ОС-1 С=3 г/л, CaCl<sub>2</sub> С=3 г/л. Установлены оптимальные режимы обработки: T=40°C, t=20 мин.

## ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние стабилизаторов в составе пятновыводной композиции на эффективность удаления белковых загрязнений с текстильных изделий.

2. Разработана эффективная пятновыводная композиция для удаления белковых загрязнений с текстильных изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова А.Ф. Технология химической чистки и крашения: Учеб. для вузов. – М.: Легпромбыт-издат, 1990.

2. ГОСТ 4920–80. Оценка качества ферментосодержащих препаратов для удаления белковых загрязнений. – М.: ЦНИИБыт, 1985.

3. Филлипович Ю. Б. Основы биохимии: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1993.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 25.12.06.

УДК: 678.7-13 : 615.453.4

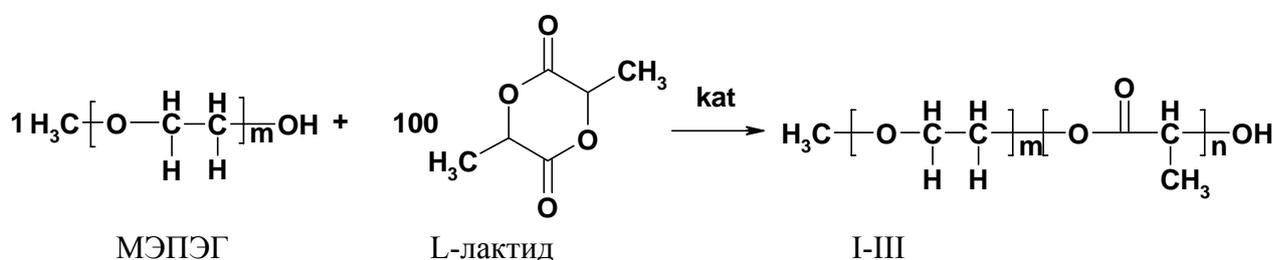
## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ДИБЛОКСОПОЛИЛАКТИДОВ\*

*В.Т. СЮБАЕВА, В.В. ИСТРАТОВ, А.А. КОРЛЮКОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН)

В данной работе диблоксополилактиды получали полимеризацией L-лактида в присутствии метилового эфира полиэти-

ленгликоля (МЭПЭГ) (схема 1, где  $m=7$ ,  $n=94$  (I);  $m=12$ ,  $n=51$  (II);  $m=16$ ,  $n=86$  (III);  $kat - Sn[OCH_2CH(C_2H_5)C_4H_9]_2$ ).



L-лактид (98%, производства фирмы Aldrich), метиловый эфир олигоэтиленгликоля (производства фирмы Aldrich), 2-этиленгексаноат олова (II) (95%, производства фирмы Aldrich) использовали без предварительной очистки. Тoluол осушали от следов влаги с помощью металлического натрия по методике [1].

Синтез сополимеров проводили по следующей методике: в заполненную аргоном круглодонную колбу, снабженную магнитной мешалкой, обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой и капилляром для ввода инертного газа, загружали смесь: 3,55 г ( $2,46 \cdot 10^{-2}$  моль) L-лактида и  $8,61 \cdot 10^{-2}$  г ( $2,46 \cdot 10^{-4}$  моль) МЭПЭГ с  $M=350$  г/моль, после чего нагревали до плавления, добавляли катализатор – 2-этиленгексаноат олова (0,01% моль от общего количества сомономеров), растворен-

ный в 3 мл толуола. Реакционную массу перемешивали в течение 8 часов в инертной атмосфере при  $130^\circ\text{C}$ . После охлаждения реакционную массу растворяли в 20 мл хлороформа и высаждали в 500 мл метанола. Выпавший в осадок полимер I отфильтровывали, высушивали в вакууме ( $9,81 \cdot 10^{-8}$  Pa) при  $80^\circ\text{C}$  в течение 48 часов.

Аналогично получали сополимеры II с МЭПЭГ  $M=550$  г/моль и III с МЭПЭГ  $M=750$  г/моль.

ИК-спектры с образцов сополимеров в растворе хлороформа снимали на ИК-спектрофотометре Spekord M80 в области  $4000-400\text{cm}^{-1}$  в кюветках КВг.

ЯМР-спектры сополимеров в растворе  $CDCl_3$  снимали на ЯМР-спектрометре WP200-SJ (США) при рабочей частоте 300 МГц.

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. хим. наук Б.А. Измайлова.

Гельпроникающая хроматография сополимеров была выполнена на хроматографе Waters 150, элюент – ТГФ (1 мл/мин), колонка – PL – GEL 5 и MIXC (300×7,5мм).

Определение характеристической вязкости растворов сополимеров в хлороформе проводили по методике [2].

Все дифракционные измерения проведены на дифрактометре Bruker D8 Advance ( $\lambda[\text{CuK}\alpha] = 1,54184 \text{ \AA}$ ) с шагом  $0,05^\circ$  и временем экспозиции 10 с на шаг при комнатной температуре. Было установлено, что измерения в интервале углов  $2\theta 5\div 30^\circ$  являются наиболее оптимальными. Для

расчета степени кристалличности диблоксополилактидов использован интервал углов  $2\theta 10\div 25^\circ$ , соответствующий границам аморфного гало. В этой области во всех случаях наблюдаются 3-4 дифракционных максимума, соответствующие кристаллической фазе полилактида [3]. Профильный анализ проведен с использованием программы Origin 7.0 [4], форма дифракционных максимумов аппроксимирована набором гауссовых функций. Величины степени кристалличности приведены в табл. 1.

Свойства синтезированных диблоксополилактидов и их спектроскопические характеристики приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Сополимер, см. схему 1	Степень кристалличности, %	$M_w$	$M_w/M_n$ ( $M_z/M_w$ )	$[\eta]$ , дл/г	$T_g$ , °C	Элементный анализ, %		Данные ИК-спектров $\nu$ , $\text{cm}^{-1}$		Данные ЯМР-спектров $\sigma$ , м.д.		
						С	Н	С–О–С	С=О	CH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub>	CH
I (m=7, n=94)	66	11640	1,63 (1,53)	0,12	150	49,54	5,67	1130	1768	Дублет 1,63	Синглет 3,70	Квадруплет, 5,23
II (m=12, n=51)	59	5660	1,32 (1,34)	0,15	155	49,02	5,56					
III (m=16, n=86)	76	6910	1,37 (1,32)	0,17	150	49,28	5,79					

На основе данных элементного анализа, молекулярной массы, ИК- и ЯМР-спектров был установлен состав и строение синтезированных сополимеров.

Как видно из данных табл. 1, с увеличением длины полилактидного блока степень кристалличности диблоксополилактидов увеличивается. Так, сополимер I, содержащий 7 олигоэтиленгликолевых блоков и 94 полилактидных блоков, имеет степень кристалличности, равную 66%. Степень кристалличности сополимера II, содержащего 12 этиленоксидных звеньев составляет 59 %, а степень кристалличности сополимера III, содержащего 16 этиленоксидных звеньев – 76 %. Следовательно, степень кристалличности зависит не только от соотношения гидрофобного и гидрофильного блока, но и от условий синтеза, от молекулярной массы полимера и процесса его кристаллизации.

Молекулярные массы и вязкости растворов диблоксополилактидов уменьшаются в такой же последовательности. Так,

молекулярная масса сополимера I достигает 11644 Да, а вязкость раствора 0,12 дл/г. Молекулярная масса сополимера II в 2 раза, а вязкость раствора в 1,25 раза выше; полимера III в 1,7 раза, вязкость раствора в 1,44 раза выше, чем у сополимера I. Полидисперсность диблоксополилактидов находится в пределах 1,3...1,6.

## В Ы В О Д Ы

Разработан метод синтеза диблоксополилактидов из метилового эфира полиэтиленгликоля с молекулярной массой 350, 550, 750 г/моль и поли-L-лактида.

Установлено, что при увеличении гидрофильного полиэтиленгликолевого блока в сополимере снижается его степень кристалличности, молекулярная масса и вязкость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Armarego W.L.F., Perrin D.D.* // Purification of laboratory chemicals. – 1998.

2. Практикум по химии и физике полимеров, под ред. д. х. н., проф. В.Ф. Куренкова. – М.: Химия, 1990.

3. ICDD PDF-2 Database, Release 2006.

4. Origin 7.0, Origin Lab Corporation, One Roundhouse Plaza Northhampton MA 01060, USA, 1999-2002.

Рекомендована кафедрой аналитической, физической и коллоидной химии МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.12.06.

УДК 661.188.85

## ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИГЛИЦЕРИНОВ И АМФИФИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ НА ИХ ОСНОВЕ

*О.В. БАРАНОВ, В.А. ВАСНЕВ, Б.А. ИЗМАЙЛОВ*

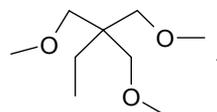
(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН)

Полиглицерины, являющиеся представителями простых полиэфиров, обладают высокой гидрофильностью и многими ценными биологическими свойствами: нетоксичны, неаллергенны, а продукты их модификации проявляют сильно выраженные поверхностно-активные свойства, способны к биораспаду и связыванию органических веществ и тяжелых металлов.

Хотя способы получения сверхразветвленных полиглицеринов, а также продуктов их замещения хорошо разработаны и позволяют синтезировать полимеры различной архитектуры [1], [2], до настоящего времени не проводилось систематических работ по синтезу и исследованию свойств, в том числе поверхностной активности замещенных полиглицеринов. В данной работе впервые получены и исследованы амфифильные сверхразветвленные полиглицерины, частично этерифицированные полипропиленгликолем.

Глицидол 96% (Aldrich) перегоняли над гидридом кальция; трет-бутилат калия (ТБК) 98% (Acros Organics), 2-метил-2(гидроксиметил)-1,3-пропандиол 98% (далее триметилпропан - ТМП) (Acros Organics), метилат калия, монобутиловые эфиры полипропиленгликолей с М 350 и 1000 (Acros Organics), использовали без дополнительной очистки. Тетрагидрофуран (ТГФ), диметилловый эфир диэтилен-

гликоля (диглим), пиридин и триэтиламин (квалификации ч) очищали согласно стандартным методикам [3], метанол, ацетон, толуол и н-гексан (квалификации ч) использовали без дополнительной очистки. Синтез сверхразветвленных полиглицеринов проводили по следующей методике: в заполненную аргоном трехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, прямым холодильником и капиллярами для ввода инертного газа и мономера, загружали предварительно растворенный в диглиме (25 мл) инициатор (ТБК или дегидрированный на 10% ТМП) в количестве, соответствующем мольному соотношению мономер : инициатор = 5:1 или 25:1, после чего в течение 6 часов через капилляр добавляли глицидол (14,00 г, 0,189 моль), растворенный в 50 мл ТГФ, и перемешивали реакционную массу в инертной атмосфере при 120° С в течение 12 часов. После охлаждения реакционную массу растворяли в 150 мл метанола и высаждали 300 мл толуола. Растворители и мономеры декантировали от выпавшего в виде вязкой массы полимера, который далее промывали 200 мл метанола и высушивали в вакууме ( $9,81 \cdot 10^{-8}$  Па) при 80°С в течение 72 часов. Выход полимера составлял 83...89% (схема 1, часть 1), где R= -ОН группа или



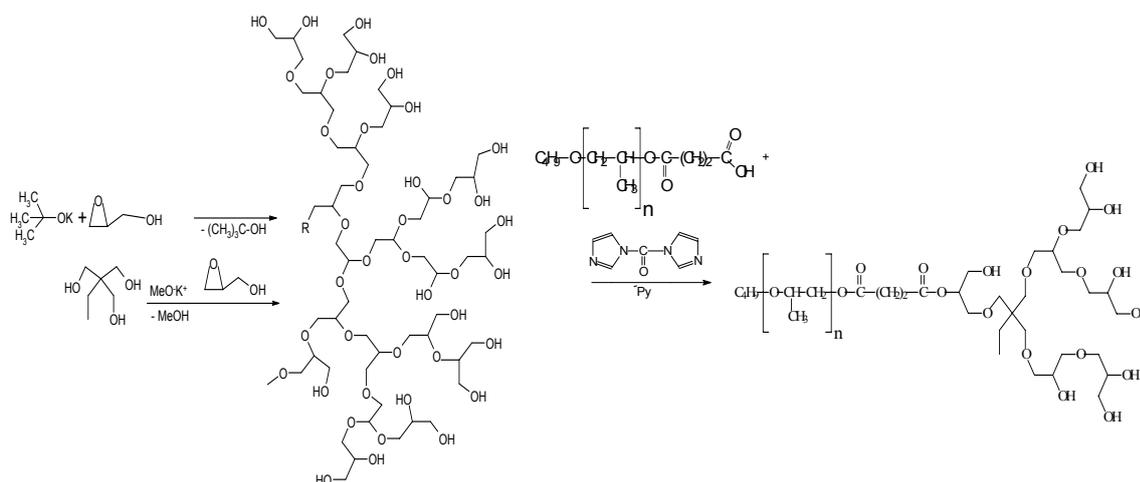


Схема 1

Синтез амфифильных сополимеров осуществляли низкотемпературной конденсацией полиглицеринов с предварительно полученным моносукцинатом монобутилового эфира полипропиленгликоля с молекулярной массой 350 и 1000 в присутствии 1,1'-карбонилдиимидазола.

Синтез эфиров полиглицерина проводили по следующей методике: монобутил(олигопропокси)сукцинат (10 г, 0,022 моля) и 4,28 г, 0,022 моля 1,1'-карбонилдиимидазола растворяли в 5 мл ТГФ в круглодонной колбе, снабженной обратным холодильником, после чего в колбу добавляли раствор полиглицерина (7,7 г, 0,022 моль) в 10 мл пиридина. Реакционную массу перемешивали в атмосфере инертного газа при 50°C в течение 1,5...2 часов. Ход реакции контролировали с помощью ИК. После охлаждения от реакционной смеси отгоняли растворитель на роторном испарителе, а полимер очищали диализом из раствора в хлороформ. Выход сополимеров составлял 87...89% (схема 1, часть 2).

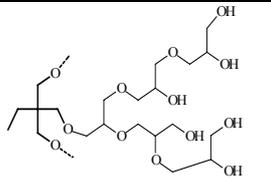
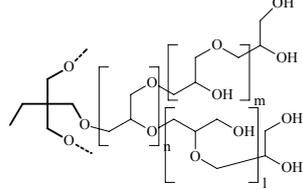
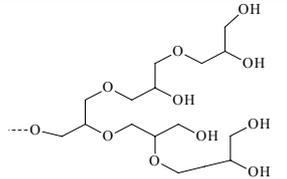
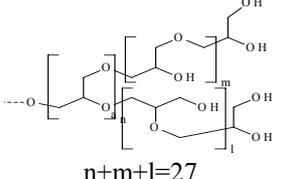
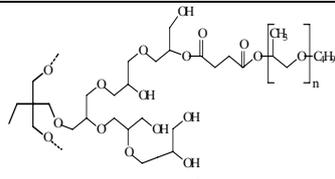
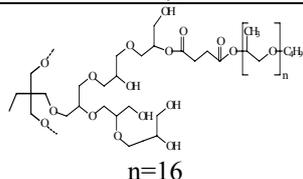
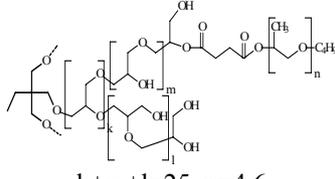
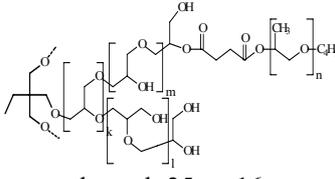
Строение исходных и амфифильных полимеров устанавливали методами ИК- и ЯМР-спектроскопии и данными элементного анализа. ИК-спектры полимеров были сняты на спектрофотометре Specord M 80 (Германия), ЯМР-<sup>1</sup>H спектры были сняты для 10%-ных растворов полимеров в CDCl<sub>3</sub>, CD<sub>3</sub>OD на ЯМР спектрометре WP200-SY (США) при рабочей частоте

300 МГц. Количество ОН-групп определяли методом ацелирования уксусным ангидридом в присутствии пиридина с последующим титрованием гидролизованного избытка уксусного ангидрида раствором щелочи. ГПХ полимеров была выполнена на хроматографе Waters 150 (США), (элюент – ТГФ или ДМФА, скорость - 1мл/мин, колонка – PL-GEL 5u MIXC (300x7.5 mm). Тензиометрические кривые растворов полимеров были сняты на тензиометре K100 фирмы Krüss (Германия) при 25°C в течение 10000 секунд, погрешность измерения поверхностного натяжения составляла 0,5 мН/м.

Полученные полиглицерины и продукты их этерификации полипропиленгликолем представляют собой светло-желтые вязкие, медообразные вещества. Полиглицерины растворимы в метаноле и воде и не растворимы в ацетоне, хлороформе и толуоле, их амфифильные производные растворимы в ТГФ, ацетоне, хлороформе. Молекулярная масса полимеров по данным ГПХ находится в пределах от 500 до 3500 г/моль, амфифильные сополимеры имеют полидисперсность от 1,3 до 2,5.

На основании данных элементного анализа, ЯМР и ИК-спектров определена структура полученных полимеров (табл.1 – состав и молекулярная масса сверхразветвленных полиглицеринов и их амфифильных производных).

Таблица 1

Полимер (инициатор)	Выход, % (содержание ОН- групп, %)	Элементный состав, %		Молек. масса <u>Найдено</u> ( $M_n$ ) вычис- лено	Формула звена полимера
		найдено	вычислено		
Незамещенные полиглицерины					
1 (ТМП)	89	C= 50,83 H= 7,25 O= 41,92	для $C_{21}H_{36}O_{13}$ C= 50,81 H= 7,26 O= 41,93	$\frac{500}{496}$	
2 (ТМП)	87 (25,81)	C: 49,71 H: 6,94 O: 43,35	для $C_{81}H_{136}O_{53}$ C: 49,69 H: 6,95 O: 43,36	$\frac{2000}{1956}$	 $n+m+l=25$
3 (ТБК)	80	C: 49,27 H: 6,87 O: 43,86	для $C_{21}H_{35}O_{14}$ C: 49,31 H: 6,85 O: 43,84	$\frac{500}{511}$	
4 (ТБК)	83 (23,93)	C: 49,35 H: 6,83 O: 43,82	для $C_{81}H_{135}O_{54}$ C: 49,31 H: 6,85 O: 43,84	$\frac{2000}{1971}$	 $n+m+l=27$
Замещенные полиглицерины					
5 (ТМП)	87	C: 55,14 H: 8,37 O: 36,49	для $C_{47}H_{82}O_{24}$ C: 54,91 H: 8,95 O: 36,14	$\frac{1030}{950}$	 $n=4,6$
6 (ТМП)	89	C: 58,43 H: 9,25 O: 32,32	для $C_{80}H_{135}O_{35}$ C: 57,76 H: 9,50 O: 32,74	$\frac{1660}{1600}$	 $n=16$
7 (ТМП)	88	C: 45,80 H: 6,51 O: 47,79	для $C_{107}H_{182}O_{84}$ C: 45,75 H: 6,47 O: 47,78	$\frac{2800}{2450}$	 $k+m+l=25, n=4,6$
8 (ТМП)	87	C: 48,99 H: 6,81 O: 44,20	для $C_{140}H_{235}O_{95}$ C: 48,95 H: 6,84 O: 44,21	$\frac{3440}{3100}$	 $k+m+l=25, n=16$

Для полученных эфиров полиглицерина исследованы поверхностные свойства, такие как адсорбция ( $\Gamma$ ), критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), площадь, приходящаяся на одну молекулу ( $S$ ), и гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ). Установлено, что на эти характеристики оказывает влияние молекулярная масса гидрофобных и гидрофильных блоков. Корреляции между величинами ККМ и ГЛБ не наблюдается. По рассчитанным для всех полимеров величинам  $S$  видно, что преимущественное влияние на площадь, занимаемую одной молекулой, оказывает гидрофильный блок.

### ВЫВОДЫ

1. Разработан метод синтеза сверхразветвленных полиглицеринов, а также их амфифильных сополимеров с полипропиленгликолем. Изучены их физико-

химические свойства и определена структура полученных полимеров.

2. Исследованы поверхностные свойства замещенных полиглицеринов и установлено, что на свойства сополимеров оказывают влияние молекулярная масса и соотношение гидрофобных и гидрофильных блоков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Sunder A., Hanselmann R., Frey H., Mulhaupt R.* // *Macromolecules.* – 1999, 32. P.4240...4246.
2. *Stamatov S.D., Stawinski J.* Regioselective opening of an oxirane system with trifluoroacetic anhydride. A general method for the synthesis of 2-monoacyl- and 1,3-symmetrical triacylglycerols//*Tetrahedron.* – 2005, 61. P.3659...3669.
3. *Armarego W.L., Perrin D.D.* Purification of laboratory chemicals. Butterworth-Heinemann. – 1998.

Рекомендована кафедрой аналитической, физической и коллоидной химии МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.12.06.

УДК 677.025.48

**ОБОБЩЕНИЕ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ, ИМЕЮЩИХ ПРИЛОЖЕНИЕ  
К ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И НАДЕЖНОСТИ  
ПЕРЕРАБОТКИ НИТЕЙ В ТРИКОТАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ***И.Г. ЦИТОВИЧ, И.Е. ХАПОВА, Н.В. ГАЛУШКИНА***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Основная черта развития современной технологии трикотажного производства – создание новых видов трикотажной продукции и расширение ассортимента изделий на основе использования новых видов сырья и применения современного автоматизированного технологического оборудования. В структуре новых видов сырья использование различных видов крашеной пряжи, фасонных комбинированных нитей, модифицированных волокон и наукоемких их видов с определенным спектром функциональных свойств, включая "умные" адаптивные волокна. На этом фоне особую важность приобретают вопросы снижения потерь и рисков при закупке сырья и технологического оборудования.

Существенно, что стандартные характеристики свойств пряжи и существующие методы испытаний во многих случаях не позволяют оценить именно те свойства, которые "ответственны" за выполнение технологического процесса при переработке сырья. Зачастую по стандартным показателям, заложенным в ГОСТах (разрывная нагрузка, отклонение линейной плотности, крутка пряжи, вариации указанных величин и другие показатели качества) пряжа подлежит приемке, однако этот набор показателей качества пряжи не гарантирует высоких технологических свойств сырья. Типичной является ситуация, когда изменение заправки машин при вязании сырья одного типа и линейной плотности различных поставщиков и раз-

личных партий приводит к существенным изменениям структуры и параметров полотна, размеров изделий и его деформационных свойств. Таким образом, окончательно качество пряжи (нитей) "оценивает" трикотажная машина. Именно по качеству готовой продукции можно судить как о качестве технологического процесса, так и о качестве сырья.

Несмотря на широкую трактовку понятия качества и переход к системным категориям обеспечения качества на всех этапах жизненного цикла продукции и постулирования некоторых главных аспектов и целей качества, связанных с удовлетворением тех или иных потребностей и условий применения в производстве массовых видов однородной продукции (чулочно-носочных изделий, классических верхних изделий и т.п.), стратегия управления качеством в производстве остается вполне определенной: непрерывное повышение таких свойств процессов, как технологическая точность и надежность процессов. Как известно, показатели технологической точности (дисперсии ошибок) и технологической надежности (как вероятности безотказной работы) имеют доминирующее влияние на оценку уровня качества продукции по основным физико-механическим показателям, обрывности нити и образованию дефектов при вязании полотна и изделий [1]. Именно повышение технологической точности обеспечивает непрерывный рост уровня стабильности

качества и воспроизводимости (однородности) продукции по основным характеристикам качества. На основе повышения точности и надежности удовлетворяются основные требования к качеству и достигается соответствие продукции предъявляемым требованиям. Именно точность и надежность снижают риски потерь для производства и потребителя.

J.J.F. Knapton [1972], рассматривая процесс вязания в сложной структуре переменных, относящихся к системе нить – пряжа – машина – вязание – полотно установил наиболее значимые параметры, определяющие эффективность вязания раз-

$$A_{Th} = \{a_m\} = \{T_k, \mu, E(p = ES), H = EI, \sigma_a^2, \dots, a_m\},$$

где  $T_k$  – линейная плотность нити, г/км;  $\mu$  – коэффициент трения;  $E$  – модуль упругости нити ( $p = E \cdot S$  – коэффициент жесткости, сН<sup>-1</sup>);  $S$  – условная площадь сечения нити;  $H$  – жесткость нити при изгибе,

$$A_{KM} = \{b_n\} = \{K(t_n), D'', h, m, \Delta, \sigma_b^2, \dots, b_n\},$$

где  $K$  – класс машины ( $t_n$  – игольный шаг);  $D''$  – диаметр игольницы цилиндра, дюйм;  $h$  – глубина кулирования нити, мм;  $m$  – расстояние между игольницами (цилиндр, диск);  $\Delta$  – характеристика син-

$$A_{KW} = \{c_k\} = \{T_0, V_n, Q, V_{пол}, \lambda, \sigma_c^2, \dots, c_k\},$$

где  $T_0$  – входное натяжение нити, сН;  $V_n$  – скорость нити, м/с;  $Q$  – усилие оттяжки ( $q$  – удельная сила оттяжки, сН/петлю), сН;  $V_{пол}$  – скорость полотна, м/мин;  $\lambda$  – коэффициент растяжения полотна, сН<sup>-1</sup>;  $\sigma_c^2$  – дисперсии параметров режимов вязания.

г) множество структурных параметров полотна:

$$A_{SE} = \{s_e\} = \{e/1, 2, \dots, E\},$$

где  $\{e\}$  – множество элементов структуры трикотажа.

личных видов трикотажной продукции и их качество, которые на практике игнорируются или остаются за пределами понимания [2].

Основываясь на этих данных, процесс вязания можно представить в виде вектора состояния, компоненты которого в общем виде могут быть определены на множестве

$$X_i = \{a_m, b_n, c_k, s_e\},$$

где а) множество факторов, относящихся к технологическим свойствам сырья:

сН·мм<sup>2</sup>;  $\sigma_a$  – дисперсии характеристик свойств сырья.

б) множество факторов, относящихся к параметрам вязальной машины:

хронности кулирования, мм;  $\sigma_b$  – дисперсия параметров машины.

в) множество параметров режима вязания:

Большая размерность пространства состояний процесса вязания позволяет получать самые различные оценки технологических свойств сырья и во многих случаях зависит от квалификации обслуживающего персонала и параметров наладки машин.

Только стабилизация условий переработки на специальных трикотажных машинах (по существу используемых в качестве приборов [3]) позволяет получать воспроизводимые результаты.

Таким образом, если условия испытаний стандартизируются, то все причины образования дефектов и сравнительные оценки технологических свойств могут быть отнесены только к перерабатываемому сырью.

Вместе с тем, применение контрольной переработки на специальных трикотажных машинах является сложной организационной процедурой в структуре закупки сырья и отношениях с поставщиком. Поэтому необходимо обратить внимание именно на контроль технологических свойств, которые имеют наибольший вес, значимость в оценке технологических свойств пряжи и нити [2].

К таким свойствам сырья, влияющим на технологическую точность и надежность их использования в трикотажном производстве, относятся фрикционные и деформационные свойства нитей\*.

Контроль фрикционных свойств сырья неотъемлем от решения задач снижения обрывности нити при вязании, поскольку механизм обрывности связан с натяжением нити. Существенно также, что изменение фрикционных свойств влияет на технологическую точность процесса вязания через натяжение нити и соответствующие изменения геометрических и фрикционных свойств трикотажных изделий. Поскольку механизм прироста натяжения связан с процессами трения, показатель фрикционных свойств нити является одним из наиболее важных при оценке качества сырья. Существенно, что снижение показателей фрикционных свойств уменьшает обрывность по другим причинам, в частности, из-за внешних пороков, узлов и образования пуха. Мы хотели бы привести данные, которые, хотя и имеют историческую оценку [2], однако являются наиболее доказательным фактом по управлению качеством на любом трикотажном предприятии.

Рис.1 (состав дефектов при вязании полотна в зависимости от количества парафина ( $\text{г}/10^4\text{м}$ ) и показателя  $\mu$  фрикционных свойств:  – обрыв нити,  – обрыв из-за узла,  – обрыв из-за пуха,  – обрыв по неизвестной причине,  – пороки пряжи) наглядно иллюстрирует эффективность контроля сырья по фрикционным показателям. При качественном парафинировании

и уменьшении коэффициента трения хлопчатобумажной и шерстяной пряжи обрывность может быть уменьшена более чем в 10 раз, а в условиях активной подачи – еще в 2...3 раза. Можно представить типичную ситуацию, когда при входном контроле и закупке сырья контролируют все, что угодно (по ГОСТам), и не контролируют количественное парафинирование пряжи на основе измерения фрикционных свойств нитей.

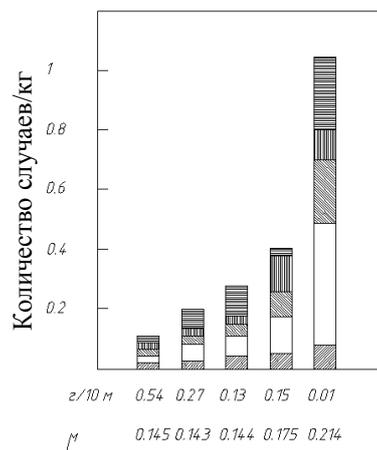


Рис. 1

Существенно, что изменение фрикционных свойств и значения коэффициента трения аккумулируют в себе многие другие свойства нити и являются наиболее весомой (значимой) характеристикой качества сырья (пряжи и нитей). Чем больше коэффициент трения, тем больше возникает дефектов по всем другим причинам. Известно, что шерстяная пряжа с коэффициентом трения  $\mu = 0,14$  перерабатывается без каких-либо проблем, при  $\mu = 0,18$  вероятны случаи дефектов и проблем переработки, при  $\mu \geq 0,20$  – переработка пряжи практически невозможна (Giampaolo Col-lunsi, 1974).

Е. Meritt [1976] полагал, что наиболее значимой характеристикой пряжи для чулочно-носочного производства являются именно фрикционные свойства. Мы хотели бы отметить, что изменение фрикционных свойств влияет на длину нити в петле, однородность структуры, размеры изделий и многие другие свойства. При этом стабилизация входного натяжения на основе ос-

\* Особенно относится к различным видам эластанов: лайкра, спандекс.

нащения трикотажных машин различными сложными и дорогостоящими техническими условиями не устраняет отклонения длины нити в петле из-за изменения фрикционных свойств. Например, при постоянном  $T_0 = 10$  сН;  $\mu = 0,2$ ;  $\mu = 0,14$ ; соответственно длина нити в петле  $l = 4,4$  и  $l = 4,8$  мм [4].

Что не менее важно, в процессе трения возникает абразивное разрушение нити и выделение пуха, особенно при вложении в смеску регенерируемых коротких волокон, что очень часто делают поставщики сырья, применяя технологии рециклирования. Поэтому имитация условий трения "нити по нити" и "нити по металлу" дает адекватную оценку не только фрикционных свойств, но и пуховыделения. Фирма Zweigle (Германия) выпускает прибор марки Staff-tester G556, который позволяет адекватно предсказывать указанные свойства, прежде чем нить будет переработана на трикотажной машине.

В 90-е годы для оценки фрикционных свойств пряжи и нитей в условиях трения на трикотажных машинах был освоен прибор марки ПТ-1\* (включая электронную версию). Прибор, в отличие от зарубежных аналогов, полностью имитирует процесс петлеобразования при огибании нитью нитепроводников в диапазоне диаметров 0,5...1,2 мм с углом охвата 360° (рис. 2).

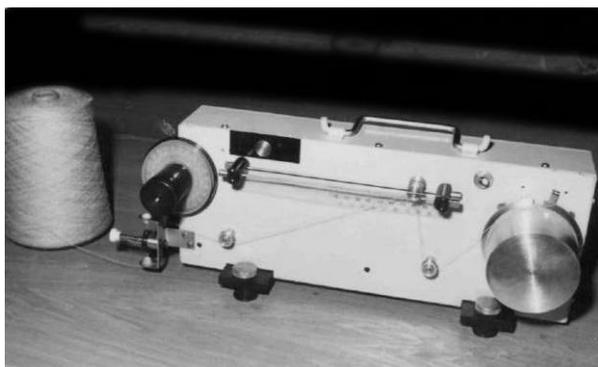


Рис. 2

Существенно, что кроме фрикционных свойств, прибор оперативно (10...30 сек), когда коэффициент трения резко возрастает, определяет пряжу, способную генери-

\* Автор разработки И.Г. Цитович [А.с.]

ровать пух и практически не пригодную к эффективной переработке (рис. 3 – измерительная головка снята с прибора ПТ-1).

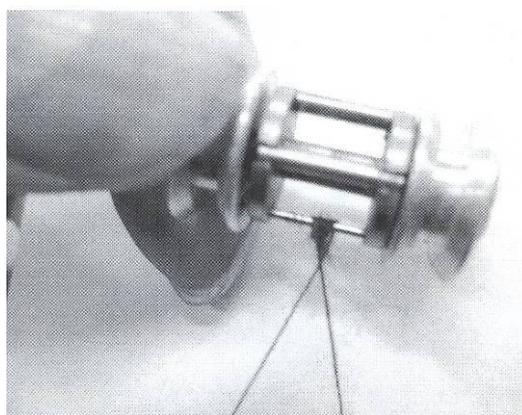


Рис. 3

Прибор позволяет отличить пряжу парафинированную от непарафинированной, выявить динамику изменения фрикционных свойств, определить влияние толщины нити (текс) на изменение условий трения и многих других реальных физико-механических свойств нити.

Важность такой оценки демонстрируют ведущие фирмы в области текстильного приборостроения (Zweigle, Германия; Shirley, Англия; Rothchild Швейцария). Таким образом, контроль фрикционных свойств при оценке технологических свойств является определяющим для качества и эффективности трикотажного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цитович И.Г. Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечновязаного трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1992.
2. Knapton J. J. F. Knitting high-Quality Double-Jersey Cloth (I). – Textile Institute And Industry. – February 1974.
3. Shuler B.G. Optimierung des Laufverhaltens von Fasergarne auf Runstrick mashinen // Melliland Textilberichte. –V.9.5, 1978. P.726...732.
4. Kliment L. Reiburgsvethallen von Faden beim Stricken. – Wirkerei und Stricherei Technik. Bd.31, 1981. № 1, 5-20-25.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 25.12.06.

## СПОСОБЫ ВЫРАБОТКИ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПЛАНКОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ "KNIT AND WEAR"

*Е.А.СКОПИНЦЕВА, Е.Н. КОЛЕСНИКОВА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Цельновязанный способ является наиболее ресурсосберегающим в производстве трикотажных изделий.

Цельновязаными называются трикотажные изделия, форма которых достигается в процессе вязания. Изготовление таких изделий не требует совсем или требует в небольшом количестве применения швейных операций [1], [4].

Наибольшими возможностями по реализации автоматизированных процессов технологии формообразования обладают плосковязальные машины. Поэтому далее будет рассмотрен процесс производства трикотажных изделий с планкой на плосковязальном оборудовании.

Особый интерес представляет процесс производства трикотажных изделий трубчатой формы с прикладными деталями, например, планками.

Известны шесть технологий вязания цельновязанных изделий: типа кимоно, одновременного параллельного вязания плоских деталей с последующим сшиванием, технология фирмы Dubie, требующая сшивки напульсников, горловины и бортика стана, технология фирмы Stoll, требующая параллельного вязания пяти деталей с последующим сшиванием и технология "Knit and wear", которая не требует дополнительных швейных операций и поэтому является наиболее прогрессивной [4].

В настоящее время такая технология используется для выработки цельновязанных трикотажных изделий с рукавами типа джемпера.

Выпускаемый ассортимент изделий не имеет сложных технологических деталей,

таких как длинные накладные планки, что связано с особенностью конструкции изделий и наложением планок при их выработке.

Трудоемкость вязания цельновязанных изделий с прикладными деталями состоит в том, что на двухфунтурной машине необходимо вырабатывать два, три и более слоев трикотажных полотен и одновременно осуществлять процесс соединения деталей стана и рукавов. Увеличение числа одновременно вырабатываемых слоев не только сложно, но и снижает качество изделия.

Вследствие этого уменьшение числа одновременно вырабатываемых слоев является важной задачей.

В результате патентного поиска были найдены два патента, иллюстрирующие технологию производства трикотажных изделий с планкой с любой формой горловины [2] [3].

На основе анализа конструкций изделий было установлено, что форма горловины влияет на технологию выработки изделия с планкой.

В результате анализа известных способов вязания цельновязанных изделий с планкой предложена классификация основных способов выработки изделий с планкой, представленная на рис. 1.

Основными характеристиками при вязании цельновязаного изделия с планкой являются: слойность полотен изделия и последовательное смещение деталей стана на этапе соединения рукавов со станом в зависимости от формы горловины.

Способы выработки изделий с планкой по технологии «Knit and wear»

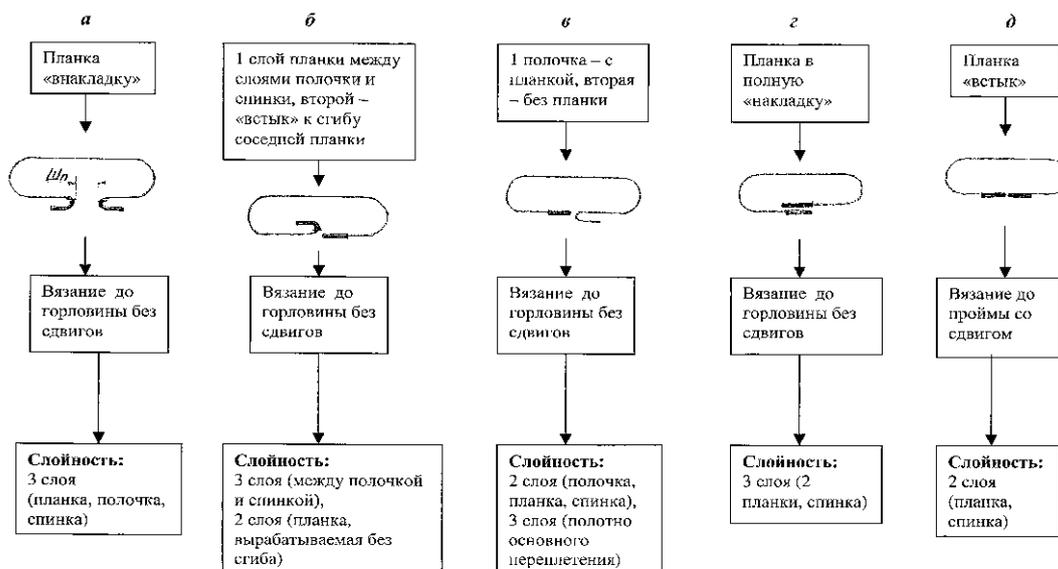


Рис. 1

На рис. 1-а показан способ вязания планки "внакладку", который применим для выработки изделия с горловиной любой формы. При выполнении этого способа расстояние между сгибами планки определяется шириной планки Шп. Этот способ позволяет вязать изделие с планкой до горловины, не требуя смещения полотен полочек друг относительно друга для соединения нижних точек оката и проймы при вязывании рукава в пройму. Однако при таком способе в области планки одновременно выполняется вязание трех слоев полотна (планка, полочка и спинка), что снижает их качество.

На рис.1-б показан способ вязания изделия с планкой, при котором один слой планки выработывается между слоями полочки и спинки, а второй – "встык" к сгибу соседней планки. Этот способ также позволяет вязать изделие с планкой до горловины, не требуя сдвигов для соединения нижних точек оката и проймы при вязывании рукава в пройму, и, следовательно, горловина данного изделия может иметь различную форму. При этом в области планки, расположенной между спинкой и полочкой, будут вязаться также три слоя полотна, а в области планки, выработываемой без сгиба, – два слоя полотна.

Рис. 1-в отображает технологию выра-

ботки застежки с одной планкой, то есть одна полочка вывязывается с планкой, а вторая не имеет планки, а заменяющий ее участок выполняется основным переплетением полочки и спинки. Для того, чтобы точки линий проймы и оката при соединении рукава со станом не сдвигались относительно друг друга, участок, заменяющий планку, должен быть равен ширине планки соседней полочки Шп. Слои полотна в области вязания планки определяются только двумя слоями полотна (планка и спинка), в области отсутствия планки на соседней полочке – тремя слоями полотна основного переплетения.

На рис.1-г два слоя планки накладываются друг на друга. Центры планок совпадают. В области планки будет сочетание трех слоев полотна (две планки и спинка). Смещение полочек относительно спинки с целью соединения крайних нижних точек оката рукавов и проймы не требуется.

При использовании рассмотренных способов вязания трикотажного изделия с планкой форма горловины изделия может быть разнообразной.

На рис.1-д показан способ, в котором планки выработываются "встык". Данный способ упрощает процесс вязания полотен изделия, так как выработывается только два слоя полотна – полочка с планкой и

спинка. Но в этом случае нижние точки проймы и оката рукава сдвигаются друг относительно друга, а при выработке верхней части стана необходимо осуществлять смещение полочек к центру планок на расстояние  $\frac{1}{2}$  Шп. В этом случае высота планки не может быть выше конструктивной прямой, которая проходит через нижние точки начала кривой проймы. При этом надо заметить, что переносы при сдвигах требуют дополнительного времени. Однако такой способ позволит получить более плотную структуру планки, что повысит ее качество.

Данный способ вязания трикотажного изделия с планкой также определяет форму горловины изделия. Однако данная технология позволяет получать изделия с многовариантным решением конструкции ворота, в том числе отложной воротник спортивного типа.

Так как в процессе выработки изделия необходимо выполнить сдвиг полочек к центру планок, предполагаемый воротник будет начинаться в верхних крайних точках, расположенных на пересечении линии перехода планки в основное полотно полочек и конструктивной прямой, которая проходит через нижние точки начала кривой проймы.

Применение такой технологии позволит на всех участках вязания иметь только два слоя, что улучшит качество планки.

Все рассмотренные варианты изготовления цельновязаных изделий требуют выработки одновременно нескольких одинарных или двойных полотен (слоев), ко-

торые всегда должны выработываться неполными переплетениями.

Представленная схема способов выработки цельновязаных изделий позволяет в зависимости от конструкции изделия подобрать оптимальную технологию производства изделий с планкой.

## В Ы В О Д Ы

1. Предложена схема способов выработки цельновязаных трикотажных изделий с планкой, которая дает возможность выбрать необходимую технологию производства верхнетрикотажных изделий с планкой для требуемой конструкции трикотажного изделия.

2. На основе известных способов производства цельновязаных изделий с планкой предложены три новых способа.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Кудрявин Л.А., Шалов И.И.* Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

2. *Masahiro Dohtsu, Masao Okuno.* Трикотажное полотно с отверстием и способ его вязания. - Пат. США №6766667 ВВ. – Оpubл. 27.07.2004.

3. *Okamoto, Kazuyoshi.* Способ вязания трубчатого трикотажного изделия. – Пат. Япония №3066947 А1. – Оpubл. 14.08.2003.

4. *Безкостова С.Ф., Пригодина Н.И., Ровинская Л.П., Филиппенко Т.С.* Контурное вязание – Санкт-Петербург, 2005.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 25.12.06.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПОВ ПЕТЕЛЬ ОСНОВОВЯЗАННОГО ТРИКОТАЖА ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НИТЕЙ НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА \*

*В.А. ЗАВАРУЕВ, О.С. КОТОВИЧ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Основными элементами конструкций параболических космических самораскрывающихся антенн (КСА) являются складывающийся каркас, задающий форму поверхности, и гибкая отражающая поверхность (ОП).

Основными требованиями, предъявляемыми к материалу ОП, являются:

- минимальная масса;
- гибкость и эластичность для обеспечения складывания и развертывания антенны при минимальных усилиях силового каркаса;
- изотропность механических и электрических свойств;
- способность выдерживать многократное складывание и развертывание антенны без ухудшения радиоотражающей способности;
- минимальная разрушаемость при местных механических повреждениях;
- устойчивость к воздействиям факторов космической среды;
- способность к длительному хранению без потерь эксплуатационных свойств.

Из известных видов материалов, используемых для создания ОП КСА, наиболее широко применяются трикотажные сетчатые материалы из металлических нитей, обладающие эластичностью, малой массой единицы площади, достаточной прочностью и поверхностной электропроводностью. Кроме того, металлотрикотажные сетеполотна не теряют отражающей способности после многократного складывания [1]. Повышение их эластичности

позволит уменьшить усилие при раскрытии каркаса и весовые характеристики антенны.

Исходя из анализа требований, предъявляемых к материалу ОП, для исследований зависимости физико-механических и электрофизических свойств металлотрикотажных сетеполотен от типа петель были выбраны основовязанные двухгребеночные платированные переплетения, так как именно комбинированием двух различных переплетений, имеющих разные свойства, можно получить полотна, сочетающие полезные свойства обоих переплетений [2]. Примером этого могут служить широко распространенные полотна переплетений сукно-трико, шарме-трико и др. Вместе с тем, механические характеристики основовязанных двухгребеночных полотен зависят от структуры трикотажа, полученной в результате возможных сочетаний закрытых и открытых петель [3].

Образцы металлического основовязанного трикотажа двухгребеночных платированных переплетений сукно-трико, выработанные из вольфрамовых нитей  $\varnothing 15\text{мкм} \times 2$  при встречных кладках гребенок и обладающие различными сочетаниями открытых и закрытых петель в раппорте, были подвергнуты двухосному нагружению. Графические и аналитические записи переплетений, раппорт которых состоит из: а) 100% закрытых, б) 50% открытых и в) 100% открытых петель, приведены на рис.1.

---

\* Начало.

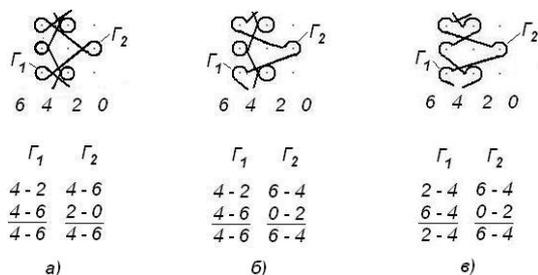


Рис. 1

Анализ снимков, сделанных в процессе испытаний, а также результатов экспери-

ментального определения зависимости деформационных свойств от нагрузки (табл. 1), позволяет говорить о том, что открытая петля обладает большей податливостью при растяжении, чем закрытая. Как следствие, деформация образцов, содержащих открытые петли, существенно больше, чем образцов с закрытыми петлями.

Таблица 1

Переплетение	Деформация, %	Нагрузка, г				
		45	90	185	370	550
C <sub>0</sub> -T <sub>0</sub>	по вертикали	4,5	5,5	9,0	9,5	10,5
	по горизонтали	3,5	6,0	9,0	15,0	16,0
C <sub>3</sub> -T <sub>3</sub>	по вертикали	9,0	11,5	13,0	18,0	19,0
	по горизонтали	4,0	8,5	13,5	19,5	22,5
C <sub>0</sub> -T <sub>3</sub>	по вертикали	5,0	8,5	15,0	17,5	20,0
	по горизонтали	7,0	12,0	17,0	24,0	28,0

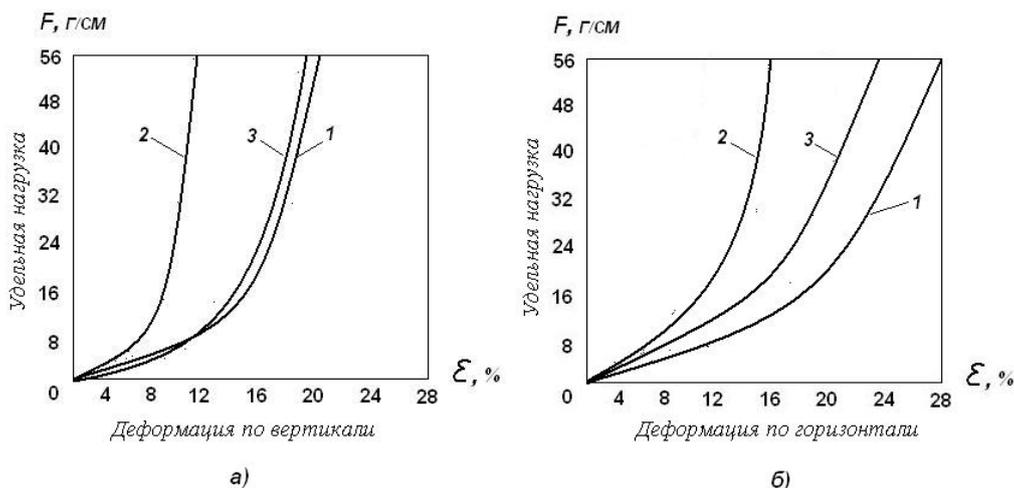


Рис. 2

Например, при нагрузке 45 г, что соответствует минимальному растягивающему усилию 3,75 г/см, образец трико-сукно с открытыми петлями C<sub>0</sub>-T<sub>0</sub> деформируется на 7% по горизонтали (кривая 1, рис.2-а), тогда как деформация образца трико-сукно с закрытыми петлями C<sub>3</sub>-T<sub>3</sub> в этом же направлении составила 3,5% (кривая 2, рис.2-а), а образца сукно-трико с комбинированными петлями C<sub>0</sub>-T<sub>3</sub> 4% (кривая 3, рис.2-а).

Значения показателей деформации по вертикали при том же усилии также различны (кривые 1...3 соответственно, рис.2-б):

открытые петли 5% C<sub>0</sub>-T<sub>0</sub>  
 закрытые петли 4% C<sub>3</sub>-T<sub>3</sub>  
 комбинированные петли 9% C<sub>0</sub>-T<sub>3</sub>

При максимальной нагрузке 550 г, что соответствует усилию 45,8 г/см, деформация по горизонтали и по вертикали составила соответственно:

C<sub>0</sub>-T<sub>0</sub> 28% и 20%,  
 C<sub>3</sub>-T<sub>3</sub> 16% и 10,5%,  
 C<sub>0</sub>-T<sub>3</sub> 22,5% и 19%.

По экспериментальным данным хорошо видно, что металлотрикоотажная структура из закрытых петель C<sub>3</sub>-T<sub>3</sub> обладает наименьшей величиной деформации по

сравнению с двумя другими структурами переплетения трико-сукно.

С точки зрения физико-механических свойств, структурой, наиболее соответствующей требованиям, является сукно-трико, состоящая из открытых петель. Но вместе с тем сетеполотно должно отличаться однородностью свойств, проявляемых в направлениях петельных столбиков и рядов. Разница между деформационными показателями в этих двух направлениях для данной структуры составила:

$C_0-T_0$	30%,
$C_3-T_3$	35%,
$C_0-T_3$	16%,

поэтому сетеполотно, выработанное на базе переплетений сукно и трико и содержащее в раппорте 50% открытых петель, будет наиболее соответствовать требованиям, предъявляемым к материалам отражающей поверхности космических самораскрывающихся антенн.

## ВЫВОДЫ

1. Присутствие открытой петли в раппорте переплетения улучшает деформационные характеристики металлотрикотажной структуры, выработанной на базе двухребеночного платированного пере-

плетения сукно-трико. Наличие открытых петель в раппорте переплетения увеличивает деформацию сетеполотна как по длине, так и по ширине, в среднем, на 67%.

2. Из рассмотренных металлотрикотажных структур, выработанных на базе двухребеночного платированного переплетения сукно-трико с различным содержанием открытых петель в раппорте, оптимальной, с точки зрения физико-механических свойств, является структура сукно-трико, содержащая 50% открытых петель в раппорте переплетения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Заваруев В.А.* Разработка технологии производства металлотрикотажных сетеполотен для изделий космической и наземной систем связи: Дис... докт. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006.

2. *Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А.* Технология трикотажного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

3. *Моисеенко Ф.А.* Нормализация процесса вязания на основовязальных машинах. – М.: Легкая индустрия, 1978.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 25.12.06.

УДК 677.025.4

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ СТРУКТУР И ПРОЦЕССА ПЕТЛЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ФОРМАЛИЗАЦИИ ВЯЗАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Л.Г. ЧУБАЙ*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

В настоящее время использование информационных технологий в трикотажной промышленности наблюдается во всех направлениях: при проектировании структуры, технологического процесса производства, не говоря уже о проектировании параметров структуры трикотажа или изделия.

Известные автоматизированные системы позволяют проектировать только структуру, не разрабатывая при этом про-

цессы петлеобразования, включая их автоматически или совсем не учитывая. В результате для новой нестандартной структуры процесс петлеобразования разработать достаточно сложно, а иногда и невозможно.

На кафедре технологии трикотажного производства МГТУ им. А.Н. Косыгина профессором Колесниковой Е.Н. был разработан метод формализации вязальных процессов [1], основанный на одновремен-

ном проектировании структуры и процесса, который позволяет моделировать структуру трикотажа и разрабатывать новые ЭСТ (элементы структуры трикотажа), с одновременным моделированием процессов петлеобразования. Такой метод позволяет не только моделировать структуру трикотажа, но и определить способ ее получения на вязальной машине.

Кроме того, данный подход позволит проектировать структуру с заведомо определенными свойствами, так как конечным результатом проектирования любой структуры трикотажа являются ее эксплуатационные свойства.

С целью проектирования структур с заведомо определенными свойствами необходимо определение процессов петлеобразования, влияющих на их свойства.

Например, наряду с положительными качествами трикотажные изделия обладают существенным недостатком – распускаются, образуя продольные дорожки или значительные дырки, вследствие обрыва нити или затяжек. Для уменьшения распускаемости необходимо увеличивать трение между ЭСТ и уменьшать длину нити в петле.

К малораспускающимся кулирным переплетениям относятся ажурные переплетения [2], свойства трикотажа ажурных переплетений зависят от степени изменения структуры главных или производных переплетений. Степень изменения свойств трикотажа главного или производного переплетений определяется числом перенесенных петель, набросков, отнесенных к единице площади или раппорту переплетения трикотажа:

- если число перенесенных петель в трикотаже невелико (до 10% общего числа петель в раппорте узора), то их свойства изменяются незначительно;

- если число перенесенных петель в трикотаже велико (более 10% от общего числа петель в раппорте узора), то свойство трикотажа базового переплетения изменяются существенно.

Итак, на свойства распускаемости ажурного трикотажа влияет процесс переноса ЭСТ.

Немецкими технологами с целью уменьшения распускаемости трикотажного полотна была разработана машина [3], где в процесс петлеобразования была включена операция “без кулирования”, позволяющая получать петли из двух нитей, проложенных в разных циклах, в результате им удалось получить новое переплетение “двойная петля” с уменьшенной распускаемостью.

Таким образом, использование метода формализации дало возможность спроектировать процесс петлеобразования, включающий в себя операции переноса и “без кулирования”, на основе чего были смоделированы петельные структуры с уменьшенной распускаемостью. Одна из смоделированных петельных структур показана на рис.1, где перенесенный набросок провязывается через петлю.

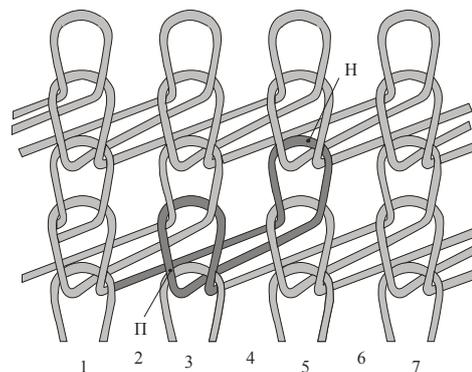


Рис. 1

Процесс петлеобразования ажурного элемента включает два цикла:

- 1 – процесс петлеобразования с прокладыванием нити;

- 2 – процесс переноса ЭСТ, который может проходить в один или в два цикла.

Нами предложено ввести перед вторым циклом (операцией переноса) дополнительный цикл, в котором ЭСТ на принимающих иглах переводятся из-под крючков игл на стержень, что достигается введением операции “без заключения”. В результате в следующем третьем цикле, в котором выполняется перенос ЭСТ, расположенные под крючками элементы структуры трикотажа будут провязываться через не перенесенные ЭСТ, находящиеся на стержне.

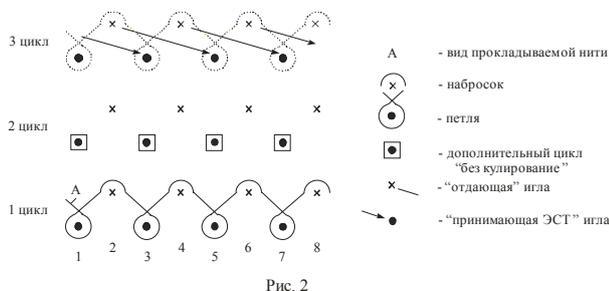


Рис. 2

Рис. 2

На рис. 2 представлена графическая запись процесса получения одинарного кулирного трикотажа с ажурным эффектом, структура которого представлена на рис.1, включающего операции переноса и “без кулирования”.

Для каждого цикла запишем систему уравнений процессов петлеобразования, учитывая движение каждой иглы:

$$\begin{aligned}
 \text{1 цикл} \quad & AC_{1;1,3,5,7} = Z1AP1K1, \\
 & AC_{1;2,4,6,8} = Z2AP1K1; \\
 \text{2 цикл} \quad & 0C_{2;1,3,5,7} = Z1OP0K2, \\
 & 0C_{2;2,4,6,8} = Z3OP0K1; \\
 \text{3 цикл} \quad & 0C_{3;1,3,5,7} = Z2OP0K1, \\
 & 0C_{3;2,4,6,8} = Z0OP0K1,
 \end{aligned}$$

где А – вид прокладываемой нити;  $C_{i;j}$  – номер цикла и номера игл; Z – операция заключения: Z1 – уровень полного заключения, Z2 – уровень неполного заключения, Z3 – уровень отбойной плоскости (не рабочая игла), Z0 – уровень переноса петель; P – операция прокладывания: P1 – прокладывание под крючок иглы, P0 – без прокладывания нового вида нити; K – операция заключения: K1 – полное кулирование, K2 – без кулирования.

Смоделированный процесс петлеобразования, включающий перенесенные и одновременно провязанные ЭСТ, через не перенесенные элементы был реализован на кафедре технологии трикотажного производства МГТУ им. А.Н. Косыгина в учебном центре на плосковязальной машине фирмы Штайгер, в результате получены образцы одинарного кулирного трикотажа с ажурным эффектом.



Рис. 3

На рис.3 представлена петельная структура одного из полученных образцов, где перенесенные наброски провязываются через петли.

Исследование образцов показало, что разработанные структуры обладают минимальной распускаемостью, так как перенесенные ЭСТ, находящиеся под крючками принимающих игл и провязанные через не перенесенные ЭСТ, образованы из одной нити. В данных структурах имеются дополнительные точки контакта между нитями, кроме того, значительно уменьшается длина нити в петле не перенесенного элемента, который затягивается и в случае обрыва нити не дает распуска по петельному столбику.

Таким образом, проектируя одновременно петельную структуру и процесс петлеобразования на основе метода формализации вязальных процессов, возможно, создавать структуру с заведомо определенными свойствами и реальным процессом вязания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колесникова Е.Н. Основы автоматизированных методов проектирования технологии петлеобразования. – М.: ТОО “Оргсервис ЛТД”, 2000.
2. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
3. Патент 1 388 – 272 А41в Мах и Erhard Nebel.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 25.12.06.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБРАЗОВАНИЯ ЛИНИЙ СГИБА В ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТНАХ

Т.Е. ЕРМОХИНА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

При выработке трикотажных изделий со складками регулярным способом необходимо придать им устойчивую форму. Это можно осуществить в полной мере в процессе влажно-тепловой обработки, однако для того, чтобы складка оставалась устойчивой и после стирок и длительной эксплуатации, а также для облегчения прохождения влажно-тепловой обработки, необходимо придать складке контуры линий сгиба в процессе вязания, причем полотно (переплетения гладь) должно сначала сложиться по лицевой (рис. 1, т. А), а затем по изнаночной стороне (рис. 1, т. В).



Рис. 1

Для этого сначала проведем исследование силового взаимодействия участков нити, образующих петлю.

Нить в трикотаже подвергается сильному изгибу. На основании работ Попова Е. П. [1] ее можно сравнить с такими конструкциями в технике, в которых стержень или тонкая полоска изгибаются с малым радиусом кривизны при работе материала в пределах упругости.

Из линейной теории изгиба известна формула жесткости при изгибе в произвольном сечении стержня:

$$H = EJ, \quad (1)$$

где  $E$  – модуль упругости (модуль Юнга);  $J$  – осевой момент инерции площади поперечного сечения.

Поскольку в каждом малом элементе нити имеют место малые деформации, то к ним можно применить соответствующие уравнения теории упругости. Поэтому можно воспользоваться известным точным уравнением упругого равновесия при плоском изгибе криволинейного стержня в виде:

$$\chi - \chi_0 = M/H, \quad (2)$$

где  $M$  – внутренний изгибающий момент в данном сечении стержня;  $\chi$  и  $\chi_0$  – кривизны в данной точке соответственно упруго изогнутой продольной оси стержня и начального ее очертания.

Рассмотрим образование линий сгиба, например, в простейших одинарных переплетениях.

Вероятно, что для образования линий сгиба по петельному столбику определяющими факторами будут являться тип петли (изнаночная или лицевая), ее форма и размер платинной дуги, соединяющей соседние петли.

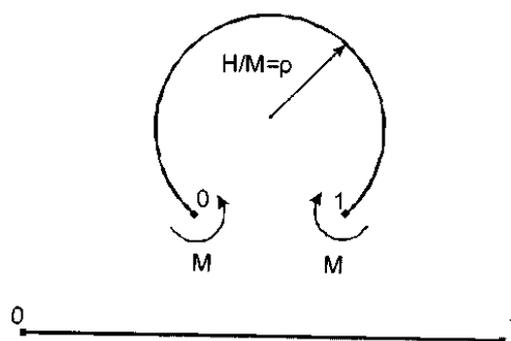


Рис. 2

Проведем анализ силовых воздействий в петельной структуре, оказываемых на платинную дугу. Примем, что нить в ней представляет собой упругий, первоначально прямой стержень, нагруженный по кон-

цам равными моментами  $M$  (рис. 2). В этом случае для начальной кривизны  $\chi_0=0$ , и тогда для первоначально прямого стержня после приложения изгибающих моментов уравнение упругой линии примет вид:

$$\chi=M/H, \quad (3)$$

то есть упругая линия получает вид дуги окружности с радиусом кривизны  $\rho$ . При этом известно, что кривизна является величиной, обратной радиусу кривизны, то есть:

$$\chi = \frac{1}{\rho}, \quad (4)$$

Следовательно, радиус кривизны:

$$\rho = \frac{1}{\chi} = H/M. \quad (5)$$

Таким образом, из выражения (5) следует, что чем больше радиус кривизны в данной точке упругой линии (то есть, чем меньше кривизна), тем меньший изгибающий момент необходим для изгиба данного стержня в линию заданной кривизны.

Нить в трикотаже изогнута в петли и вследствие ее упругости стремится выпрямиться. Стремление деформированной при вязании упругой нити восстановить естественную форму приводит к возникновению усилий, действующих в области контакта смежных петель.

Условием равновесия петельной структуры является равенство изгибающих моментов в точках контакта петель. Следовательно, исходя из формулы (5), состояние равновесия изгибающих моментов достигается при выравнивании радиусов кривизны платинных дуг, соединяющих рассматриваемую петлю с соседними петлями. Таким образом, изменение конфигурации петельной структуры возможно за счет введения в полотно элементов петельной структуры (платинных дуг) со значением радиуса кривизны, отличным от его значения в смежных петлях.

Перейдем к рассмотрению образования линий сгиба в полотне с использованием стремления нити выпрямиться.

На рис. 3 представлен разрез петельной структуры переплетения кулирная гладь вдоль петельного ряда, где обозначены игольная дуга 1 петли предыдущего ряда, петельные палочки 2 петли данного ряда и платинная дуга 3, соединяющая петли данного ряда.

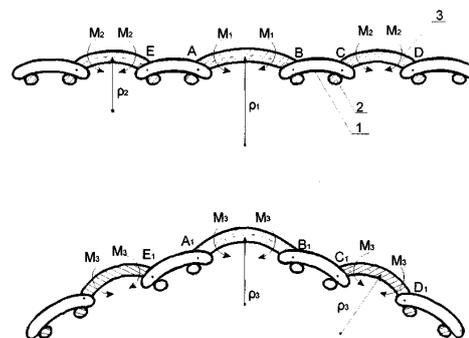


Рис. 3

Рассмотрим переплетение кулирная гладь (рис. 3) при изменении изгибающего момента в точках А и В платинной дуги, соединяющей соседние петельные столбики.

При увеличении длины платинной дуги АВ в процессе выработки получаем элемент структуры с увеличенным радиусом кривизны ( $\rho_1 > \rho_2$ ) и различные величины изгибающих моментов  $M_1 < M_2$  (рис. 3). По сходу с машины происходит выравнивание изгибающих моментов (моменты  $M_3$  на рис. 3) и выравнивание радиусов кривизны (радиусы  $\rho_3$ ). При этом в точке В момент будет увеличиваться, а в точке С – уменьшаться, то есть протяжке АВ сообщается большая кривизна (положение  $A_1B_1$ ), а протяжке CD – меньшая кривизна (положение  $C_1D_1$ ) по сравнению с первоначальной. В результате происходит перемещение игольной дуги ВС (в положение  $B_1C_1$ ) и она разворачивается в плоскости, разрезающей полотно вдоль петельных рядов. Аналогичное положение занимает и игольная дуга АЕ (дуга  $A_1E_1$  на рис. 3). Таким образом, при увеличении радиуса кривизны платинных дуг по всей длине данного петельного столбика получим разво-

рот петельных столбиков, соединенных удлиненными протяжками, что создает линию сгиба по петельному столбику на изнаночную сторону полотна (т. В. на рис. 1).

Следовательно, чтобы создать линию сгиба в глади на изнаночную сторону, необходимо уменьшить изгибающий момент в платинной дуге, соединяющей соседние петли глади.

Это можно сделать двумя способами:

– во-первых, увеличить платинные дуги, соединяющие соседние петельные столбики, тем самым увеличив радиус кривизны протяжки (рис. 3);

– во-вторых, исходя из строения переплетения ластик 1+1 можно заключить, что платинные дуги, соединяющие лицевые и изнаночные петли, имеют радиус кривизны, близкий к бесконечности, то есть они представляют собой практически прямые отрезки нити. Из этого следует, что изгибающий момент таких платинных дуг всегда меньше момента, изгибающего платинные дуги, соединяющие петли глади.

Следовательно, создать линию сгиба глади на изнаночную сторону также можно, введя в полотно по линии петельного столбика (сгиба) изнаночную петлю.

Однако следует отметить, что внешний вид петельного столбика, состоящего из изнаночных петель, неудовлетворителен из-за увеличенных петельных палочек (это явление возникает вследствие перераспределения нити из платинных дуг, соединяющих лицевые и изнаночные петли, в

петельные палочки этих петель).

Поэтому для улучшения внешнего вида линии сгиба предложено чередовать по линии петельного столбика лицевые и изнаночные петли, то есть вырабатывать двухизнаночную гладь.

В этом случае при образовании лицевой петли длина нити в петлях одинаковая, а увеличенная изнаночная петля образуется через ряд. Поэтому из всех рассмотренных способов образования линии сгиба на изнаночную сторону в переплетении гладь этот представляется наиболее удовлетворительным, при этом, однако, отмечая как недостаток необходимость более значительных временных затрат на выработку данного переплетения, связанную с наличием переносов петель на соседнюю игольницу при образовании каждого петельного ряда.

Таким образом, рассмотрены основные способы создания линий сгиба на изнаночную сторону и даны основные рекомендации по их применению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Попов Е.П.* Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука, 1986.
2. *Кудрявин Л. А., Шалов И.И.* Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 25.12.06.

УДК 745:687.1

**АЛГОРИТМ ОСВОЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВАНГАРДНОГО КОСТЮМА ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В РОССИИ**

*А.И. ЗАТУЛИЙ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

*... черная ткань, шитая белыми нитками авангарда ...*

*А.З.*

Особую актуальность для предприятий швейной промышленности в России имеет прогнозирование модных тенденций, определяющее, в свою очередь, ассортимент изделий, его номенклатурный перечень. Известно, что коммерческий успех многих коллекций в странах Европы и США в значительной степени определяется наличием радикально-авангардных, эпатажных, нуминозных элементов; элементов костюма неформальных молодежных группировок, сексуальных меньшинств или маргиналов. Используя рекламную экспансию публичного скандала после таких показов, популярные Дома Моды обеспечивают продвижение коллекций на рынке товаров и услуг.

В России этот резерв повышения экономической эффективности предприятий используется пока чрезвычайно слабо. На наш взгляд, представляется целесообразным (и возможным) такая организация производства, которая бы включала пред-

варительный анализ коллекций ведущих производителей одежды, выявление инновационных элементов, оценку степени их пригодности для массового производства и адаптацию к условиям рынка в России. Фрагментарно используя элементы авангардного костюма, можно регулярно организовывать презентации изделий швейных предприятий; используя авангардные способы представления коллекций повысить интерес средств массовой информации к швейному делу; используя инновационные технологии в смежных областях (в частности, нанотехнологии), авангардные модели одежды можно создавать, реализуя уникальные достижения химического производства и прочее. На базе аналитического рассмотрения инновационных элементов и приемов подачи коллекций – рис. 1 – предприятия швейной промышленности могут формировать банк предпринимательских идей таким образом, чтобы повысить привлекательность собственных изделий на выставках-ярмарках, показах мод, модных шоу.

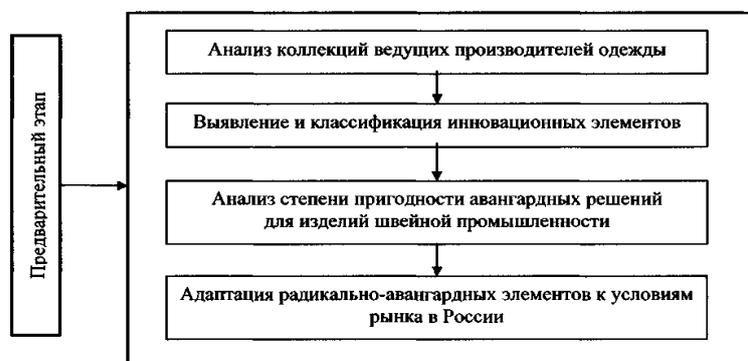


Рис. 1

На рубеже третьего тысячелетия легкая промышленность в России переживает серьезный кризис, связанный с целым рядом тяжелых проблем в этой области – низким уровнем производства, потерей квалифицированных кадров, острой конкуренцией с импортными товарами. По мнению М. Фрадкова, необходимо пере-профилировать многие предприятия, а П. Митрофанов считает, что возрождение легкой промышленности возможно путем преобразования этих предприятий в предприятия малого бизнеса. П. Митрофанов полагает также, что кризис в легкой промышленности заканчивается, так как в России есть ряд национальных резервов – вологодское кружево, ивановский текстиль, псковский лен. Расширить потенциальные возможности предприятий швейной промышленности можно путем развития традиционных художественных промыслов и ремесел, а также широко внедряя инновационные (преимущественно авангардные) элементы и технологии.

Огромное количество новинок, касающихся формообразования в костюме (авангардные формы от Р. Кавакубо, А. Веремчука, А. Мак-Куина), новых материалов и технологий (жеваные, перфорированные, мятые, плиссированные ткани от И. Мияке, новые способы создания вязаных изделий из меха от “Фенди”, инновационная комбинаторика в области материалов – новые комбинации мех-кружево, мех-гипюр, органза-солома от И. Чапурина и др.), колористических решений в костюме (инновационные способы окрашивания тканей от И. Мияке и К. Тасси, цветомузичирование от Т. Ляпидуса и Л. Житруа) должны быть взяты на вооружение предприятиями швейной промышленности России. Без этого сейчас просто не обойтись!

Возможен несколько иной подход к решению проблемы реализации товаров швейной промышленности. Классическая одежда может быть представлена в нетрадиционной обстановке. Концептуальные приемы (редимейды, показ-интервенции и показ-инсталляции, перфомансы, интернет-игры в сопровождении авангардной

словесной атрибутики) позволяют сформировать интерес к изделиям швейного производства без затрат на изготовление радикально-эпатажных одежд. В частности, показ-интервенция предполагает, что для демонстрационного показа использован неожиданный контекст или место – бассейн, библиотека, цирк, ночлежка, тюрьма, больница, кладбище и проч. Показ-инсталляция в качестве авангардного элемента использует нетрадиционные фоновые (звуковые и др.) фрагменты из различных видов экранных произведений, включая технологии проецирования движущихся изображений на пол, стены, потолок. Используя практику инсталляций немецкой компании “Blue Plot” – одной из ведущих компаний-разработчиков мультимедийных программно-аппаратных комплексов для проведения шоу, презентаций, для оформления концертных площадок и выставочных площадей, допустимо представлять коллекции на плазменных моделях. Современные технологии позволяют синхронизировать динамический видеоряд с вращением плазмы (или нескольких). Исследования специфики fashion-шоу и эволюции показов мод<sup>1</sup>, особенностей атрибутики модных показов в России, а также активное внедрение зарубежного опыта, позволит вывести швейную промышленность на качественно новый уровень.

---

<sup>1</sup> В России практически отсутствуют исследования в области технологий организации показов мод. В зарубежной научной печати эволюция показов мод изучается как самостоятельный бизнес, особое средство коммуникации, либо в связи со спортом, детской, мужской одеждой и пр. См. об этом: Peacock, J. Fashion accessories: the complete 20th century sourcebook / John Peacock. – 2000; Fashion business: theory, practice, image / edited by Nicola White and Ian Griffiths. – 2000; Barnard, M. Fashion as communication / Malcolm Barnard. – 2002 и др.

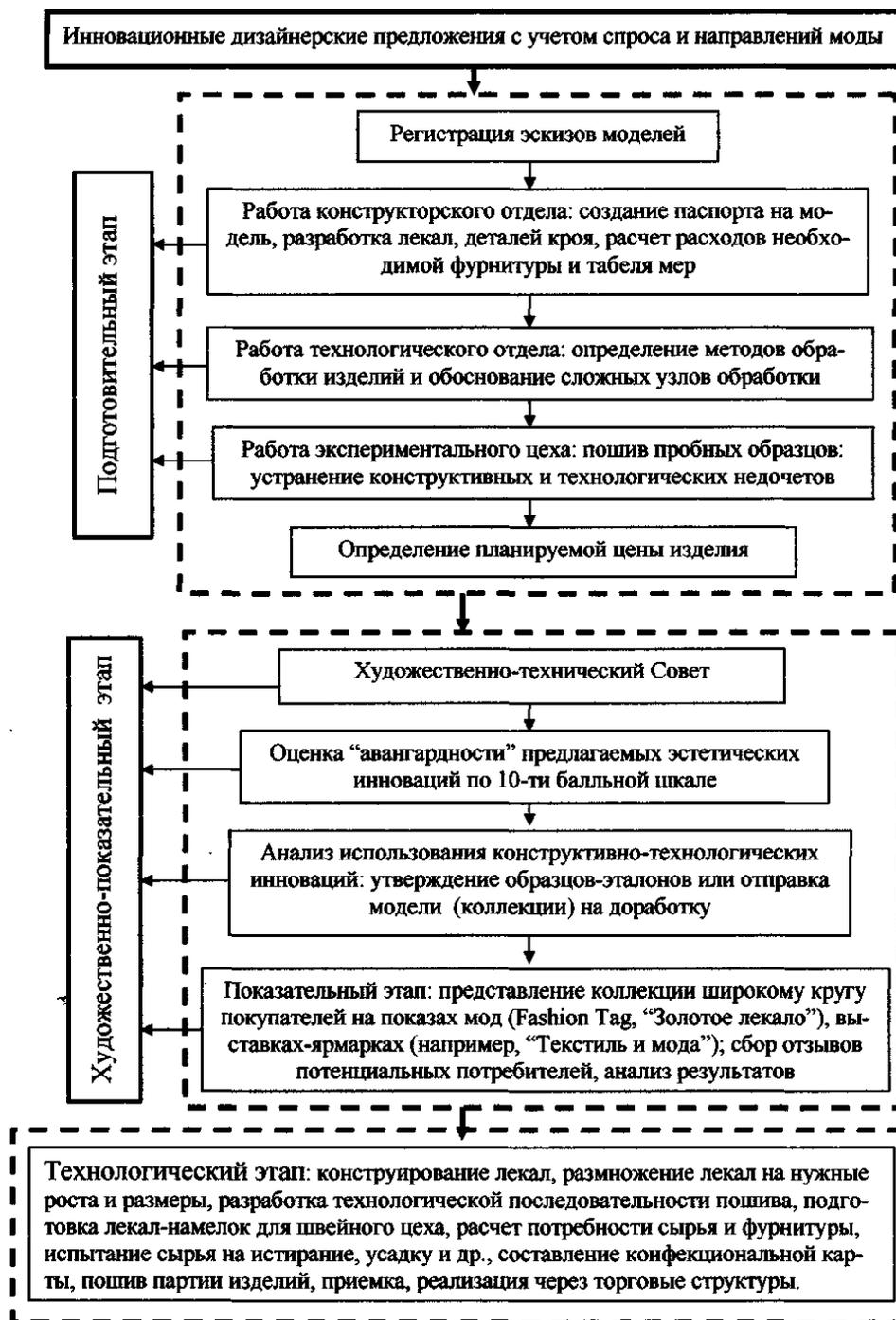


Рис. 2

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны алгоритмы аналитического подхода к выявлению авангардных решений в коллекциях производителей одежды на мировом рынке (рис. 1), а также алгоритмы внедрения инновационных дизайнерских предложений в производство (рис. 2).

2. Предлагаемые механизмы использования элементов авангардного костюма способствуют созданию конкурентоспособных национальных брендов, так как практически все способы внедрения элементов авангарда направлены на повышение конкурентоспособности отечественного швейного производства.

3. Культурная рекогносцировка новых возможностей использования элементов

авангардного костюма швейной промышленностью позволяет прогнозировать успешный выход из кризиса, а также наметить стратегические решения в области завоевания рынков сбыта.

4. Показано, что элементы авангарда – новые формы, материалы, колористические решения в костюме, стимулируя внимание средств массовой информации, позволяют добиваться коммерческого успеха в реализации готовых изделий.

5. Установлено, что практически неиспользуемым ресурсом повышения эффек-

тивности продаж продукции предприятий швейной промышленности является освоение концептуальных приемов – инсталляций, перфомансов, интернет-галерей в качестве авангардных технологий организации показов мод, рекламирования продукции с последующей ее продажей.

Рекомендована кафедрой художественного проектирования костюма. Поступила 25.12.06.

---

УДК 677.4.051.125.262

**ВЛИЯНИЕ ПОДФИЛЬЕРНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА  
НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ДНА ФИЛЬЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ**

*М.С. ГРАЧЕВ, А.П. ЯСКИН*

(Московский государственный текстильный университет им А.Н.Косыгина)

Наиболее опасным элементом фильерного питателя (ФП) с механической точки зрения является дно. Как было получено ранее [1], максимальные напряжения, возникающие в опасных сечениях дна при любых существующих на практике соотношениях сторон, с учетом и без учета ослабления дна отверстиями значительно меньше допускаемых значений; максимальный прогиб дна иногда близок к допускаемому, а чаще всего превышает допускаемые значения.

В табл.1 приведены результаты расче-

тов дна ФП на прочность и жесткость как с учетом, так и без учета перфорации. При расчетах дно рассматривали как тонкую прямоугольную пластину, жестко защемленную по всему контуру и нагруженную равномерно распределенным давлением. Расчет с учетом перфорации проводили по методике, изложенной в [2]. Расчеты проводились для фильерных пластин толщиной  $\delta=2,2$  мм; диаметр отверстий  $d=1,8$  мм; шаг между отверстиями  $s=4,5$  мм при давлении расплава базальта  $P=17\ 000$  Па.

Т а б л и ц а 1

Количество отверстий, шт	Длина пластины, м	Ширина пластины, м	Отношение сторон	Прогиб с учетом перфорации, м	Прогиб без учета перфорации, м	Максимальное напряжение от давления расплава, МПа
800	0,414	0,082	5,05	3,42E-05	2,09629E-05	9,3
600	0,302	0,072	4,19	2,01E-05	1,22995E-05	7,1
600	0,42	0,066	6,36	1,45E-05	8,88963E-06	6,1
400	0,32	0,06	5,33	9,84E-06	6,0267E-06	5,0
400	0,33	0,056	5,89	7,5E-06	4,5941E-06	4,3
300	0,3	0,046	6,52	3,43E-06	2,09943E-06	4,4
400	0,4	0,05	8	4,81E-06	2,94669E-06	3,5
200	0,2	0,04	5	1,94E-06	1,1863E-06	2,2
200	0,3	0,034	8,82	1,88E-06	1,15253E-06	2,4
200*	0,3	0,034	8,82	1,03E-06	6,3125E-07	1,6

П р и м е ч а н и е. \* – в этом случае толщина составила  $\delta=1,8$  мм.

Допускаемый прогиб для пластины толщиной  $\delta=2,2$  мм –  $[f] \leq 2,2 \cdot 10^{-5}$  м; толщиной  $\delta=1,8$  мм  $[f] \leq 1,8 \cdot 10^{-5}$  м.

Как видно из полученных результатов:

1) при большом количестве отверстий (более 400) и отношении длины фильерной

пластины к ширине  $\frac{a}{b} \leq 5$  прогиб дна ФП

близок или больше допускаемого;

2) наличие перфорации несколько увеличивает прогиб пластины (в рассмотренных случаях при коэффициенте перфора-

ции  $k=0,36$  жесткость снижается в 1,63 раза);

3) напряжение от давления расплава на дно ФП значительно меньше допускаемого значения  $[\sigma]=140$  МПа.

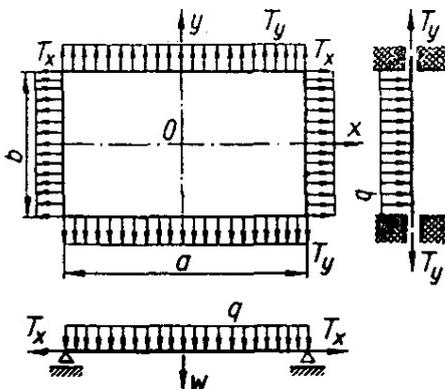


Рис. 1

При получении базальтовых нитей, когда число отверстий в дне ФП превышает 200, для более интенсивного охлаждения струек расплава, выходящих из отверстий, устанавливают опорный подфильный холодильник (ПХ). При установке ПХ расчетная схема дна ФП меняется и приобретает вид (рис. 1 – расчетная схема дна ФП при установке ПХ). Участок дна ФП между двумя ламелями представляет собой пластину, жестко защемленную по двум противоположным сторонам и свободно опертую по двум другим, находящуюся под действием продольных сил, растягивающих пластину в двух направлениях и поперечной нагрузки, равномерно распределенной по поверхности пластины.

Для определения прогиба участка дна ФП в первом приближении воспользуемся методикой, изложенной в работе [3].

Прогиб в центре участка дна:

$$w_{\max} = -\frac{qb^4}{96\pi D} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{1}{n} \varphi_{1n} \sin \frac{\pi n}{2}, \quad (1)$$

где  $q$  – давление столба расплава базальта;  $b$  – ширина участка дна ФП между двумя ламелями;  $n$  – номер члена ряда;  $D$  – цилиндрическая жесткость пластины.

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль упругости материала дна ФП при температуре эксплуатации;  $\delta$  – толщина дна ФП;  $\mu$  – коэффициент Пуассона материала дна ФП при температуре эксплуатации.

Приведенная сила

$$T_n = \left( 2D \frac{\pi^2 n^2}{a^2} + T_y \right), \quad (3)$$

где  $T_y$  – продольная сила, приложенная к кромкам  $y$ .

Приведенная жесткость

$$k_n = \left( D \frac{\pi^2 n^2}{a^2} + T_x \right) \frac{\pi^2 n^2}{a^2}, \quad (4)$$

где  $T_x$  – продольная сила, приложенная к кромкам  $x$ .

Приведенные выражения содержат бесконечные ряды. Однако сходимость рядов довольно быстрая: при 4-5 членах  $n$  получаются результаты, приемлемые в практических расчетах.

Приведенный аргумент сложного изгиба:

$$v_n = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{T_n}{D}}. \quad (5)$$

Приведенный аргумент "упругого основания":

$$u_n = \frac{b}{2} \sqrt[4]{\frac{T_n}{D}}. \quad (6)$$

Эти величины вычисляем для первых 4-5 значений  $n$ .

Значения аргументов  $v_n, u_n$  могут быть действительными или мнимыми. Коэффициент  $\varphi_{1n}$ , входящий в формулу (1), определяется по таблице, приведенной в [3], в зависимости от  $v_n$  и  $u_n$ .

В табл. 2 приведены результаты расчетов участка дна ФП, для которых получен-

ный ранее (табл. 1) прогиб был близок или больше допускаемого.

Т а б л и ц а 2

Количество отверстий, шт	Длина пластины, м	Ширина пластины, м	Длина участка пластины между опорами ПХ; жестко заземленная сторона, м	Ширина участка пластины между опорами ПХ; свободно опертая сторона, м	Прогиб с учетом перфорации, м	Максимальное напряжение от давления расплава, МПа
800	0,414	0,082	0,02	0,082	1,45E-05	8,6
600	0,302	0,072	0,016	0,072	7,24E-06	6,3
600	0,42	0,066	0,018	0,066	9,49E-06	5,2
400	0,32	0,06	0,015	0,06	6,61E-06	4,4
400	0,33	0,056	0,014	0,056	5,02E-06	3,7

Как видно из полученных результатов, прогиб участка дна ФП при установке ПХ получается меньше допускаемого  $[f]=2,2 \cdot 10^{-5}$  м. Максимальное напряжение от давления расплава также снижается, что очень важно, так как уменьшение напряжений для всех сплавов платины с родием, применяемых для изготовления ФП, приводит к увеличению длительной прочности материала и снижению скорости ползучести [4].

## ВЫВОДЫ

При большом количестве отверстий (более 400) и отношении длины фильерной пластины к ширине  $\frac{a}{b} \leq 5$  необходимо ус-  
танавливать опорный ПХ как для более интенсивного охлаждения струек расплава, так и для увеличения срока службы ФП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рудик Е.В., Грачев М.С., Коротева Л.И. К расчету фильерных питателей на прочность и деформацию// Каталог "В мире оборудования". – 2006, №3. С.24...25.
2. Грачев М.С. Расчет элемента фильерного питателя на прочность и жесткость// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С. 25...28.
3. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. – Киев, 1973. С.92...96.
4. Рытвин Е.В. Жаропрочность платиновых сплавов. – М., 1987.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и красильно-отделочного оборудования. Поступила 25.12.06.

УДК 681.3.069

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЧЕЛНОЧНОГО МЕТАЛЛОТКАЦКОГО СТАНКА

А.А. ТУВИН, Р.В. ШЛЯПУГИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Перед отечественной метизной промышленностью стоит задача модернизации имеющегося парка ткацкого оборудо-

вания. В связи с этим Шуйским ООО "Текстильмаш" была проведена работа по модернизации металлотацкого станка марки

DM-2000 с целью перехода с челночного способа прокладки утка на рапирный с заправочной шириной продукта до 200 см.

Так как одним из основных исполнительных механизмов ткацкого станка является механизм прокладывания утка, предназначенный для переноса мононити через зев основы в момент выстоя батана в крайнем заднем положении, то ему было уделено наибольшее внимание. При выборе принципиальной схемы этого механизма учитывалось, что гибкие рапиры позволяют иметь значительно большую рабочую ширину станка без чрезмерного увеличения его габаритных размеров, но для них необходимо устанавливать специальные направляющие в зеве основы. Чаще всего используют рапиры, встречающиеся в середине зева, где уточная нить передается от одной рапиры к другой. В этом случае для прокладывания уточной нити используют одновременно две рапиры, которые движутся одна навстречу другой до середины зева, а затем возвращаются в исходные положения. В некоторых случаях последняя прокладывается в зеве одной рапирой, движущейся через всю ширину станка. Принимая во внимание снижение надежности работы механизма прокладывания утка в случае передачи уточины от одной рапиры к другой, и то, что направлениями для рапиры в зеве могут служить бердо и проволоки основы (без специальных направляющих), был выбран вариант, при котором рапира должна состоять из гибкой перфорированной ленты и головки, удерживающей уточную проволоку при ее прокладке. Рапира движется в направляющих, закрепленных на бруске батана. Конец ленты расположен между двумя стальными лентами на дуговой направляющей, прикрепленной к брусу батана к правой лопасти и дополнительно к тяге-растяжке для исключения вибрации. Расположение привода рапирного механизма – справа относительно рабочего места ткача. Уточная проволока должна сматываться при ткачестве с катушек или мотков под опре-

деленным натяжением, обеспечивающем выработку качественной сетки и устойчивую работу станка.

Для передачи движения рапирам используют кулачково-рычажные, зубчато-рычажные, ленточно-рычажные и другие механизмы. Механизм привода рапир устанавливают на остова станка или на батане. В первом случае в период прокладывания уточной нити батан должен выстаивать длительное время, поэтому динамические условия работы батанного механизма ухудшаются. Чтобы снизить нагрузки, значительно уменьшают маховые массы в батанном механизме. Такой вариант установки привода рапир предпочтительнее на узких скоростных ткацких станках. На широких ткацких станках целесообразнее привод рапир располагать на батане. В этом случае приведенная к батану масса и момент инерции масс батанного механизма и привода рапир увеличиваются, что позволяет вырабатывать продукт с большей плотностью по утку. Таким образом, для станка с заправочной шириной до 2000 мм предпочтительнее, чтобы механизм привода рапиры располагался на бруске батана и перемещался вместе с ним. Привод ленты должен осуществляться от зубчатой звездочки. По причине того, что рассматриваемый механизм прокладывания утка (рис. 1) выполнен совместно с батанным (приводятся от одного кривошипа 1), в то же время должен передавать движение звездочке 18, закрепленной на валу 19, перпендикулярном валу кривошипа 1, механизм прокладывания утка имеет пространственное звено 16. Для передачи движения от звена 16 используется двухступенчатый мультипликатор 17 (рис. 2), движущийся вместе с лопастью батана и укрепленный на ней, на выходном валу 19 которого имеется звездочка, зубья которой входят в зацепление с перфорацией гибкой ленты. На конце последней закреплена головка рапиры специально разработанной конструкции [1].

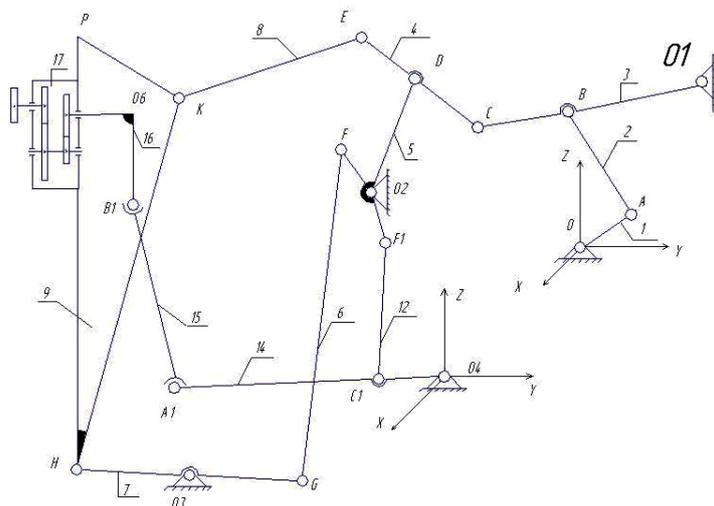


Рис. 1

Для определения параметров мультипликатора воспользуемся формулой:

$$S_p = \varphi_{16} \cdot 0,5D_{18}i, \quad (1)$$

где  $S_p$  – общий ход рапиры;  $\varphi_{16}$  – угол поворота входного вала мультипликатора;  $D_{18}$  – делительный диаметр звездочки 18;  $i$  – передаточное отношение мультипликатора.

Принимая:

$$i = i_1 i_2, \quad i_1 = i_2,$$

где  $i_1, i_2$  – передаточное отношение между ступенями мультипликатора,

$$i_1 = \frac{Z_4}{Z_5} \text{ и } i_2 = \frac{Z_6}{Z_7},$$

где  $Z_4, Z_5, Z_6, Z_7$  – числа зубьев соответствующих зубчатых колес мультипликатора (рис.2).

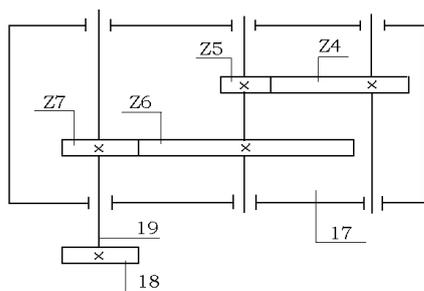


Рис. 2

Тогда кинематические параметры рапиры определяются следующим образом:

$$V_p = 0,5D_{18}i\varphi'_{16}\omega_1,$$

где  $V_p$  – скорость перемещения рапиры;  $\varphi'_{16}$  – угловая скорость поворота входного вала мультипликатора;  $\omega_1$  – угловая скорость кривошипа.

$$A_p = 0,5D_{18}i\varphi''_{16}\omega_1^2,$$

где  $A_p$  – ускорение рапиры;  $\varphi''_{16}$  – угловое ускорение поворота входного вала мультипликатора.

Звездочка совершает вращательное движение взад-вперед и перемещает перфоленту с головкой рапиры в зев за уточинной и обратно с уточинной. При ее останове и движении батана вперед головка рапиры взаимодействует с неподвижно закрепленным на остове станка упором, вследствие чего уточина освобождается. Для уменьшения габаритов мультипликатора вместо зубчатого колеса для передачи движения применяется зубчатый сектор  $Z_4$  (рис. 2).

При движении батана в заднее положение выстоя рапира перемещается к противоположенной стороне станка, на которой расположено зарядное устройство, и захватывает уточину. После чего начинается прокладывание утка, возвращаясь в исходное положение, при этом батан начинает

движение к опушке. К тому моменту, когда батан производит прибор, рапира уже освобождает проложенную уточную проволоку и выстаивает в этом положении в течение всего времени прибора. После чего цикл работы указанных механизмов возобновляется. Преимуществом данной конструкции является возможность сокращения времени выстоя батана в заднем положении вследствие того, что рапире требуется меньше времени для осуществления прокладывания утка. В результате происходит улучшение динамических условий работы батанного и рапирного механизмов. Желательно уменьшение хода рапиры за кромкой сетки для захвата и освобождения уточины и образования кромок. Полученная конструкция более приближена к современным требованиям к ткацкому оборудованию по производительности и уровню шума, а также обеспечивает более надежную работу станка.

Новый металлотацкий станок, получивший наименование DM-2000-M, предназначен для выработки тканых сеток полотняного переплетения шириной 1500...2000 мм из низкоуглеродистой и нержавеющей проволоки диаметром 0,5...1,2 мм.

Таким образом, для модернизации рассматриваемого металлотацкого станка

необходимо разработать следующие узлы и детали, позволяющие перейти с челночного способа прокладки утка на рапирный:

- привода рапиры;
- подачи уточной проволоки в рапиру;
- обрезки уточной проволоки после ее заводки в рапиру (или после прокладки ее через зев);
- освобождения уточной проволоки из рапиры после ее прокладки;
- зажима уточной проволоки после ее прокладки.

## ВЫВОДЫ

Разработаны принципиальные схемы создания узлов и деталей, требуемых для перехода от челночного способа прокладывания утка на металлотацком станке к рапирному способу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на полезную модель 54951 РФ. Устройство для прокладывания уточной проволоки на металлотацком станке / А.В. Гуцин, А.А. Тувин, Р.В. Шляпугин. – Оpubл. 2006. Бюл №21.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных маши. Поступила 25.12.06.

УДК 677.052-185

**МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНОЙ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ  
С КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ**

*А.В.ШИЛОВ, Т.А.ФЕОКТИСТОВА, К.А.ПОЛЯКОВ, А.Е.ПОЛЯКОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Стимулом развития процессов производства в предпрядении служит достижение высокой производительности в непрерывной связи с качеством выпускаемой продукции на базе современного технологического оборудования, оснащенного автоматизированным электротехническим комплексом с широким использованием электронных систем управления и микропроцессоров. Такие интегрированные системы применительно к ровничной машине (РМ) обеспечивают автоматизированное управление процессом производства ровницы и позволяют осуществить непрерывный мониторинг всех технологических параметров и эффективность работы всех РМ. Как правило, используется двухуровневая система электронного управления,

первый уровень предусматривает встроенный микропроцессор в каждую РМ для управления процессом производства ровницы, второй уровень предусматривает главную ЭВМ в ровничном цехе для координации управления и режимом всех РМ в цехе при двухнаправленных связях между встроенными микропроцессорами и ЭВМ [1].

Для реализации требований, предъявляемых к процессу наматывания ровницы на катушки (КТ), на кафедре электротехники МГТУ им. А.Н. Косыгина авторами разработаны функциональная схема и физическая модель электромеханической системы с крутильно-мотальным механизмом ровничной машины (рис. 1).

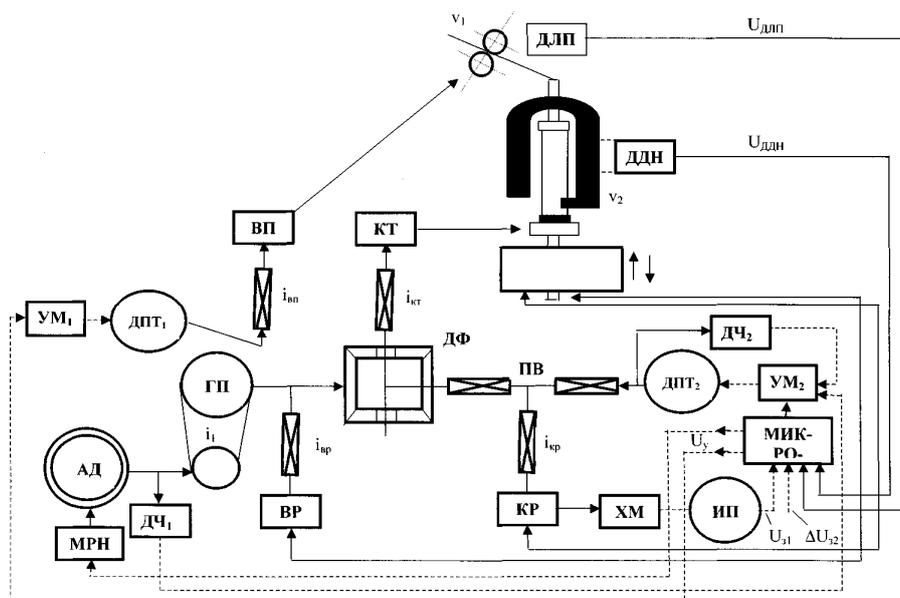


Рис. 1

Приводом главного вала (ГВ) РМ является асинхронный двигатель (АД), управляемый микропроцессорной системой плавного пуска (МРН 000) и связанный кинематически с веретенами (ВР) и первым входом дифференциала (ДФ). Выходной вал ДФ механически связан с КТ, второй вход – со вспомогательным двигателем постоянного тока (ДПТ<sub>2</sub>), управляемым полупроводниковым комплектным усилителем мощности (УМ<sub>2</sub>). ДПТ<sub>2</sub> соединен через редуктор с приемным валом (ПВ), передающим движение каретке (КР), которая посредством механизма замка с храповиком (ХМ) связана механически с измерительным преобразователем (ИП), передающим сигнал задания  $U_{31}$  на снижение частоты вращения ПВ при намотке каждого очередного слоя ровницы в микроЭВМ.

Для обеспечения статической и динамической точности синхронизации скоростных режимов рабочих органов крутильно-мотального механизма введен дополнительный привод постоянного тока ДПТ<sub>1</sub>, управляемый комплектным усилителем мощности УМ<sub>1</sub>, для согласования линейных скоростей выпуска ровницы из вытяжных приборов (ВП) –  $v_1$  и наматывания ее на паковки  $v_2$ . Корректирующими сигналами управления являются сигналы, поступающие в микроЭВМ с датчика диаметра наматывания (ДДН) и датчика линейной плотности (ДЛП), установленного в свободной зоне движения волокнистого материала.

Для измерения перемещения ХМ при переходе к намотке очередного слоя ровницы в качестве датчиков используются индукционные измерительные преобразователи электромашинного типа, обладающие высокими эксплуатационными свойствами. К ним относятся синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ) или индуксины, принцип действия которых основан на изменении по синусоидальному закону взаимной индукции между обмотками статора и ротора и соответственно наведенной электродвижущей силы при изменении углового положения ( $\varphi$ ) ротора. К основным достоин-

ствам индукционных измерительных преобразователей следует отнести наличие эффекта усреднения погрешности нанесения печатных обмоток, что позволяет получать высокую точность.

За основу структуры цифро-аналогового электропривода (ЦАЭП) принята одноконтурная система регулирования скорости наматывания ровницы на паковки. Ее основные недостатки устраняются введением упреждающего токоограничения, компенсации нелинейности звена тиристорный преобразователь (ТП) – ДПТ и нелинейной динамической коррекции регулятора скорости, реализованных с помощью программных средств микроЭВМ. Реализация алгоритма управления ЦАЭП аппаратно-программная. Аппаратной реализации подлежат алгоритмы, требующие большого объема вычислительных операций. К ним относятся: формирование кода скорости, фазосмещение импульсов управления, логика раздельного управления усилителем мощности. В функции программы, реализующей алгоритм управления ЦАЭП, входят: прием и обработка дискретной информации ИП (коды  $U_{31}$ ) и вычислителя устройства (код  $\Delta U_{32}$  задания программы намотки ровницы на паковки), расчет кода  $U_y$  управляющего воздействия в соответствии с принятыми законами регулирования и выдача его на силовую часть электропривода. В ЦАЭП РМ должны быть реализованы программными средствами: пропорциональный закон регулирования в контуре управления по положению ХМ с введением первой производной от заданного перемещения и ПИ (ПИД) закон в контуре управления по скорости [2].

Управление ДПТ<sub>1</sub> и ДПТ<sub>2</sub> осуществляется комплектными усилителями мощности (УМ<sub>1</sub>, УМ<sub>2</sub>), состоящими из силового преобразователя, собранного по трехфазной мостовой схеме на оптронных тиристорах, системы импульсно-фазового управления (СИФУ) и системы подчиненного регулирования.

На вход СИФУ подаются сигналы управления, сформированные в микроЭВМ из сигналов, поступивших с ДДН, ДЛП и ИП.

Управление процессом наматывания ровницы на паковки осуществляется следующим образом. Перед пуском РМ напряжение от сети подается на блоки питания микроЭВМ, МРН 000, комплектные усилители мощности УМ<sub>1</sub> и УМ<sub>2</sub>, технологические датчики ДДН и ДЛП. ДПТ<sub>1</sub> и ДПТ<sub>2</sub> при этом остаются неподвижными, так как при неподвижном состоянии АД на выходе датчика частоты вращения ДЧ<sub>1</sub> асинхронного двигателя напряжение равно нулю. Код задания программы намотки  $\Delta U_{32}$  и соответствующий ему сигнал управления СИФУ привода приемного вала будут соответствовать исходному радиусу намотки и при пуске не будут изменяться.

При включении АД частота вращения главного вала будет расти, на выходе ДЧ<sub>1</sub> появится напряжение, которое поступит в СИФУ, ДПТ<sub>2</sub> начнет разгоняться, причем частота вращения его будет согласованно изменяться в соответствии с изменением частоты вращения ДЧ<sub>2</sub>, механически установленного на валу ДПТ<sub>2</sub>. Таким образом, будет обеспечено согласованное вращение трех двигателей АД, ДПТ<sub>1</sub> и ДПТ<sub>2</sub> в переходных режимах.

После пуска происходит наработка слоя ровницы на паковку при постоянной частоте вращения АД, частоте вращения ДПТ<sub>2</sub>, соответствующей исходному радиусу намотки и частоте вращения ДПТ<sub>1</sub>, обеспечивающей равенство линейных скоростей  $v_1$  и  $v_2$ .

При изменении направления движения каретки механизм замка через ХМ сообщит дискретное угловое перемещение ИП, который через блок преобразователь перемещение-код (на рис. 1 не показан) формирует сигналы  $U_{31}$ , являющиеся функциями углового положения оси ротора ИП. Код сформированного угла считывается микроЭВМ через параллельный порт ввода данных. По мере намотки слоев ровницы на паковки (увеличения радиуса намотки)  $U_{31}$  увеличивается на одну и ту же величину, увеличивается и  $U_{ддн}$ , при этом  $U_{длп}$  меняется дискретно в зависимости от относительной деформации ( $\varepsilon$ ), определяемой соотношением  $\varepsilon = \Delta v/v_1$ ,  $\Delta U_{32}$  при

этом снижается в соответствии с программой намотки. Сигнал управления в СИФУ уменьшается, снижается частота вращения ДПТ<sub>2</sub> настолько, чтобы соотношение линейных скоростей  $v_1$  и  $v_2$  оставалось неизменным.

Далее аналогичные процессы изменения скорости КР и частоты вращения КТ будут повторяться в соответствии с заданной программой намотки, записанной в микроЭВМ. При останове машины предусмотрено динамическое торможение. При изменении ассортимента ровницы или параметров заправки машины меняется программа намотки, определяемая по результатам обработки экспериментальных данных физико-механических свойств волокнистого продукта.

По предложенной функциональной схеме разработана структурная схема следящей трехдвигательной системы автоматического управления скоростными режимами, позволяющая исследовать динамические режимы сложной электромеханической системы с крутильно-мотальными и транспортирующими механизмами.

## ВЫВОДЫ

С целью совершенствования процесса наматывания волокнистого продукта на паковки разработан модернизированный способ автоматического управления сложной электромеханической системой. С реализацией предложенной системы управления связано решение следующих задач: повышение скоростных режимов формирования и наматывания волокнистого материала; обеспечение точной настройки динамической системы, позволяющей реализацию заданного алгоритма управления; снижение неровноты по линейной плотности за счет программного управления процессом наматывания; формирование оптимальных законов управления в зависимости от ассортимента перерабатываемого материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков А.Е., Поляков К.А. Постановка задач повышения эффективности энергоресурсосбережения и их реализация за счет управления скоростными режимами электромеханических систем прядильного оборудования // Сб. ст. Междунар. научн. конф. Текстиль, одежда, обувь: дизайн и производство. – Витебск, 2000.

2. Поляков К.А., Поляков А.Е. Методы и системы энергосберегающего управления текстильным оборудованием. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2004.

Рекомендована кафедрой электротехники. Поступила 25.12.06.

УДК 677.4:537.027.22

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

*Л.В. АЛЕКСЕЕВА*

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н.Косыгина)

Возникновение электростатических зарядов в текстильном производстве отрицательно влияет на нормальный ход технологического процесса. При переработке синтетических волокон возникновение статического электричества значительно больше, чем при переработке других волокон. В процессе эксплуатации изделия мы также наблюдаем процесс накопления электростатического заряда. Под действием блуждающих токов можно заметить эффект "прилипания" ткани, а также "искрения". Сейчас часто используются ткани с металлическим блеском, на поверхности металла протекают электрохимические реакции: на аноде идет окисление металла, на катоде – восстановление. Скорость этих процессов подчиняется законам электрохимической кинетики. Казалось бы, в проводящих средах поверхность металла имеет всюду одинаковый потенциал, разности потенциалов нигде не должно быть, а следовательно, не должно быть и электрохимической реакции. Разность потенциалов создается наличием даже аэрацией среды, не говоря уже о различии в электропроводности тех материалов, которые участвуют в образовании ткани. Коррозия начинает разъедать металл, ткань – тускнеет.

Вопросы электризации играют важную роль в процессе изготовления и эксплуатации текстильных материалов. В результате

ношения электризующейся одежды человек приобретает заряд и находится под воздействием электрического поля, создаваемого данным видом текстильного материала. В зависимости от условий эксплуатации волокнистых материалов (влажности окружающей среды, наличие окислителей, загрязнения, применения специальных препаратов и т. п.) их электрическое сопротивление может изменяться в широких пределах. Для контроля за электростатическим состоянием текстильных материалов в основном используют следующие параметры: электрический потенциал, напряженность, поверхностную плотность заряда, удельное поверхностное сопротивление. В технической литературе, в патентах и стандартах величины удельного объемного и удельного поверхностного электрических сопротивлений различных текстильных материалов часто выражают в различных размерностях, что затрудняет сравнение свойств волокон. Следует подчеркнуть, что экспериментальные данные по величинам удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений, содержащиеся в различных публикациях по одним и тем же текстильным материалам, разноречивы и очень часто не могут сравниваться, так как получены по существу отличными методами.

Во многих работах отсутствует под-

робное описание методик, что не позволяет судить о достоверности приводимых результатов. Отсутствует в большинстве случаев и унификация методов измерения, в источниках приводятся результаты измерений электрического напряжения без данных по электрическим емкостям, имевших место в отдельных случаях, что не дает возможности сравнить результаты измерений. Суммарная относительная погрешность в случае неблагоприятных условий измерения, порой, составляет 50% и более. Принципиально важной является посылка к исследованию волокнистых материалов: волокно рассматривают как однородную среду, то есть измеряется сопротивление гомогенной (в смысле агрегатного состояния) системы – сплошного полимерного тела, а во втором случае волокна – это гетерогенная полидисперсная система, состоящая из твердых частиц, разделенных воздушными промежутками. При расчете величин удельного электрического сопротивления одного и того же волокна по данным измерения сопротивления элементарной и комплексной нити результаты могут различаться на один-три порядка. На основании теории трибоэлектрического ряда нельзя делать выводы о постоянном знаке конкретного материала и, следовательно, невозможно на основе этой теории прогнозировать его свойства в определенной смеси.

Экспериментальные исследования и последующая статистическая обработка данных по образцам разных структурных особенностей, но одинакового сырьевого состава показали, что воздушная прослойка в ткани вносит существенные изменения в электростатические свойства материала, поэтому при построении математической модели волокна, нити, ткани нельзя игнорировать наличие воздуха. Необходи-

$$C(\varepsilon) = 2 \frac{\ell \xi \varepsilon}{1 - \varepsilon} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon - 1}} \left( \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{2\varepsilon - 1}} - \operatorname{arctg} \frac{1 - \varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon - 1}} \right) \right).$$

В результате математических исследований была решена задача нахождения электрической емкости волокон, имеющих в поперечном сечении круг, с учетом воз-

мо аналитическими методами найти связь между важнейшими электрическими параметрами для того, чтобы прогнозировать электрические свойства текстильного материала с учетом воздушной прослойки на стадии проектирования, статистические методы заранее несут в себе погрешность эксперимента.

Создание обобщенной типовой математической модели электростатического состояния текстильных материалов в целом является основной чертой рассматриваемой системы исследования.

Исходные материалы способны накапливать электрический заряд, то есть ведут себя подобно конденсатору. Наличие в нити и ткани прослойки воздуха определяет модель как конденсатор смешанного типа – волокно – воздух, волокно – воздух – волокно, то есть при анализе структурных особенностей подобных материалов необходимо рассматривать изделие как многослойный материал, состоящий из нескольких компонентов.

Если разбить радиус нити (волокна) на элементарные составляющие  $\Delta x$ , то получим последовательно-параллельное соединение плоских конденсаторов, емкость поперечного сечения волокна определяется следующим соотношением:

$$C = \int_0^{\pi/2} \frac{-\ell \varepsilon_0 \varepsilon r \sin \varphi d\varphi}{2(\varepsilon r(1 - \sin \varphi) + r \sin \varphi)},$$

где  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость нити (волокна);  $\varphi$  – текущий угол;  $r$  – радиус волокна.

Емкость волокна в поперечном сечении выражается формулой:

душной прослойки, получена функциональная зависимость емкости данного вида волокон от диэлектрической проницаемости, разработана математиче-

ская модель электростатического состояния полого или двухсоставного (многосоставного) волокна с учетом воздушной оболочки, предложено решение поставленной задачи, разработана математическая модель электростатического состояния волокон, имеющих в поперечном сечении овальную форму, с учетом воздуха, аналитическими методами получена функциональная зависимость емкости данного вида волокон от диэлектрической проницаемости, исследована математическими методами функциональная зависимость емкости от диэлектрической проницаемости волокон округлых форм (окружность, эллипс) с учетом воздуха, замечено, что важную роль в значении исследуемой функции играет соотношение полуосей волокон (растянутость волокон по вертикали или горизонтали), значения функции предложены в графическом виде.

По разработанной математической методике определения электростатического состояния волокон предложена схема исследования и прогнозирования электростатических свойств волокон. Предложенная математическая методика разработки модели электростатического состояния

волокон дает возможность разрабатывать модели электростатического состояния волокон различных форм в поперечном сечении по аналогии с описанными для установления функциональной зависимости между емкостью волокна и коэффициентом диэлектрической проницаемости, найти выражение емкости нити, ткани.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика, позволяющая определять электростатическое состояние различных химических волокон.

2. Получены математические зависимости, позволяющие определять емкости химических волокон различных конфигураций, а также пакетов, состоящих из продольного и поперечного расположения химических волокон.

3. Решение обратной задачи – нахождение функциональной зависимости диэлектрической проницаемости исследуемого материала от исходной емкости.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 25.12.06.

УДК 66.011

**ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ТЕЧЕНИЯ  
В ОРГАНИЗОВАННОМ ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ***А.С. БЕЛОУСОВ, Б.С. САЖИН***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Взвешивание слоя дисперсных или волокнистых материалов в аппаратах и устройствах с осевой симметрией обычно реализуется как под влиянием осевой скорости газа, действующей на часть слоя, ближайшую к ядру потока, так и при торможении дисперсных частиц в пристеночной области [1...4]. В аппаратах фонтанирующего слоя, применяемых для сушки волокнообразующих полимеров, обычно достаточно развита коническая часть, что приводит к интенсификации процесса не только в ядре потока, но и в пристеночной зоне. Теплообмен в пристеночной зоне еще более интенсифицируется при введении в конусную часть аппарата дополнительных горизонтальных струй [1...4]. Такой организованный взвешенный слой (ОВС) приобретает некоторое вращение и по аэродинамической схеме он приближается к взвешенному вихревому слою в аппаратах со встречными закрученными потоками [4] или в устройствах вихревого прядения [2]. Наибольшую сложность обычно составляет выявление внутренней структуры течения дисперсной фазы, особенно для тонкодисперсных и волокнистых слоев. Поэтому значительный интерес представляет исследование структур течения газозвесей для аппаратов с более крупнодисперсными материалами, поскольку здесь возможна организация более простых и точных экспериментов. При этом распространение результатов на устройства с аналогичной аэродинамической схемой в значительной степени будет определяться адекватностью

моделей, описывающих структуры течения.

Необходимо отметить, что имеются различные точки зрения как на структуру взвешенного слоя, так и на математические модели структуры потоков. По результатам прямых измерений, выполненных различными методами, отмечается неоднородность областей слоя, сильные циркуляционные течения, наличие двух, трех и более зон с различными скоростями и направлениями потоков дисперсной фазы. С другой стороны, при исследовании структуры течений в этих аппаратах методом трассера часто применяют модель идеального перемешивания или обычную ячеечную модель [1]. Более реалистичная модель, состоящая из двух секций смешения и циркуляционного контура, предложена в работах [3], [5]. Однако эта модель имеет фиксированную структуру, а для определения ее параметров применен интегральный метод моментов, при котором (в случае циркуляций в системе), часть информации о распределении времени пребывания материала может теряться. В данной работе предлагается многоконтурная циркуляционная модель (МКМ), учитывающая наличие в слое зон с различными свойствами, а также методика определения структуры и параметров модели.

Каждый контур МКМ состоит из секционной модели в ядре потока и блока идеального вытеснения в циркуляционной линии. Уравнения материального баланса трассера в ядре потока для  $k$ -го контура

МКМ в относительных координатах имеют вид:

$$\frac{dC_{1,k}}{d\theta} = N_k \lambda_k (1 - C_1(1 + R_k) + \bar{C}_k R_k) / M_k, \quad (1)$$

$$\frac{dC_{i,k}}{d\theta} = N_k \lambda_k (1 + R_k) (C_{i-1,k} - C_{i,k}) / M_k, \quad i=1, N_k, \quad (2)$$

для циркуляционной линии  $k$ -го контура:

$$\frac{\partial \bar{C}_k}{\partial \theta} = \lambda_k R_k \frac{\partial \bar{C}_k}{\partial V} / B_k, \quad (3)$$

где  $N_k$  – число секций  $k$ -го контура в ядре потока;  $\lambda_k$  – доля общего потока в контуре;  $R_k = Q_{r,k} / Q_k$  – поток рециркуляции;

$$C(\theta) = \sum_{k=1}^{\tilde{K}} \lambda_k \left( \sum_{j=1}^{\alpha_k} \left( \frac{A_{k,j} R_k^{j-1} \exp(-T_{k,j}((1+R_k)/(1-B_k))N_k) \Phi(T_{k,j})}{(1-B_k)^{N_k j} \Gamma(N_k j)} \right) \right),$$

$$A_{k,j} = (1 + R_k)^{(N_k-1)j} N_k^{N_k j} T_k^{(N_k j-1)}, \quad T_{k,j} = (1 - (j-1)B_k / R_k), \quad (4)$$

где  $\alpha_k$  – число членов ряда обратного преобразования Лапласа;  $\Gamma$  – гамма-функция;  $\Phi$  – функция Хевисайда. При  $\tilde{K} = 1$  и  $N_k = 2$  решение соответствует модели, предложенной в работе [3].

Для выбора адекватной структуры модели и определения ее параметров предлагается методика, построенная на идее совместного применения методов медленных компонентов [6] и нелинейного оценивания параметров по  $F$ -статистике [7]. На каждом шаге выполняется поиск параметров наиболее инерционного потока с использованием  $F$ -критерия. Интервал по времени  $\theta$ , на котором производится поиск параметров, определяется с помощью анализа функции интенсивности.

Для более точного воспроизведения циркуляционных колебаний предварительно производится кубическая сплайн-интерполяция экспериментальных  $C(\theta)$ -спектров. По интерполированной кривой  $C^*(\theta)$  определяется интегральная функция распределения времени пребывания час-

$B_k$  – объемная доля блока идеального вытеснения;  $M_k$  – объемная доля секции в ядре потока.

Общее решение уравнений (1)...(3) получаем с учетом соотношения между передаточной функцией системы  $W_c(s)$  и передаточными функциями контуров  $W_k(s)$ :

$$W_c(s) = \sum_{k=1}^{\tilde{K}} \lambda_k W_k(s),$$

где  $s$  – комплексная переменная;  $\tilde{K}$  – число контуров в системе:

тиц материала  $F^*(\theta) = \int_0^\theta C^*(z) dz$  и, соответственно экспериментальная функция интенсивности  $L(\theta) = -d[\ln(1 - F^*(\theta))]/d\theta$ .

Приближенное значение  $F$ -критерия рассчитывалось как:

$$F = (0,03 C_{\max})^2 / S_{\text{ост}},$$

где  $C_{\max}$  – максимум экспериментальной  $C$ -кривой, а  $S_{\text{ост}}$  – остаточная дисперсия для модели соответствующего контура. Для поиска применялась процедура оптимизации по методу градиента. Как показали расчеты, для циркуляционных моделей могут возникать области локальных экстремумов. Для их отсева применялся метод случайного наброса начальных условий поиска на область допустимых значений параметров (не менее 10m вариантов при каждом поиске, где  $m$  – число параметров).

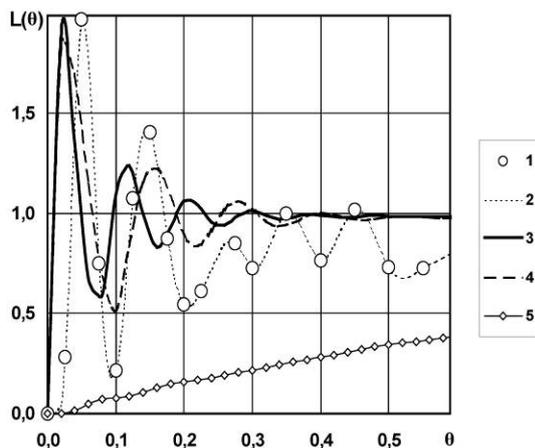


Рис. 1

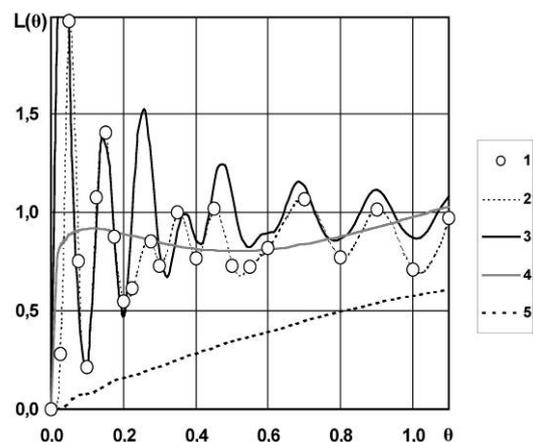


Рис. 2

На рис. 1 и 2 представлены расчетные и экспериментальные кривые  $L$ -функций, характеризующие циркуляционную структуру потоков в аппарате с диаметром  $D = 0,18$  м и одинаковой высотой цилиндрической и конической части  $H_{\text{ц}} = H_{\text{к}} = 0,2$  м. Использовался дисперсный материал с диаметром частиц  $d_{\text{м}} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ . Прочие характеристики экспериментальной установки приведены в работе [5].

Данные на рис. 1 получены для модели с двумя секциями смешения. Кривые на рис. 1 обозначают: 1,2 – экспериментальная  $L(\theta)$ -функция интенсивности в точках замеров и между ними; 3 – функция интенсивности двухсекционной модели, параметры определены по методу моментов [5],  $F = 33,06$ ; 4 – функция интенсивности двухсекционной модели, параметр  $R_1$  уточнен с помощью процедуры оптимизации,  $F = 10,83$ ; 5 – экспериментальная функция распределения времени пребывания  $F^*(\theta)$ .

На рис. 2 представлены данные, полученные для модели МКМ с помощью методики, изложенной в данной статье. Обозначения кривых на рис. 2 соответствуют обозначениям на рис. 1, за исключением: 3 – модель МКМ,  $k = 2$ ,  $F = 3,89$ ; 4 – двухпоточная модель МКМ без циркуляционных контуров,  $F = 33,33$ .

Как видно из полученных данных, двухсекционная модель не описывает полностью циркуляции в системе, при  $\theta \geq 0,3$

модель прогнозирует полное затухание циркуляций. С другой стороны, из рис. 2 следует, что двухконтурная модель МКМ хорошо описывает все стадии циркуляционных процессов. При табличном значении критерия  $F_T = 4,7$  только эта модель является адекватной. Точка минимума двухпоточной модели без циркуляций соответствует границе между областями влияния различных контуров.

Существование двух контуров циркуляции хорошо соответствует обнаруженной с помощью прямых замеров трехзонной структуре фонтанирующего слоя [1]. В устройствах вихревого прядения и при режиме разделения течений в аппарате со встречными закрученными потоками также следует ожидать двухконтурную циркуляцию материала в слое.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена многоконтурная циркуляционная модель взвешенного слоя и методика определения ее структуры и параметров.

2. Установлено существование двух контуров циркуляций во взвешенном слое, определена структура модели, описывающей это явление.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. – Л.: Химия, 1979.

2. Павлов Г.Г. Аэродинамические основы безверетенных способов прядения.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

3. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.

4. Belousov A., Sazin B. Application of Guided Vortex Breakdown for Drying and Separation of the Powder in Vortex Cyclone// Proceeding of NDC-03, CD, Copenhagen, Denmark, 2003, P.1...5.

5. Сажин Б.С., Лукачевский Б.П., Кикалишвили О.И. и др. Структура перемешивания дисперсного материала в аппарате фонтанирующего слоя с хордальным вводом теплоносителя. Деп. в ЦНИИ-ТЭИлегпром, 1984, №952, ЛП–Д84.

6. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1976.

7. Белоусов А.С., Сажин Б.С. Диффузионная модель перемешивания в технологических аппаратах при малых числах Пекле //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №2. С.96...100.

Рекомендована кафедрой процессов, аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 25.12.06.

УДК 621.184.64

## МЕТОД ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РЕГЕНЕРАТОРА

*И.П. КОРНЮХИН, Л.И. ЖМАКИН, И.В. КОЗЫРЕВ, Н.Н. СТРАХОВА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Хорошо известно использование вращающихся регенераторов типа Юнгстрема в качестве воздухоподогревателей в котельных установках. В настоящее время развивается подход к использованию вращающихся регенераторов в системах вентиляции для нагрева поступающего воздуха за счет теплоты сбрасываемого. В качестве насадки в таких регенераторах используется гофрированная алюминиевая лента с подложкой из такой же, но недеформированной ленты, образуя таким образом каналы для прохода воздуха. Такая сдвоенная лента навивается на вал в форме спирали Архимеда. Толщина лент мала – порядка десятков микрометров. Добавим также, что такие установки представляются перспективными в системах вентиляции текстильных предприятий для регенерации теплоты воздуха, сбрасываемого из установок для термообработки тканей.

Кейсом и Лондоном [1] предложен метод расчета таких регенераторов, в которых скорость вращения барабана учитывается при помощи эмпирической поправки, зависящей от теплоемкостей теплоносителей и насадки. Хотя, на первый взгляд, такая форма поправки представляется довольно логичной, тем не менее, она не учитывает влияния интенсивности теплоотдачи. Кроме того, в качестве гипотезы в

[1] используется представление коэффициента теплопередачи как средневзвешенного по площадям поверхности теплообмена холодного и горячего каналов. В данной работе предлагается метод расчета, свободный от таких предположений.

В отличие от регенераторов с неподвижной насадкой, где температура теплоносителей на выходе из насадки изменяется во времени, во вращающихся регенераторах, работающих в стационарном режиме, их температура остается неизменной. В этом они схожи с рекуперативными теплообменниками. Более того, в тех же рекомендациях [1] по расчету вращающихся регенераторов для них сохраняются те же, что и рекуператоров, определения среднего температурного напора и эффективности теплообменника. Средние (среднеинтегральные) температуры каждого из теплоносителей  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$  рассчитываются по среднему температурному напору теплоносителей и их температурам на входе и выходе (см. [2]), и, следовательно, они также будут неизменны во времени. Более того, среднелогарифмический напор совпадает [2] с разностью среднеинтегральных температур  $t_{ж1} - t_{ж2} = \Delta t_{л}$ . Но температура стенки (температура насадки) будет изменяться во времени.

Насадка регенератора выполняется из

тонкой металлической фольги, и для нее число Био мало по сравнению с 1:

$$Bi = \alpha \delta / \lambda \ll 1.$$

При малых значениях числа Био температурное поле фольги практически однородно по толщине, и ее прогрев (охлаждение) определяется лишь закономерностями теплоотдачи. При этом изменение энергии насадки определяется величиной потока теплоты через ее поверхность, что позволяет записать для каждой из частей (каналов) регенератора уравнение теплового баланса в виде

$$c\rho V \frac{dt_i}{d\tau} = \alpha_i (t_{жi} - t_i) F, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

где  $c$  и  $\rho$  – удельная теплоемкость и плотность насадки;  $V$  и  $F$  – объем и площадь поверхности насадки;  $t_1$  и  $t_2$  – температура стенки на стадиях прогрева и охлаждения соответственно.

Обозначим:

$$z_1 = 2\alpha_1 \tau / c\rho \delta, \quad z_2 = 2\alpha_2 \tau / c\rho \delta, \quad (2)$$

$$Z_1 = 2\alpha_1 \tau_1 / c\rho \delta, \quad Z_2 = 2\alpha_2 \tau_2 / c\rho \delta. \quad (3)$$

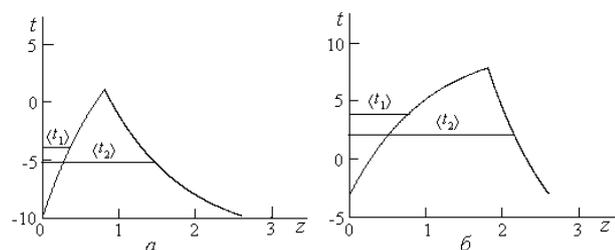


Рис. 1

В качестве примера на рис. 1 представлено изменение температуры стенки регенератора, рассчитанное по уравнениям (7) и (8) при  $Z_1 = 0,8$  и  $Z_2 = 1,8$  (рис. 1-а) и при  $Z_1 = 1,8$  и  $Z_2 = 0,8$  (рис. 1-б). Оба графика

Учитывая определения (2), (3) и то, что  $V/F = \delta/2$ , преобразуем уравнения (1) к виду

$$dt_1/dz_1 = t_{ж1} - t_1, \quad 0 \leq z_1 \leq Z_1; \quad (4)$$

$$dt_2/dz_2 = t_2 - t_{ж2}, \quad 0 \leq z_2 \leq Z_2. \quad (5)$$

Общие решения уравнений (4) и (5) имеют вид:

$$t_{ж1} - t_1 = c_1 \exp(-z_1), \quad t_2 - t_{ж2} = c_2 \exp(-z_2). \quad (6)$$

Температура стенки в регенераторе является непрерывной периодической функцией. В силу этого температура стенки на выходе из зоны нагрева должна быть равна температуре на входе в зону охлаждения, а ее значение на выходе из зоны охлаждения должно совпадать с соответствующим значением на входе в зону нагрева, то есть:

$$t_1|_{z_1=Z_1} = t_2|_{z_2=0} \quad t_1|_{z_1=0} = t_2|_{z_2=Z_2}.$$

С помощью этих условий определяются значения констант в уравнениях (6), что позволяет представить температурные поля в обеих зонах в виде:

$$t_{ж1} - t_1 = (t_{ж1} - t_{ж2}) \frac{1 - \exp(-Z_1)}{1 - \exp[-(Z_1 + Z_2)]} \exp(-z_1), \quad (7)$$

$$t_2 - t_{ж2} = (t_{ж1} - t_{ж2}) \frac{1 - \exp(-Z_2)}{1 - \exp[-(Z_1 + Z_2)]} \exp(-z_2). \quad (8)$$

построены при средних температурах горячего и холодного теплоносителей, равных соответственно  $t_{ж1} = 10\text{C}$  и  $t_{ж2} = -12\text{C}$ . Заметим, что в рассматриваемом случае поля температур в обеих зонах (зонах нагрева и охлаждения) нелинейны.

Средние (среднеинтегральные) по времени значения температур стенок в каждой из зон (каналов) определяются как

$$\langle t_1 \rangle = \frac{1}{Z_1} \int_0^{Z_1} t_1 dz_1, \quad \langle t_2 \rangle = \frac{1}{Z_2} \int_0^{Z_2} t_2 dz_2.$$

Выполнив операции интегрирования с использованием формул (7) и (8), получим

$$t_{ж1} - \langle t_1 \rangle = (t_{ж1} - t_{ж2}) \frac{(1 - \exp(-Z_1))(1 - \exp(-Z_2))}{Z_1(1 - \exp[-(Z_1 + Z_2)])}, \quad (9)$$

$$\langle t_2 \rangle - t_{ж2} = (t_{ж1} - t_{ж2}) \frac{(1 - \exp(-Z_1))(1 - \exp(-Z_2))}{Z_2(1 - \exp[-(Z_1 + Z_2)])}. \quad (10)$$

На основании этих формул можно представить разность температур стенки в обеих зонах в виде

$$\langle t_1 \rangle - \langle t_2 \rangle = (t_{ж1} - t_{ж2})s, \quad (11)$$

$$s = 1 - \frac{(1 - \exp(-Z_1))(1 - \exp(-Z_2))}{(1 - \exp[-(Z_1 + Z_2)])} \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right). \quad (12)$$

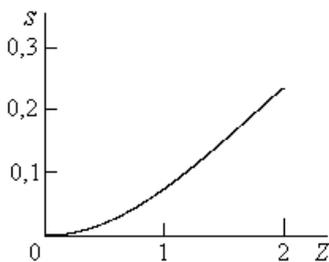


Рис. 2

Зависимость  $s(Z)$ , построенная по уравнению (12) для случая  $Z_1 = Z_2 = Z$ , представлена на рис. 2. При высокой частоте вращения барабана и при низком коэффициенте теплоотдачи значения параметров  $Z_i$  малы, как следует из уравнения (3). В пределе, при  $Z_i \rightarrow 0$ , величина  $s \rightarrow 0$  и различие в значениях температур стенки на стадиях нагрева и охлаждения исчезает.

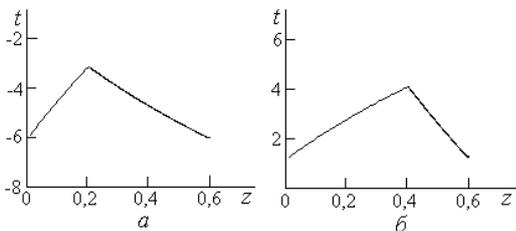


Рис. 3

Это обстоятельство иллюстрируется также графиками рис. 3, построенными при относительно малых значениях  $Z_i$ . Эти графики построены при тех же средних

где параметр  $s$  определяется соотношением

температурах теплоносителей, что и графики рис. 1. График рис. 3-а построен при  $Z_1 = 0,2$  и  $Z_2 = 0,4$ , а график рис. 3-б – при  $Z_1 = 0,4$  и  $Z_2 = 0,2$ . Температурные кривые на этих графиках практически линейны, так что средние температуры стенки в зонах нагрева и охлаждения совпадают.

Воспользуемся законами теплоотдачи Ньютона-Рихмана в обеих зонах:

$$q = \alpha_1(t_{ж1} - \langle t_1 \rangle), \quad q = \alpha_2(\langle t_2 \rangle - t_{ж2}). \quad (13)$$

Исключая значения температур стенок из уравнений (13) при помощи уравнения (11), получим

$$q = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \frac{s}{1-s}}. \quad (14)$$

Стоящая в числителе формулы (4) разность среднеинтегральных температур, как уже отмечалось выше, совпадает со среднеинтегральным (среднелогарифмическим) температурным напором [2]. В целом уравнение (14) совпадает с известным уравнением теплопередачи рекуператора, если величину, обратную знаменателю, в этом уравнении отождествить с коэффициентом теплопередачи  $k$ :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}\right) \frac{s}{1-s}} \equiv \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}\right) \frac{1}{1-s}}. \quad (15)$$

Величину  $(1/\alpha_1 + 1/\alpha_2)s/(1-s)$  в знаменателе уравнений (14) и (15) можно рассматривать как динамическое сопротивление стенки регенератора, зависящее от частоты вращения барабана. С ростом частоты вращения регенератора эта величина уменьшается и может стать пренебрежимо малой при больших частотах. В практических расчетах можно считать, что динамическим сопротивлением можно пренебречь при  $z_i < 0,3$ . Таким образом, как и в эмпирической поправке [1] с ростом частоты вращения регенератора ее влияние вырождается, но в отличие от рекомендаций [1] влияние теплоемкости теплоносителей не проявляется.

Представленные уравнения могут быть использованы при проведении как конструктивного, так и поверочного расчетов регенератора. Уравнение теплового баланса регенератора имеет тот же вид, что и для рекуператора. После определения величины потока теплоты  $Q$  по расходам и температурам теплоносителей и расчета плотности потока теплоты  $q$  по (14) величина площади поверхности теплообмена

определяется как  $F = Q/q$ .

При проведении поверочного расчета после определения величины коэффициента теплопередачи по формуле (15) рассчитывается величина  $N_{\sigma} = kF/(Gc)_m$  [1], [2], а затем по одному из уравнений для прямо- или противотока [2] – величина эффективности  $E$ . Используя определение эффективности теплообменника [1], [2], рассчитывают поток теплоты  $Q$ , а по уравнению теплового баланса находят значения температур теплоносителя на выходе из теплообменника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кейс В.М., Лондон А.А. Компактные теплообменники. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962.
2. Корнюхин И.П. Тепломассообмен в теплотехнике текстильных производств. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 25.12.06.

**КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРОВНОТЫ,  
ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ РАЗДЕЛЕНИИ  
ПОТОКА ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

*В.И. ВИРАБОВА, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Деление волокнистого потока сопровождается практически все технологические процессы в прядильном производстве. Деление потока можно осуществлять разными способами. Здесь рассмотрено так называемое циклическое деление, при котором из исходного потока через примерно равные интервалы отбираются порции волокнистого материала (ВМ), из которых формируется выходящий поток (рис. 1).

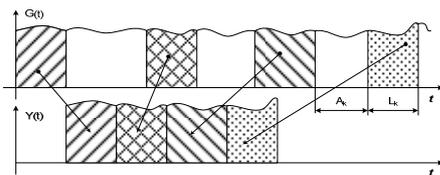


Рис.1

Такой тип деления происходит, например, с чесальной лентой при заполнении тазов и распределении этих тазов по ленточным машинам.

Если исходный поток ВМ стационарный, то очевидно, что при таком делении средняя линейная плотность продукта и коэффициент вариации по линейной плотности потока остаются неизменными, тогда как двумерные характеристики потока, например, автокорреляционная функция (АКФ) и спектральная плотность дисперсии (СПД), могут претерпеть существенные изменения.

При фактической реализации процесса деления интервалы ( $l_1, l_2, \dots, l_n$ ) подвержены случайным вариациям, которые также могут отразиться на АКФ и СПД. Для изучения этих изменений АКФ и СПД был разработан алгоритм моделирования, имитирующий рассматриваемый процесс циклического деления.

тирующий рассматриваемый процесс циклического деления.

В алгоритме использованы следующие обозначения:  $G_{sr}$  и  $S_g$  – параметры для нормального распределения потока волокон;  $N_1, k_1, N_2, k_2$  – параметры для биномиального закона распределения;  $T_1, T_2$  – постоянные величины для получения нового потока волокон;  $L_1, L_2$  – интервалы деления входящего потока;  $T_{mod}$  – время моделирования;  $C_{vg}$  – коэффициент вариации;  $g, g_1$  – случайные значения;  $x, x_1, x_2$  – массивы из единиц и нулей;  $y$  – случайные значения полученного после деления потока;  $n$  – длина массива  $y$ ;  $S_g, S_y, Disp_1, Disp_2, Min_1, Min_2, Max_1, Max_2, Sred_1, Sred_2$  – среднеквадратические отклонения, дисперсии, минимумы, максимумы, средние значения для входящего и полученного потоков ВМ.

Алгоритм:

1. Присвоение начальных значений:  $G_{sr} = 10$ ;  $C_{vg} = 0.1$ ;  $S_g = C_{vg} * G_{sr}$ ;  $T_{mod} = 12000$ ;  $a = 0.9$ ;  $t = 0: T_{mod} - 1$ ;  $T_1 = 10$ ;  $T_2 = 20$ ;  $N_1 = 5$ ;  $k_1 = 0.5$ ;  $N_2 = 5$ ;  $k_2 = 0.5$ .

2. Генерация случайных значений потока  $g$ .

3. Построение АКФ для потока  $g_1$ .

4. Вычисление интервалов со случайными вариациями  $L_1$  и  $L_2$ .

5. В цикле производится вычисление массива  $x$  до тех пор, пока длина массива не превышает время моделирования  $T_{mod}$ .

6. Поэлементное умножение массива  $g_1$  на  $x$ .

7. Вычисление длины  $j = n$  нового массива  $y$ .

8. В цикле проверяется, начиная с конца

массива, если значение равно нулю, то производится обрезка этого массива, и остаются только значения, равные единице, до тех пор, пока длина  $u$  больше единицы.

9. Построение АКФ для массива  $u$ .

10. Построение гистограмм для значений  $g_1$  и  $u$ .

11. Вычисление статистических характеристик для входящего и полученного потоков:  $S_g, S_y, Disp_1, Disp_2, Min_1, Min_2, Max_1, Max_2, Sred_1, Sred_2$ .

12. Построение спектра для входящего и полученного потоков.

В процессе функционирования модели оператор 1 задает начальные значения величинам. Оператор 2 генерирует значения входящего потока волокнистого материала с нормальным законом распределения со средним, равным 10, и коэффициентом вариации, равным 10%. Оператор 3 выполняет построение автокорреляционной функции для входящего потока. В операторе 4 вычисляются значения интервалов для деления, с использованием биномиального закона распределения для отражения случайных воздействий. С помощью операторов 5...8 осуществляется имитация процесса деления входящего потока через рассчитанные интервалы  $L_1$  и  $L_2$ . Далее строится АКФ для полученного после деления потока  $u$  и гистограммы для входящего и полученного потока. В операторе 11 производится вычисление основных статистических характеристик. В завершение алгоритма строится СПД. Алгоритм реализован в среде MatLab.

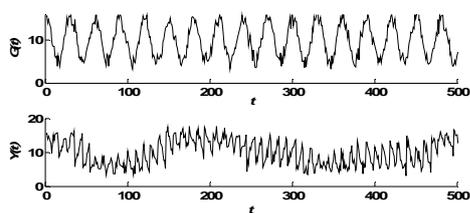


Рис.2

На рис.2 приведен пример работы алгоритма. Исходный поток  $VM$  моделировался в виде суммы периодической компоненты и нормального белого шума:

$$G(t) = B \cos(2\pi t / T_0) + \xi(t),$$

$$\xi(t) \sim N(mG, sG).$$

Значения параметров приняты равными:  $B = 5; T_0 = 30; mG = 10; sG = 1$ .

Из рис. 2 видно, что характер изменений линейной плотности потока меняется существенным образом. В табл.1 приведены основные одномерные числовые характеристики потоков  $G(t)$  и  $Y(t)$ , а на рис.3 – гистограммы распределений линейной плотности потоков. Из этих результатов видно, что одномерные характеристики в результате деления потока практически не меняются.

Таблица 1

	Среднее	Кэф. вар., %	Мин.	Макс.
$G(t)$	10,011	36,6	1,868	17,786
$Y(t)$	9,823	37,4	2,158	17,378

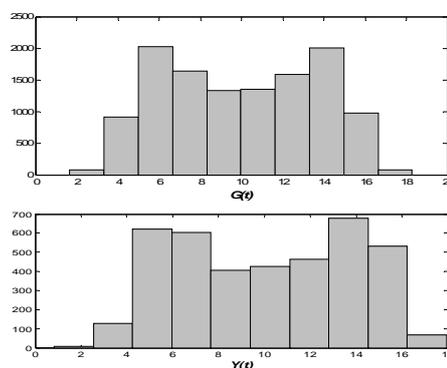
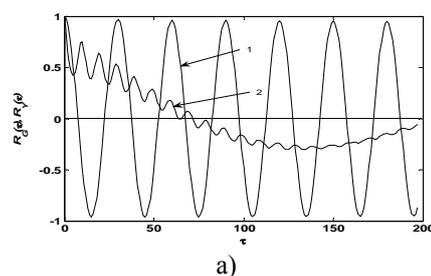
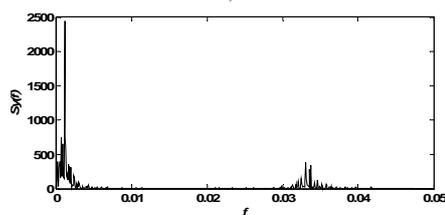


Рис.3

На рис.4-а приведены графики АКФ, а на рис.4-б – график СПД для потока  $Y(t)$  после деления. СПД исходного потока имеет вид пика на частоте  $f_0 = 1/T_0 = 0,033$ , соответствующей периоду  $T_0$ .



а)



б)  
Рис.4

1. Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Знание-Информ, 2006.  
 2. Будников В.И. Процесс деления в механическом прядении. – М: Легкая индустрия, 1965.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 25.12.06.

Из этих графиков следует, что процесс циклического деления меняет вид как корреляционных зависимостей в потоке, так и спектральный состав неровноты по линейной плотности преобразованного потока.

Построенная модель деления позволяет исследовать влияние случайных вариаций при циклическом разделении потока на неровноту вновь формируемого потока ВМ.

УДК 677.024.1: 519.15

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АЛГОРИТМА ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТА ТОЧЕК РИСУНКА ПРИ ЕГО ПРЕОБРАЗОВАНИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ**

*Г.И. БОРЗУНОВ, А.Е. ВОЙНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В предыдущих сообщениях [1] был впервые предложен алгоритм изменения цвета точек рисунка при его преобразовании в технологически допустимое изображение. Для проверки эффективности предлагаемого алгоритма был проведен вычислительный эксперимент, описание которого приводится ниже. Прежде всего в результате сканирования было получено точечное изображение раппорта цвета, размерность которого равна 16×16 точек. После препарирования этого изображения было получено потенциально допустимое изображение, точки которого оказались окрашены в 5 различных цветов: 1) – белый, 2) – серый, 3) – светло-синий, 4) – синий и 5) – темно-синий.

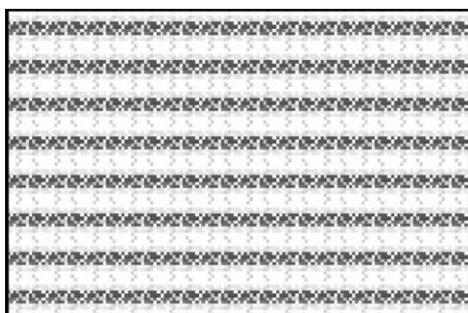


Рис. 1

На рис. 1 изображен тканый узор, кото-

рый получен в результате многократного повторения раппорта цвета потенциально допустимого изображения. Введем буквенные обозначения для 5 цветов указанного выше раппорта: а – белый, б – серый, в – светло-синий, г – синий и д – темно-синий. Раппорт потенциально допустимого изображения с учетом принятых обозначений приводится в табл. 1.

Таблица 1

N/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	а	а	а	б	а	а	а	а	а	б	а	а
11	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
10	в	а	в	в	в	а	в	а	в	б	в	в
9	в	в	а	в	б	в	в	в	б	в	а	в
8	д	а	д	б	д	д	д	а	д	д	д	а
7	а	д	д	д	б	д	а	д	б	д	д	д
6	г	г	г	б	г	б	б	г	г	б	г	а
5	а	г	а	г	г	г	а	г	г	г	а	г
4	в	а	в	в	в	а	в	а	в	б	в	в
3	в	в	а	в	б	в	в	в	б	в	а	в
2	а	а	а	б	а	а	а	а	а	а	а	а
1	а	а	а	а	б	а	а	а	б	а	а	а

Анализ раппорта, представленного в виде табл.1, показал наличие в нем запрещенных фигур. Для того, чтобы убедиться в наличии запрещенных фигур достаточно рассмотреть фрагмент этого раппорта (табл. 2).

Таблица 2

N/N	7	8	9
8	д	а	д
7	а	д	б
6	б	г	г

Этому фрагменту раппорта соответствует граф структуры рисунка, изображенный на рис. 2.

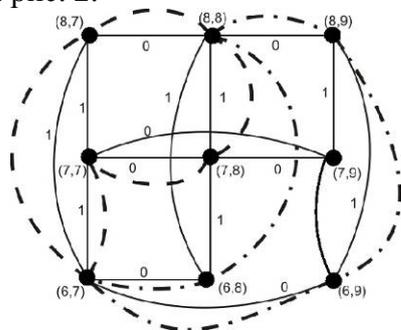


Рис. 2

На этом рисунке ребра графа структуры фрагмента раппорта изображены сплошными линиями, взвешенными нулем или единицей. Пунктирными линиями выделены два цикла нечетной длины, инцидентные вершине (6,7). Эти два цикла составляют пример запрещенной фигуры [2]. Данная запрещенная фигура не единственная даже в этом фрагменте, размерность которого предельно мала. Легко проверить, что все запрещенные фигуры могут быть удалены из рассматриваемого фрагмента, если изменить цвет двух точек, соответствующих вершинам (6,8), (6,9), окрасив их в цвет "б". Но существует другой вариант: окрасить в цвет "б" единственную точку, соответствующую вершине (7,7). При этом также будут удалены все запрещенные фигуры. Рассмотренный пример показывает, что даже для простейших изображений существуют варианты удаления запрещенных фигур, которые требуют различного числа изменений цвета точек в исходном рисунке.

После обнаружения в рисунке с помощью компьютера запрещенных фигур можно попытаться удалить их с использованием простейшего алгоритма: 1) выбрать очередную вершину, инцидентную некоторой запрещенной фигуре; 2) окрасить все вершины, смежные с выбранной вер-

шиной, в цвет выбранной вершины; 3) если не все вершины рассмотрены, то перейти к пункту 1. Такой алгоритм в общем случае не приводит к полному удалению из изображения запрещенных фигур за конечное число шагов, так как при указанных выше изменениях цвета точек исходного рисунка запрещенные фигуры, инцидентные текущей вершине удаляются, но при вершинах, цвет которых изменяется, могут образовываться новые запрещенные фигуры. Кроме того, даже в тех случаях, когда, используя эвристические правила и экспертные оценки, удается удалить все запрещенные фигуры, число изменений, вносимых в исходное изображение, как правило, оказывается весьма далеким от минимально возможного. Так, для удаления запрещенных фигур из раппорта, приведенного в табл. 1, можно окрасить в цвет "б" 13 вершин и соответственно 13 точек изображения раппорта: (6,1), (6,2), (6,3), (6,5), (6,8), (6,9), (6,11), (1,6), (2,6), (4,6), (10,6), (11,6), (12,6). Рациональное решение, найденное с использованием исследуемого в данной работе алгоритма заключается в окраске вершины (6,6) в цвет "а" и вершины (6,7) — в цвет "г". При этом из изображения раппорта удаляются все запрещенные фигуры, а цвет в исходном изображении меняют только две точки из 144 точек данного изображения. В табл. 3 приводится канвовое изображение раппорта, представленного выше табл. 1, после удаления из него запрещенных фигур.

Таблица 3

N/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	а	а	а	б	а	а	а	а	а	б	а	а
11	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
10	в	а	в	в	в	а	в	а	в	б	в	в
9	в	в	а	в	б	в	в	в	б	в	а	в
8	д	а	д	б	д	д	д	а	д	д	д	а
7	а	д	д	д	б	д	а	д	б	д	д	д
6	г	г	г	б	г	а	г	г	г	б	г	а
5	а	г	а	г	г	г	а	г	г	г	а	г
4	в	а	в	в	в	а	в	а	в	б	в	в
3	в	в	а	в	б	в	в	в	б	в	а	в
2	а	а	а	б	а	а	а	а	а	а	а	а
1	а	а	а	а	б	а	а	а	б	а	а	а

Для доказательства возможности выработки с использованием технологии ремизного ткачества цветного узора, раппорт цвета которого задан табл. 3, был построен заправочный рисунок. Это построение было выполнено с помощью разработанного программного комплекса "Заправочный рисунок"(рис. 3).

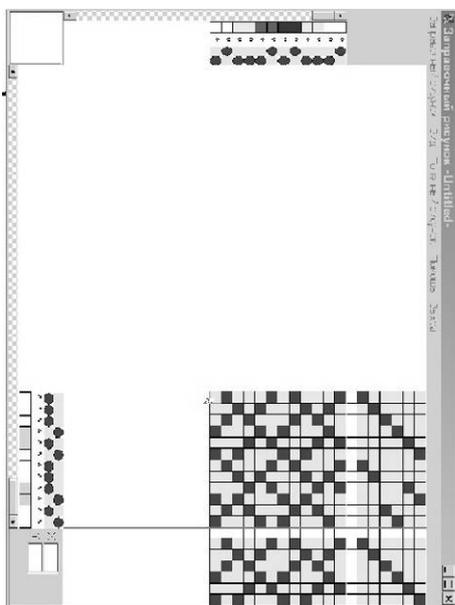


Рис. 3

Для выработки рассматриваемого узора оказалось достаточно шести ремизок. Выбранное для выработки узора ткацкое переплетение обеспечивает образование в пределах раппорта переплетения вдоль каждой нити основы и вдоль каждой нити утка четырех основных перекрытий, что позволяет считать выбранное ткацкое переплетение в достаточной степени уравновешенным как по основе, так и по утку. При этом манер сновки состоит из нитей белого и серого цвета, что отвечает технологическим требованиям процесса снования. Манер кидки утка предполагает использование нитей утка четырех различных цветов, что также допустимо при выработке узора на современных ткацких станках.

На рис. 4 представлено окно программного комплекса "Заправочный рисунок", в котором отображается тканый цветной узор, полученный многократным повторением указанного выше раппорта в масшта-

бе, близком к реальному. Сравнение рис. 1 с рис. 4 показывает, что рациональное удаление запрещенных фигур с помощью исследуемого алгоритма не изменило ни структуру узора, ни его колористическое решение. Это подтверждает эффективность исследуемого алгоритма.

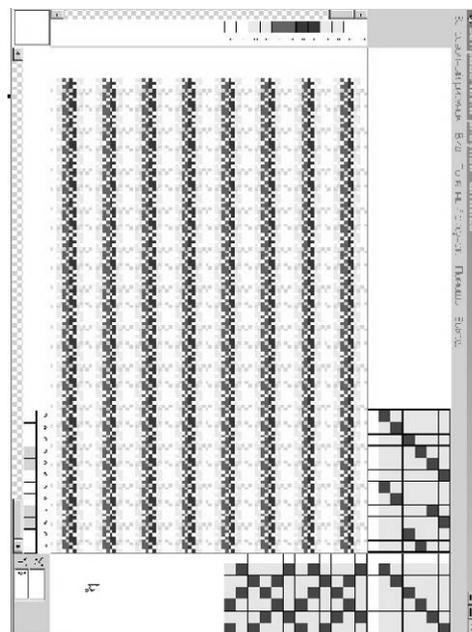


Рис. 4

## ВЫВОДЫ

1. Впервые предложенный алгоритм рационального определения нового цвета для выбранной точки основывается на сочетании анализа глобальных характеристик (число запрещенных фигур) и локальных характеристик (степени вершин) графа структуры рисунка.

2. Результаты вычислительного эксперимента подтверждают, что использование в качестве критерия рационального выбора нового цвета точки уменьшение степени вершины, соответствующей этой точке, обеспечивает эффективность исследуемого алгоритма при сохранении его невысокой временной сложности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борзунов Г.И., Войнов Е.А. Алгоритм изменения цвета точек рисунка при его преобразовании в технологически допустимое изображение // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6. С.129...131.

УДК 677.024

## ТИПОВАЯ СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

А.В. ФИРСОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В настоящее время для выживания в рыночных условиях текстильному предприятию приходится использовать все возможные способы повышения конкурентной способности своей продукции. Одним из таких способов является постоянная, иногда оперативная, смена ассортимента.

В этой связи перед предприятием стоит проблема быстрого проектирования новых образцов тканей и скорейшего ввода их в производство. Для решения этой проблемы в последнее время все чаще начинает использоваться вычислительная техника, создаются различные программы от простейших расчетных до специальных САПР [1], [2].

Автором предлагается новый подход к созданию систем автоматизированного проектирования тканей. Он основывается на объектной модели управления ходом вычислительного процесса [3] применительно к управлению процессом создания рациональной системы проектирования и заключается в следующем.

Автоматизированная система управления проектированием тканых полотен должна состоять из следующих модулей (рис. 1 – обобщенная структурная схема автоматизированной системы управления проектированием тканых полотен).

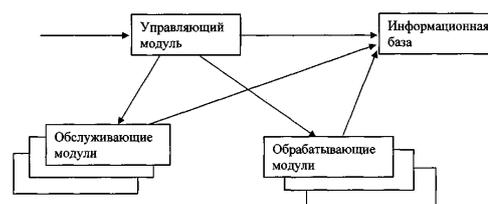


Рис. 1

На основе всестороннего анализа процесса проектирования тканей, включая анализ всех возможных параметров строения тканей, элементов заправки, подготовки и документирования, а также способов их расчета и получения, строится модель предметной области системы проектирования (МПО):

$$\text{МПО} = \{X, R, F\},$$

где  $X$  – множество данных проектирования;  $R$  – множество связей по определению;  $F$  – множество функциональных связей;  $s = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  – вектор состояния системы;  $s \subset X$ ;

$$s_i = \begin{cases} 1, & \text{если значение данного известно,} \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$y = f_1(x), y \subset X, x \subset X.$$

Функциональные связи реализуются обрабатывающими модулями, обеспечивающими переход системы из одного состояния в другое, и представляются в виде графа переходов (рис. 2).

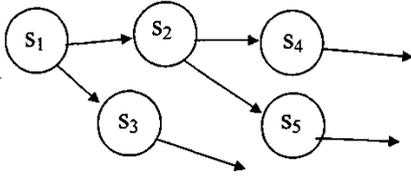


Рис. 2

Если  $S_0$  – начальное состояние системы, а  $z$  – искомое состояние, в котором определены все необходимые для выработки ткани параметры, то стоит задача найти на графе переходов такой путь, когда выполнится  $s_k \& z = z$ .

$$t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j \text{ – е данное является входным} \\ & \text{для } i \text{ – го модуля,} \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j \text{ – е данное является результатом} \\ & i \text{ – го модуля,} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Описанный подход позволяет формировать рациональную структуру автоматизированной системы проектирования тканей только из тех модулей, которые необходимы для данного производства. При этом формирование структуры может происходить двумя способами: прямого хода и обратного хода. При прямом ходе вектор  $U$  формируется по условию:

$$(T_i \& s_T = T_i) \& (R_i \& (-s_T)) \neq 0.$$

А обратный ход по условию:

$$z = (T_i \& (-s_T)) \vee (z \& (-R_i)).$$

Можно выделить следующие этапы разработки рациональной системы автоматизированного проектирования тканей.

На первом этапе разрабатываются функциональные модули, реализующие все возможные и доступные методы проектирования тканей. Формируется МПО системы проектирования, матрицы  $T$  и  $R$ . На втором этапе подготавливается анкета в виде вопросника, отражающего все воз-

Поскольку каждый переход реализуется соответствующим обрабатывающим модулем, то собственно задача управления проектированием сводится к нахождению управляющего вектора  $U$ , состоящего из номеров этих модулей  $k_u$ , подготовке соответствующих данных и их вызова.

При построении управляющего вектора  $U$  для каждого модуля проверяются условия выполнимости и эффективности с использованием соответственно матриц  $T$  и  $R$ , где

возможные варианты конкретных условий проектирования и производства тканей. Уточняется МПО, в том числе и в части связей по определению, формируются  $S_0$  и  $z$ . На третьем этапе разрабатывается универсальная оболочка и интерфейс автоматизированной системы проектирования тканей. И последний этап – разрабатывается программа для наполнения оболочки заданными функциональными модулями и формируется программа управления автоматизированной системой (управляющий вектор  $U$ ). Таким образом, процесс разработки автоматизированной системы проектирования тканей можно свести к следующей схеме:

Разработка функциональных модулей → Анкетирование производителя → Разработка на основе универсальной оболочки интерфейса → Формирование программ управления → Сборка варианта САПР тканей.

В этой схеме учтены условия проектирования тканей на конкретном производстве, что является важной особенностью разработки таких систем. Базовая конфи-

гурация является открытой и может в дальнейшем достраиваться новыми функциональными модулями.

## ВЫВОДЫ

1. Создан метод автоматизированного управления процессом разработки систем проектирования тканых полотен.

2. Разработана методика построения рациональных систем проектирования тканей.

3. Предложена универсальная структура автоматизированной системы проектирования тканых полотен.

УДК 519.865.7/873

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВЫХ НОРМАТИВОВ В ЗАДАЧАХ, СВЯЗАННЫХ С РАСКРОЕМ.

*В. В. КЛЕЙНОСОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

Производственная система преобразует товар исходной геометрической формы (сырье) в товар, отвечающий заранее запланированным геометрическим характеристикам (продукцию). Сырье может быть идентифицировано одним произвольным параметром  $H$ , в то время как продукция может быть охарактеризована  $\mu$ -мерным вектором пар чисел  $((a_1, b_1), (a_2, b_2), \dots, (a_\mu, b_\mu))$ . Для простоты будем считать  $a_i, b_i, H$  целыми положительными числами, так как в противном случае можно перейти к целым числам, изменив размерность ( $0,87 \text{ м} = 87 \text{ мм}$ ). Не нарушая общности, можно считать  $a_i > b_i (i = 1, 2, \dots, \mu)$ . Геометрический смысл сырья – рулон ширины  $H$  произвольной длины, а двумерная координата  $(a_i, b_i)$  определяет длину и ширину  $i$ -го прямоугольника, описывающего заданное лекало  $i$ -го вида.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова А. А., Слостина Г. Л., Власова Н. А. Строеие и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999.

2. Малецкая С. В. Разработка автоматизированных методов проектирования узоров многоцветных тканей: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МГТУ им А. Н. Косыгина, 2003.

3. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структуры данных и алгоритмы. – М.: Вильямс, 2001.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 25.12.06.

Известно, что производство выделяет  $\Gamma_i$  режущих станков одинаковой производительности  $V_i$  (ед. длины / мин) для вырезания прямоугольников  $i$ -го вида, причем в качестве дополнительных данных можно рассмотреть, получаемые экспериментально временные коэффициенты  $k_i$ , учитывающие сложность вырезки  $i$ -го лекала из прямоугольника  $(a_i, b_i)$ , так что время  $\tau_i$  вырезания  $i$ -го лекала определяется формулой:

$$\tau_i = \frac{2a_i + 2b_i}{V_i} k_i = \frac{P_i}{V_i} k_i,$$

где  $P_i$  – периметр  $i$ -го прямоугольника.

Требуется рассчитать минимальный цикл поставки сырья, обеспечивающий бесперебойную работу режущих устройств при минимуме отходов, который в случае неизменности характеристик технической

базы производства мог бы быть воспроизведен неограниченное число раз.

Решение такой задачи можно рассматривать как базу для создания, по крайней мере, трех видов интегрированных систем оперативного управления производством. [1, с. 91, 122]

1. Это – MRP, основными целями которой являются: гарантийное удовлетворение потребности в материальных ресурсах, поддержание минимально возможного уровня запасов; повышение точности планирования производства, поставок и закупок сырья (исходных материалов).

2. DRP – автоматизированная система управления исходящими товарами.

3. Автоматизированные системы управления материальными и информационными потоками по принципу "точно вовремя", которые рассматривают процесс производства и связанные с ним снабжение и сбыт как единый непрерывный производственный поток. Управление материальными потоками осуществляется на основе обратного планирования сроков: производитель не имеет законченного плана и графика работы, он тесно связан не с общим, а с конкретным заказом потребителя этой продукции и оптимизирует свою работу в пределах этого заказа. Для всех подразделений разрабатываются только усредненные планы (на месяц), а их детализация по заказам (дням, часам) производится непосредственными исполнителями работ с учетом сдачи деталей (сборочных единиц) и объема полученного задания.

Существование технического решения обеспечивается условием  $a_i < H (i = 1, 2, \dots, \mu)$  и устойчивостью формы сырья: рулон бесконечной длины с шириной  $H$  не меняет своей геометрической формы, при отторжении от него любого конечного числа прямоугольников шириной  $H$ .

Будем решать задачу "ортогональным" (отдельно для каждого  $i$ ) методом, определяя для каждого  $i$  тот минимум малоотходных затрат длины рулона  $L_i$ , на основании которых может быть построен долгосрочный усредненный (например, месячный) план непрерывной работы станков, выдерживающий стратегию малоотходно-

сти (безотходности). Задача имеет одинаковую формулировку и метод решения для любого  $i$ , поэтому может быть сформулирована в общем виде.

Для заданных чисел  $a, b, H$  найти натуральные  $m$  и  $n$  такие, что

$$\{H - \sum_{n,m} (ma + nb)\} = \min, H > a > b. \quad (1)$$

Для записи аналитического решения этой задачи выберем трехмерный вектор:

$$\left\{ H(m, n), \frac{H(m, n)L(H(m, n))}{ab}, L(H(m, n)) \right\}. \quad (2)$$

Первая координата трехмерного вектора (2) имеет вид:

$$H(m, n) = ma + nb,$$

где  $m$  и  $n$  – натуральные числа, удовлетворяющие (1).

Третья координата имеет вид:

$$L(H(m, n)) = \begin{cases} \text{НОК}(a, b) \text{ при } m \neq 0, n \neq 0, \\ a, \text{ при } m = 0, \\ b, \text{ при } n = 0, \end{cases}$$

где  $\text{НОК}(a, b)$  – наименьшее общее кратное чисел  $a$  и  $b$ .

Вторая координата – это произведение первой и третьей координаты, поделенное на площадь базового прямоугольника  $ab$ . При заполнении координат вектора (2) вначале заполняются первая, затем – третья, и, наконец, – вторая.

Все три координаты вектора имеют геометрический смысл. Первая координата – расходуемая ширина рулона ( $(H - H(m, n))$  – остаточная часть ширины рулона), третья координата – расходуемая длина рулона, вторая координата – количество базовых прямоугольников, содержащихся в используемом прямоугольнике. Значение первой координаты в рассматриваемом случае лучше находить графически (рис.1 – малоотходные альтернативы).

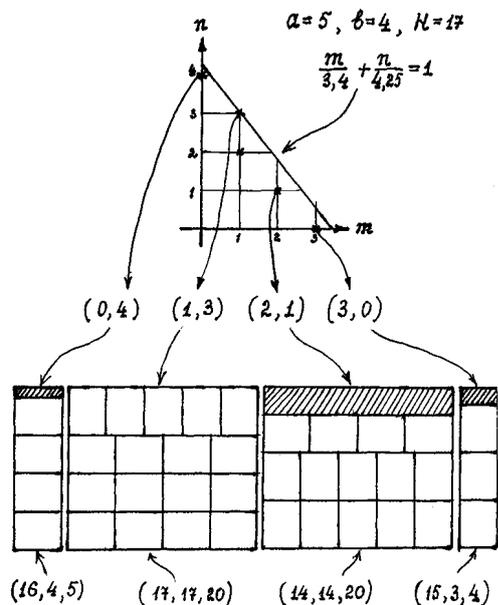


Рис. 1

Рассмотрим примеры получения безотходных и малоотходных составляющих долгосрочных календарных планов.

Пусть  $N = 17, a = 5, b = 4$ . Составим условие (1):  $ma + mb \leq N$ . Поделим (1) на  $N$ , получим  $\frac{m}{\alpha} + \frac{n}{\beta} \leq 1$ , где  $\alpha = \frac{m}{a}, \beta = \frac{n}{b}$ . Для решения этой задачи достаточно построить треугольник в плоскости  $(m, n)$ , удовлетворяющий неравенству

$$\frac{m}{\alpha} + \frac{n}{\beta} \leq 1, m \geq 0, n \geq 0,$$

и перечислить целочисленные координаты точек, лежащих внутри этого треугольника

$$\alpha = \frac{17}{5} = 3,4; \beta = \frac{17}{4} = 4,25.$$

Будем считать точками, обеспечивающими безотходность и малоотходность все целые точки внутри треугольника, а именно:  $(3,0), (2,1), (1,3), (0,4)$ . Этим точкам бу-

дут соответствовать тройки чисел:  $(15,3,4), (14,14,20), (17,17,20), (16,4,5)$ . Безусловно, лучшим (безотходным) вариантом является третий:  $(17,17,20)$ . Если ввести величину (ОКО) относительного коэффициента отходности по формуле  $\frac{N - H(m,n)}{N} = \text{ОКО}$ , то по (ОКО) полученные случаи могут быть расставлены по приоритету:  $(16,4,5), (15,3,4), (14,14,20)$ . Этот приоритет может учитывать ЛПР при отборе вариантов. В случае  $a = 5, b = 4, N = 20$ , очевидно, оба варианта  $(20,4,5), (20,5,4)$  безотходны.

## ВЫВОДЫ

Полученное аналитическое выражение (2) позволяет при разработке календарно-плановых нормативов, таких как размер партии одновременно обрабатываемых деталей, сборочных единиц, изделий; длительность производственного цикла изготовления изделий, отдельных его сборочных единиц и деталей; периодичность запуска (выпуска) партии изделий или отдельных их частей, внести требования безотходности (малоотходности), что является необходимым качественным признаком функционирования любой производственной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Родионова В.Н., Туровец О.Г. Организация производства и управление предприятием. – М.: РИОР, 2005.
2. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1986. С.8...9.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 25.12.06.

## АЛГОРИТМ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОРОКАХ ТКАНИ

Е.А. РЫЖКОВА, М.Ю. БЕРЕЗЕНЦЕВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В настоящее время от качества разбраковки во многом зависит прибыль текстильных предприятий. Визуальный способ разбраковки, который наиболее часто используется на предприятиях, довольно субъективен и монотонен. Кроме того, требуется относительно небольшая скорость перемещения ткани. Автоматическая разбраковка обладает большей объективностью, точностью и производительностью. Однако большинство технических решений автоматической разбраковки оценивают наличие дефекта, но не могут оценить его вид.

Анализ современных технологий контроля внешнего вида различных изделий, в том числе и внешнего вида тканей, показал, что наиболее перспективным является оптический принцип получения информации с последующей ее обработкой, причем наиболее точные и быстрые результаты будут в случае использования цифровой системы сбора и обработки информации.

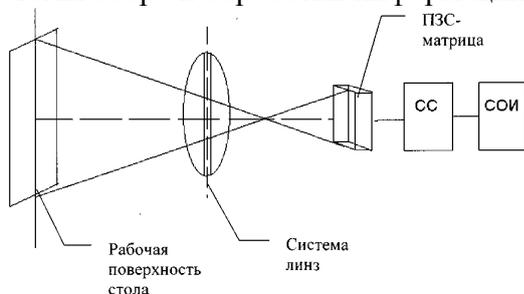


Рис. 1

Один из вариантов такой системы (оптического получения информации) представлен на рис.1 (СС – система сравнения; СОИ – система обработки информации). Здесь, в качестве датчика и первичного преобразователя предлагается использовать цифровую видеокамеру с ПЗС матрицей. Тогда каждый кадр будет представлен в виде оцифрованной матрицы, в которой малейшее изменение структуры полотна или его цвета найдет отражение в виде из-

менения цифрового значения соответствующего элемента матрицы.

Информация с ПЗС передается на систему сравнения (СС), выполненную в виде схемной логики, где определяется наличие дефекта и его вид. Затем с помощью специального программного обеспечения определяется конкретный дефект. Носителем программного обеспечения может быть как микропроцессор, так и компьютер.

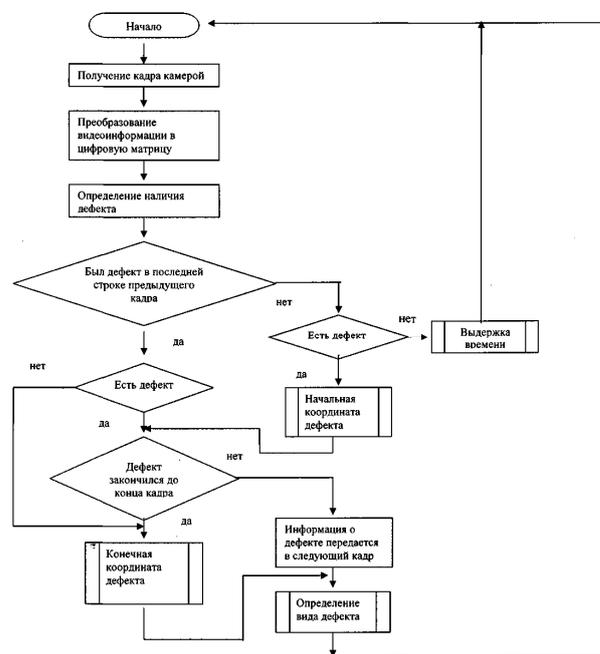


Рис. 2

Алгоритм работы представленной системы показан на рис.2. Алгоритм работает в реальном масштабе времени. В случае обнаружения дефекта его координата по оси X рассчитывается исходя из скорости движения материала и показаний таймера:

$$X=Vt,$$

а координата по оси Y рассчитывается исходя из номера ячейки матрицы, в которой был обнаружен порок, ширины материала и ширины ячейки матрицы:

$$\ell = \frac{L\ell_1}{L_1},$$

где  $L$  – ширина материала;  $\ell_1$  – номер ячейки, умноженный на размер ячейки;  $L_1$  – ширина ПЗС матрицы.

Общий вид алгоритма определения координат представлен на рис.3.

При разработке системы сбора и обработки информации необходимо определиться с классификацией пороков. Таких классификаций много. В том числе это классификации по отношению к конкретному производству или по характеру нарушения структуры.

Попробуем провести классификацию пороков по внешнему виду. Такая классификация удобнее всего при работе с данными, представленными в виде матрицы. Матрица состоит из строк и столбцов, поэтому отдельно выделим горизонтальные, вертикальные пороки, дыры, загрязнения, пороки крашения и пороки кромки. Эта классификация представлена в табл. 1 (деление пороков по внешнему виду).



Рис. 3

Т а б л и ц а 1

Вертикальные	Горизонтальные	Дыры	Загрязнения	Кромка	Крашение	Печатание
Обрыв основных нитей	Появление поперечных полос с нарушением рисунка плетения	Обрыв большого количества нитей	Масляные пятна	Проколы и строчка вдоль края	Неровнота окраски	Неполное покрытие краской рисунка
Переплетение основных нитей между собой	Появление поперечных полос с пониженной плотностью по утку	Щелевые просодольные полосы, дыры	Плохое опаливание	Плохие кромки	Красильные заломы и засечки	Накладка рисунка
Петли сверху или снизу полотна	Появление поперечных полос с повышенной плотностью по утку	Дыры		Затаски	Налетки	Неровнота печати при окрашивании
Продольные полосы с неправильным уплотнением плетения	По всей ширине нарушается чередования рисунка плетения			Рваная кромка	Крапины красителя	Затеки и ореолы
	Петли, скрутины, витки			Загнутая кромка	Красильные пятна	Брызги
	Менее рельефное плетение				Темная кромка	Налетки
	Чередование плотности по утку				Муар	
	Смычки					
	Перекосяточные нити					

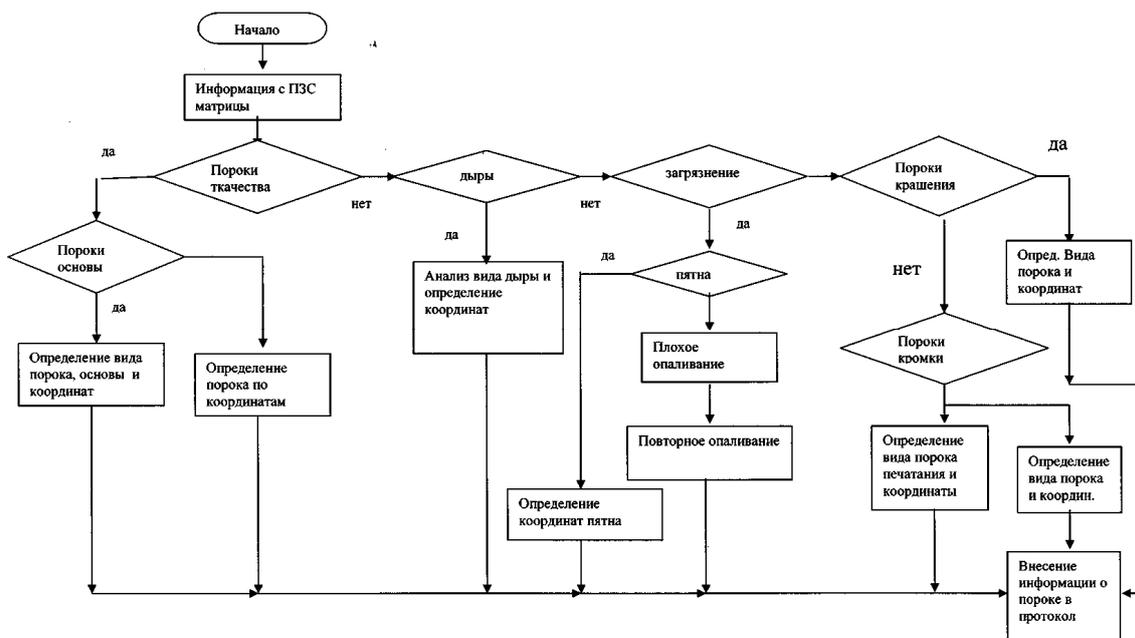


Рис. 4

В соответствии с предложенной классификацией построен алгоритм обнаружения пороков, принципиальная блок-схема которого представлена на рис. 4. Из рисунка видно, что алгоритм построен на сравнении с эталоном. Пороки ткачества – это отличия от эталона в строках или столбцах матрицы. Дыры, загрязнения и пороки крашения – это резко отличающиеся между собой значения элементов матрицы, не предусмотренные эталоном. Пороки кромки – это отличие значений в крайних столбцах матрицы (до 4 см от края). Таким образом, алгоритм позволяет определить наличие порока и отнести его к определенному классу.

## ВЫВОДЫ

1. Использование цифровой видеокамеры позволяет достаточно просто и точно определить наличие порока и его вид.

2. Аппаратно-программная система сбора и обработки информации позволяет ускорить обработку поступающих данных. При отсутствии дефекта программная обработка информации не задействована, а при наличии – рассчитывается только одна ветвь из всего программного обеспечения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Ю.А., Иезуитова Г.Я. и др. Автоматизированные системы контроля качества готовых тканей в отделочном производстве. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

Рекомендована кафедрой автоматизации и промышленности. Поступила 25.12.06.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГОДИССИПАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛА НАМОТКИ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ\*

М. Н. НУРИЕВ

(Азербайджанский государственный экономический университет)

Как показано в [1], упругодиссипативные параметры тела намотки, полученные экспериментально в предположении линейности ее свойств, пригодны только в узком диапазоне технологических режимов, близких к условиям испытаний.

Для определения упругодиссипативных свойств тела намотки с учетом их нелинейности необходимо анализировать закон движения системы при ее свободных колебаниях на некотором, довольно продолжительном, участке времени. О характере нелинейности необходимо сделать предварительное допущение, не нарушающее общности рассуждений.

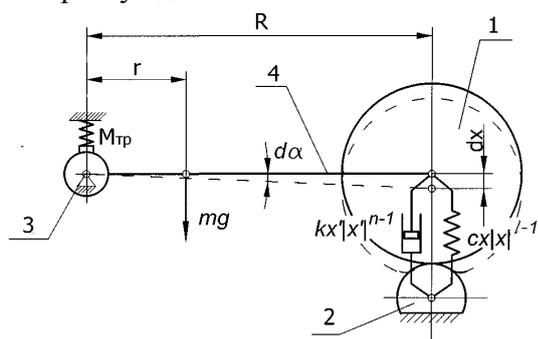


Рис. 1

$$\alpha'' + \frac{kR}{J} \alpha' |\alpha'|^{n-1} + \frac{cR^2}{J} \alpha |\alpha|^{l-1} + \frac{M_{тр}}{J} \frac{|\alpha'|}{\alpha'} + \frac{m g r}{J} = 0, \quad (1)$$

где  $J$  – момент инерции подвижной части системы;  $R$  – расстояние от опоры до центра тяжести бобины;  $k$  – коэффициент демпфирования системы;  $c$  – коэффициент жесткости системы;  $r$  – расстояние от опоры до центра тяжести системы;  $M_{тр}$  – мо-

мент трения в опоре рычага 4;  $m$  – масса подвижной части системы;  $n$  и  $l$  – параметры, характеризующие нелинейность упругих и диссипативных свойств тела намотки.

Рассмотрим решение задачи на примере степенной зависимости сил сопротивления от скорости и сил упругости от смещения. Расчетная схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Бобина 1, жестко закрепленная на рычаге 4, выводится из состояния равновесия и начинает совершать колебания под действием силы тяжести и упругости в зоне контакта ее с моторным валом 2. В течение нескольких первых периодов колебания может происходить разрыв контакта. Такой режим работы устройства должен быть исключен из дальнейшего рассмотрения. Колебания постепенно затухают, при этом причиной затухающего характера колебаний являются как сила трения в опоре 3, так и влияние вязкости тела намотки.

Приняв за переменную угол поворота  $\alpha$  подвижной части системы относительно положения покоя, составим уравнение движения системы:

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук. П.Н. Рудовского.

Аналитическое решение уравнения связано со значительными трудностями. Зная экспериментальный закон движения, можно подобрать значения коэффициентов в выражении (1) таким образом, чтобы разница между расчетными и экспериментальными законами движения была наименьшей.

В уравнении (1) присутствуют два неизвестных параметра:  $J$  и  $M_{тр}$ . Их значения можно определить экспериментально на этапе подготовки эксперимента. Для этого нужно привести систему в движение, имеющее свободный колебательный характер, без влияния упругих и диссипативных характеристик тела намотки, как это показано на рис. 2 (расчетная схема системы при определении момента трения в опоре и момента инерции массы подвижной части).

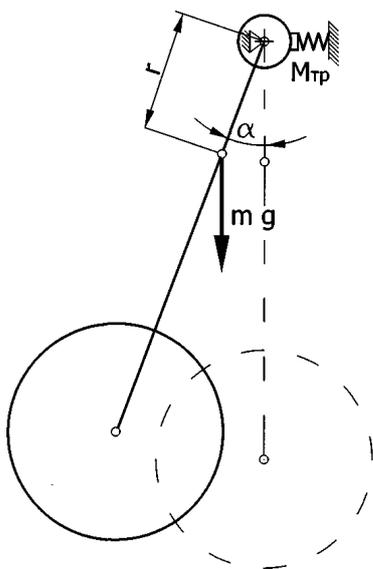


Рис. 2

При этом, если пренебречь сопротивлением воздуха, затухание происходит только за счет трения в опоре 3.

Закон движения в этом случае будет описываться следующим дифференциальным уравнением:

$$\alpha'' + \frac{m g r}{J} \sin \alpha + \frac{M_{тр}}{J} \frac{|\alpha'|}{\alpha'} = 0. \quad (2)$$

Если принять, что при малых углах выполняется равенство  $\sin \alpha = \alpha$ , то уравнение (2) примет вид:

$$\alpha'' + \frac{m g r}{J} \alpha + \frac{M_{тр}}{J} \frac{|\alpha'|}{\alpha'} = 0. \quad (3)$$

Обозначив:

$$\frac{m g r}{J} = p^2 \quad \text{и} \quad \frac{M_{тр}}{J} = p^2 \beta, \quad (4)$$

получим

$$\alpha'' + p^2 \alpha + p^2 \beta \frac{|\alpha'|}{\alpha'} = 0. \quad (5)$$

В [2], [3] описан способ нахождения величин  $p$  и  $\beta$  исходя из закона движения колебательной системы при сухом трении:

$$p = \frac{2\pi}{T}, \quad \beta = \frac{a_0 - a_1}{4}, \quad (6)$$

где  $p$  – циклическая частота колебаний;  $T$  – период колебаний;  $a_0$  и  $a_1$  – значения последовательных амплитуд колебаний.

Значения периода колебаний и амплитуд определяются из экспериментально полученного закона движения. Параметры  $p$  и  $\beta$  рассчитываются по (6) и подставляются в (4) для нахождения интересующих нас величин  $J$  и  $M_{тр}$ .

В уравнение (1) входят четыре неизвестных параметра  $c$ ,  $k$ ,  $n$  и  $\ell$ , которые описывают упругодиссипативные свойства динамической системы, приведенной на рис. 1. Их нахождение сводится к поиску минимума целевой функции методами многомерной безусловной оптимизации [4]. В качестве целевой функции при нахождении искомых параметров использовалось среднее квадратичное отклонение  $S(c, k, n, \ell)$  решения дифференциального уравнения (1) от экспериментального закона движения. Так как о виде функции  $S(c, k, n, \ell)$  ничего не известно, то задача

решалась методом "координатного спуска". В качестве первого приближения полагаем  $n=1$  и  $\ell=1$ , а  $c$  и  $k$  определялись согласно [2]:

$$c = \frac{4\pi^2}{T^2 R^2} J, \quad k = \frac{2J}{TR} \ln \frac{a_0}{a_1}. \quad (7)$$

Если решение уравнения (1) при каких-то значениях этих параметров будет незначительно отличаться от результатов, полученных экспериментально, то можно считать, что найденные значения параметров описывают упругодиссипативные свойства паковки.

Для реализации описанного метода определения упругодиссипативных параметров текстильных паковок разработан программно-аппаратный комплекс, включающий в себя:

– стенд, моделирующий упругую систему, в состав которой входит исследуемая бобина;

– комплект датчиков, которые установлены на стенде и позволяют снять данные об экспериментальном законе движения бобины в двух режимах, предусмотренных разработанной методикой;

– устройство сопряжения датчиков с ЭВМ для оцифровки результатов измерения и передачи их для обработки в ЭВМ;

– программное обеспечение, в котором реализована обработка данных и произво-

дится расчет искомых упругодиссипативных параметров тела намотки.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что путем сопоставления экспериментального закона движения упругой системы с решением модельного дифференциального уравнения можно определить параметры тела намотки, характеризующие ее упругие и диссипативные свойства.

2. Предложена методика экспериментального определения потерь в опоре бобинодержателя и момента инерции массы подвижных частей системы, необходимых для решения модельного дифференциального уравнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Титов С.Н.* Нелинейная механика текстильных процессов: монография. – Кострома: КГТУ, 2004.

2. *Пановко Я.Г.* Основы прикладной теории упругих колебаний. – М.: Машиностроение, 1967.

3. *Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У.* Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985.

4. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 25.12.06.

УДК 677.017.427

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЯЖИ  
ИЗ ВТОРИЧНЫХ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН**

*С.Д.НИКОЛАЕВ, С.С.ЮХИН, А.И.СЛУГИН, А.К.СИНИЦЫН*

**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)**

Изготовление тканей из арамидных волокон всегда было актуальной проблемой. Эти ткани имеют широкое использование для изготовления изделий специального назначения. Свойства арамидных нитей и арамидной пряжи таковы, что переработка их в ткачестве затруднительна. Они имеют сравнительно высокую прочность, но имеют небольшое разрывное удлинение. Кроме того, многократное воздействие на нити, так же как и истирание, отрицательно сказывается на их эксплуатационных свойствах.

Для технологического процесса ткачества особое значение имеют вязкоупругие параметры.

В настоящее время при производстве арамидных материалов значительная их часть идет в отходы. Вот почему использование вторичных арамидных материалов актуально в связи с очень высокой стоимостью сырья.

В данной работе определены вязкоупругие параметры пряжи, полученной из вторичных арамидных материалов. Эти параметры определены по методике, разработанной на кафедре ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н.Косыгина [1].

Для описания процессов деформирования вязкоупругих материалов применена теория наследственной вязкоупругости, основанная на принципе суперпозиции. При этом использованы две гипотезы: упругие силы зависят не только от мгновенно полученных смещений, но и от предшествующих деформаций, которые оказывают

тем меньшее влияние на них, чем больше времени прошло с момента предшествующих деформаций; влияние полученных в разное время деформаций складывается.

Математическая запись зависимости напряжений от деформаций, основанных на этих гипотезах, имеет вид:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{E} \int_0^t K(t-\tau)\sigma(\tau)d\tau, \quad (1)$$

$$\sigma(t) = E\varepsilon(t) - E \int_0^t V(t-\tau)\varepsilon(\tau)d\tau,$$

где  $\sigma$  – напряжение;  $\varepsilon$  – деформация;  $K(t-\tau)$  и  $V(t-\tau)$  – функции влияния;  $t$  – время наблюдения;  $\tau$  – время, предшествующее времени наблюдения.

При  $\varepsilon(t)=const$  получаем уравнение для описания релаксационных процессов:

$$\sigma(t) = E \varepsilon_{0k} - \left[ 1 - \int V(t)dt \right]. \quad (2)$$

Функция  $V(t)$  носит название функции скорости релаксации.

В расчетной практике при изучении технологических процессов ткачества наибольшее применение нашли функции, предложенные А.Р. Ржаницыным, М.А. Колтуновым.

Ядро релаксации А.Р. Ржаницына имеет вид:

$$V(t) = Ae^{-\beta t} t^{\alpha-1} \quad (0 < \alpha < 1, \beta > 0), \quad (3)$$

где  $A, \alpha, \beta$  – параметры материала.

Определение вязкоупругих параметров методом логарифмических совмещений осуществлен в работах проф. В.П.Щербакова [2]. Для использования этого метода при определении параметров сингулярного ядра и резольвенты, а также модуля упругости, необходимо иметь достаточное количество кривых релаксации напряжения или ползучести деформации. Для этого необходимо иметь большое количество таблиц. Такие таблицы и кривые функций известны и приводятся в специальной литературе [3].

Однако данный метод очень трудоемок, требует больших затрат времени, специальных таблиц и графиков. На кафедре ткачества разработан более простой метод. Сущность его заключается в измерении нагрузки при заданной деформации во времени. Нить основы или утка на универсальной разрывной машине ФП-10 доводится до деформации  $\varepsilon$ , машина останавливается и далее через определенные промежутки времени фиксируется нагрузка.

Время  $t_1$  находим из выражения:

$$t_1 = \ell / v, \quad (4)$$

где  $\ell$  – длина нижнего зажима;  $v$  – скорость нижнего зажима.

Время  $t_2, t_3, t_4$  определяют при помощи секундомера. Кроме того, на машине можно записать экспериментальную кривую релаксации на диаграммную бумагу. Зная скорость бумаги, легко можно найти значения нагрузок,  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$  во времени  $t_1, t_2, t_3, t_4$ .

Деформация  $\varepsilon$  определяется по формуле:

$$\varepsilon = \ell / L, \quad (5)$$

где  $\ell$  – ход нижнего зажима разрывной машины, определяется по показаниям счетчика;  $L$  – длина образца.

Напряжение нити можно определить, зная нагрузку  $P_i$  по показаниям машины и

площадь поперечного сечения нити  $S_i$ :

$$\sigma = P_i / S_i. \quad (6)$$

Площадь поперечного сечения нити определяется по известной формуле Ашенхерста:

$$S = \pi d^2 / 4 = 0,001 \pi c^2 T / 4, \quad (7)$$

где  $d$  – диаметр нити;  $T$  – линейная плотность нити;  $c$  – коэффициент, зависящий от вида волокнистого состава.

Взаимосвязь  $\sigma_i$  и  $\varepsilon_i$  можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= E \varepsilon \left[ t_1 - \int_0^{t_1} V(t-\tau) \tau d\tau \right], \\ \sigma_2 &= \sigma_1 - E \varepsilon \int_0^{t_2} V(\tau) d\tau, \\ \sigma_3 &= \sigma_1 - E \varepsilon \int_0^{t_3} V(\tau) d\tau, \\ \sigma_4 &= \sigma_1 - E \varepsilon \int_0^{t_4} V(\tau) d\tau. \end{aligned} \quad (8)$$

Особенностью функций  $V(t-\tau)$  и  $V(\tau)$  является то, что интегралы от них в явном виде взять нельзя. Для упрощения расчетов можно воспользоваться разложением функции  $e^{-\beta t}$  в ряд Маклорен.

Многочисленные расчеты показали, что при изучении явлений, происходящих с текстильными материалами во времени  $0 < t < 0,5$ , достаточно иметь один член приведенных уравнений, а во времени  $0,5 < t < 1$  – два члена. Исходя из этого система уравнений примет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= E \varepsilon \left[ 1 - \frac{A t_1^\alpha}{\alpha(\alpha+1)} \right], \\ \sigma_2 &= \sigma_1 - E \varepsilon A \left[ \frac{(t_2^\alpha - t_1^\alpha)}{\alpha} \right], \end{aligned} \quad (9)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 - E \varepsilon A \left[ \frac{(t_3^\alpha - t_1^\alpha)}{\alpha} \right],$$

$$\sigma_4 = \sigma_1 - E \varepsilon A \left[ \frac{(t_2^\alpha - t_1^\alpha)}{\alpha} - \frac{\beta(t_4^{\alpha+1} - t_1^{\alpha+1})}{\alpha + 1} \right].$$

При проведении эксперимента время  $t_1, t_2, t_3$  берем в интервале  $0 < t < 0,5$ , а время  $t_4$  – в интервале  $0,5 < t < 1$ .

Имеем систему четырех уравнений с четырьмя неизвестными. Из первого уравнения системы имеем:

$$E = \frac{\sigma_1 \alpha (\alpha + 1)}{\varepsilon [\alpha (\alpha + 1) - A t_1^\alpha]}. \quad (10)$$

Из второго и третьего уравнений системы имеем:

$$t_1^\alpha (\sigma_2 - \sigma_3) - t_2^\alpha (\sigma_1 - \sigma_3) + t_3^\alpha (\sigma_1 - \sigma_2) = 0. \quad (11)$$

Из второго уравнения системы:

$$A = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \alpha (\alpha + 1)}{\sigma_1 (\alpha + 1) (t_2^\alpha - t_1^\alpha) + (\sigma_1 - \sigma_2) t_1^\alpha}. \quad (12)$$

Из четвертого уравнения:

$$\beta = \frac{\sigma_4 - \sigma_1 + [E \varepsilon A (t_4^\alpha - t_1^\alpha)] / \alpha}{E \varepsilon A (t_4^{\alpha+1} - t_1^{\alpha+1}) / (\alpha + 1)}. \quad (13)$$

Итак, в результате решения системы четырех уравнений сначала находим величину  $\alpha$ . Решение представленного уравнения возможно методом приближений – методом проб. На ПЭВМ оно может быть решено методом половинного деления. Затем находим величину  $A$ , далее мгновенный модуль упругости  $E$  и величину  $\beta$ .

Для исследования взята пряжа линейной плотности 60 текс, полученная из вторичных арамидных материалов. Из этой пряжи в дальнейшем вырабатывались арамидные ткани различного переплетения с плотностью ткани по основе 240 нит/дм, плотностью ткани по утку 120 нит/дм.

На разрывной машине, работающей со скоростью нижнего зажима 500 мм/мин, получены следующие данные (табл. 1)

Т а б л и ц а 1

Параметр	Деформация, %	Время, мин	Нагрузка, сН	Напряжение, кГ/мм <sup>2</sup>
1	1	0,01	1093	17,513
2		0,20	1058	16,959
3		0,40	1046	16,770
4		0,60	1040	16,660

В результате расчетов на ЭВМ получены следующие значения вязкоупругих параметров:  $E=18000$  МПа;  $A=0,020$ ;  $\alpha=0,220$ ;  $\beta=0,094$ .

Значения вязкоупругих параметров позволяют рассчитать в дальнейшем напряженно-деформированное состояние нитей основы и утка на ткацком станке. Значения вязкоупругих параметров (сравнительно большие значения модуля упругости и параметра  $\alpha$  и небольшие значения параметра  $A$ ) свидетельствуют о том, что технологический процесс на ткацком станке будет напряженным. Сравнение вязкоупругих параметров с монопитами свидетельствует о том, что релаксационные процессы будут

идти несколько интенсивнее в пряже. Однако выработать ткани на современных бесчелночных станках типа СТБ вряд ли возможно с учетом других характеристик пряжи (стойкость к трению, многократным нагрузкам, изгибу и т.д.). Для изготовления тканей из исследуемых нитей целесообразно использовать или современные рапирные станки, или старые челночные.

## В Ы В О Д Ы

1. По методике, разработанной ранее на кафедре ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, определены вязкоупругие

параметры пряжи линейной плотности 60 текс, полученной из вторичных арамидных материалов.

2. Знание вязкоупругих параметров позволит прогнозировать напряженно-деформированное состояние нитей основы и утка на ткацком станке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МШТУ, 2003.

2. Щербаков В.П. Прикладная механика нитей. – М.: МГТУ, 2000.

3. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. – М.: Высшая школа, 1976.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.12.06.

УДК 677.075.017.363

### ПРОЧНОСТЬ И ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ НИТИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИНАХ

В.П. ЩЕРБАКОВ, И.Б. ЦЫГАНОВ, Т.И. ПОЛЯКОВА, И.В. ПИЛЮШИНА

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

Существуют два подхода к трактовке явления прочности. Первый базируется на представлении о существовании некоторого порогового, критического напряжения, по достижении которого одной из компонент тензора напряжений разрушение наступает мгновенно. Предельное для данного материала напряжение принимается за критерий прочности. На таком представлении явления прочности основаны все классические теории и критерии прочности и их модификации. Второй подход исходит из того, что материалы, нагруженные статическим напряжением, разрушаются со временем, при этом время разрушения уменьшается с увеличением напряжения. Это явление называют "статической усталостью", "разрушением вследствие ползучести", "задержанным разрушением", "длительной прочностью" и т. п.

Рассмотрим случай, когда напряжения изменяются ступенчато. Располагая этими данными, можно установить, что при действии напряжения  $\sigma_1$  разрушение произойдет по прошествии времени  $t_*^{(1)}$ , напряжению  $\sigma_2$  соответствует время до разрушения  $t_*^{(2)}$ , и т. д., на  $i$ -м шаге нагружения значе-

нию  $\sigma_i$  соответствует время  $t_*^{(i)}$ . Если окажется, что время действия напряжения  $\sigma_i$  больше или равно  $t_*^{(i)}$ , то произойдет разрушение. Если  $\Delta t_i < t_*^{(i)}$ , то разрушение не наступит, и за время  $\Delta t_i$  исчерпается лишь часть несущей способности нити, равной отношению  $\frac{\Delta t_i}{t_*^{(i)}}$ . Используем для

обозначения отношения  $\frac{\Delta t_1}{t_*^{(1)}}, \frac{\Delta t_2}{t_*^{(2)}}, \dots, \frac{\Delta t_i}{t_*^{(i)}}$

давно установившийся термин повреждаемости на первой, второй,  $i$ -й ступенях нагружения.

Экспериментальные исследования длительной прочности, проведенные при переменных режимах нагружения, показали, что во многих случаях разрушение происходит, когда сумма повреждаемостей становится равной единице:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_i}{t_*^{(i)}(\sigma_i)} = 1.$$

Этот экспериментально установленный факт называют условием (принципом) ли-

нейного суммирования повреждаемостей. Впервые этот принцип был сформулирован Бейли и поэтому его часто называют принципом Бейли.

Если напряжение в исследуемом интервале изменяется непрерывно, то, переходя от суммы к интегралу, получим

$$\int_0^{t_*} \frac{dt}{t_0[\sigma(t)]} = 1, \quad (1)$$

где  $t_0$  – время до разрушения при постоянных напряжениях, равных мгновенным значениям  $\sigma(t)$ .

Принцип линейного суммирования повреждаемостей верен не для всех материалов и не для всех условий нагружения. Для проверки справедливости критерия Бейли и ряда других критериев использовалось нагружение в форме прямоугольных импульсов. Вычисления интеграла Бейли дали величину, равную 0,29. Формула (1) может рассматриваться только как приближенная, ее исходная гипотеза произвольна и не учитывает влияния истории нагружения в интервале  $0 \leq t \leq t_*$  на величину приращения дефекта в момент  $t$ .

Ю.Н. Работнов ввел функцию повреждаемости  $\omega(t) \geq 0$ , равную нулю в начальном состоянии и единице в момент разрушения. Учет влияния истории нагружения сделан В. В. Москвитиным, который построил соотношения нелинейной вязкоупругости с учетом степени накопленных повреждений, уменьшающих эффективную площадь поперечного сечения [1]. Степень поврежденности материала  $\omega(t)$ , как и выше, удовлетворяет условиям  $\omega(0) = 0$ ,  $\omega(t_*) = 1$ , где  $t_*$  – время до начала разрушения при произвольном законе изменения напряжений во времени.

Напишем предельное условие длительной прочности:

$$\frac{1}{1+n} = \int_0^{t_*} (t_* - \tau)^n \frac{d\tau}{t_0^{1+n}(\sigma)}. \quad (2)$$

Постоянная  $n$  учитывает влияние истории нагружения в условии длительной прочности. Здесь, как и в критерии Бейли (1),  $t_0(\sigma)$  представляет собой долговечность – время, необходимое для разрушения при постоянном напряжении.

При исследовании долговечности нитей испытывают несколько одинаковых образцов при различных постоянных напряжениях и устанавливают время, необходимое для разрыва каждой нити. По результатам испытаний можно построить график зависимости времени до разрушения  $t_*$  при постоянном напряжении  $\sigma_0$  от величины этого напряжения (рис.1).

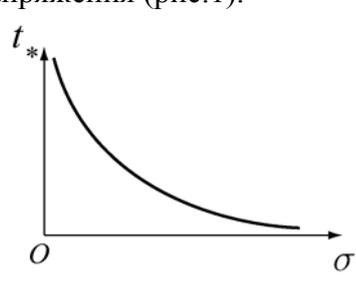


Рис. 1

Часто используют степенную зависимость

$$t_0 = B\sigma_0^{-b}. \quad (3)$$

Степенную зависимость следует интерпретировать не как физическую закономерность, а лишь удобную для расчетов аппроксимацию. В случае использования степенного закона долговечности соотношение (2) преобразуется к виду

$$\frac{B^{1+n}}{1+n} = \int_0^{t_*} (t_* - \tau)^n \sigma^{b(1+n)}(\tau) d\tau. \quad (4)$$

Формула (4), полученная В. В. Москвитиным, является критерием длительной прочности и определяет время до разрушения  $t_*$  при заданном законе нагружения  $\sigma(t)$  и экспериментально определяемой функции долговечности  $t_0 = t_0(\sigma_0)$ . Для определения постоянной  $n$  можно воспользоваться опытами на растяжение нити с

постоянной скоростью изменения напряжения  $\dot{\sigma} = \text{const}$ , при этом одновременно фиксируется предел прочности  $\sigma_b$ . Среди многочисленных испытательных машин практически нет оборудования, позволяющего реализовать растяжение нити с постоянной скоростью изменения напряжения. Чтобы обойти это затруднение,

$$\int_0^{t_*} \sigma(\tau)(t_* - \tau)^{\frac{1}{b}-1} d\tau = \int_0^{t_*} \sigma(\tau) d \left[ -b(t_* - \tau)^{\frac{1}{b}} \right] = -b\sigma(\tau)(t_* - \tau)^{\frac{1}{b}} \Big|_0^{t_*} + b \int_0^{t_*} (t_* - \tau)^{\frac{1}{b}} d\sigma(\tau). \quad (5)$$

Теория прочности А.А. Ильюшина [2] в случае одноосного напряженного состояния приводит к предельному соотношению вида  $1 = \int_0^{t_*} \frac{d\sigma(\tau)}{\sigma_0(t_* - \tau)}$ . В случае степенной

аппроксимации долговечности  $t_0 = B\sigma_0^{-b}$  получим

$$B^{\frac{1}{b}} = \int_0^{t_*} (t_* - \tau)^{\frac{1}{b}} d\sigma(\tau), \quad (6)$$

что в точности совпадает с критерием В.В. Москвитина при определенном значении параметра  $n = \frac{1}{b} - 1$ . После интегри-

рования по частям выражения (6) преобразуем критерий А. А. Ильюшина к виду:

$$bB^{\frac{1}{b}} = \int (t_* - \tau)^{\frac{1}{b}-1} \sigma(\tau) d\tau. \quad (7)$$

Прежде чем переходить к оценке прочности нити при переработке на вязальной машине, вычислим параметры долговечности  $b$  и  $B$ .

При исследовании долговечности испытывают образцы материала при статической нагрузке и устанавливают время, необходимое для их разрушения. Наиболее простым способом создания статической нагрузки является подвешивание грузов к образцу и измерение времени до разрушения с помощью секундомера. Но этот способ имеет ряд недостатков. Нить под действием свободно висящего груза раскручи-

воспользуемся другим частным случаем рассмотренного критерия. Обратимся вновь к формуле (4) и предположим теперь, что в критерии В. В. Москвитина величина  $b(1+n)$  равна единице. При этом правая часть указанного соотношения после интегрирования приводится к виду:

вается. При этом изменяется крутка нити, а значит и ее свойства. К тому же обеспечить равномерное и быстрое нагружение нити трудно, а определение времени до разрушения по секундомеру имеет большие погрешности. В случае, когда разрушение нити происходит за малое время (несколько секунд), удобнее использовать цифровые устройства.

На кафедре МТВМ был разработан способ и создана установка для измерения времени до разрушения нити на основе испытательной машины FP-100/1. Разработанный способ не имеет вышеперечисленных недостатков, так как груз не вращается, нагрузка производится плавно и с определенной скоростью, а время испытания фиксируется датчиком, связанным с грузом или с датчиком нагружения испытательной машины. Схема установки для исследования долговечности приведена на рис. 2.

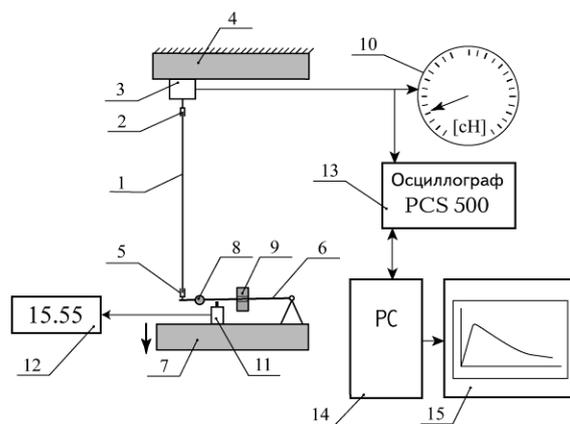


Рис. 2

Верхний конец нити 1 закрепляется в зажиме 2, соединенном с датчиком нагрузки 3 верхней балки 4 машины FP-100/1. Нижний конец нити закрепляется в зажиме 5, укрепленном на рычаге 6, шарнирно соединенном с подвижной траверсой 7 разрывной машины. На рычаге 6 расположен неподвижный груз 8 и подвижный груз 9. Грузами 8 и 9 с помощью индикатора нагрузки 10 разрывной машины настраивается нагрузка, прикладываемая к нити. При проведении испытания траверса 7 опускается до тех пор, пока рычаг 6 не займет горизонтальное положение. При этом выключатель 11 включает секундомер 12, отсчитывающий время испытания нити. После разрыва нити рычаг 6 опускается и выключает секундомер. В случае малого времени испытания и при необходимости записать диаграмму нагружения нити используется осциллограф 13, соединенный с компьютером 14. Информация о нагружении нити обрабатывается программой Pc-Lab 2000 и выводится на монитор 15. Она также может быть сохранена в виде текстового или графического файла.

Испытание на долговечность вискозной нити линейной плотности 8,4 текс проводилось на четырех уровнях нагрузки (140, 145, 150 и 150 сН) с шагом в 5 сН. Для каждого уровня было выполнено по 20 повторностей.

Суппорт 7 (рис. 2) устанавливался в положение, при котором зажимная длина нити составляет 150 мм. Перед каждым испытанием производилась настройка установки на заданную нагрузку. Для этого в зажимах закреплялась сдвоенная нить, траверса 7 опускалась до достижения рычагом 6 горизонтального положения. Используя индикатор 10, с помощью грузов 8 устанавливали приближенное значение нагрузки, а затем перемещением груза 9 нагрузка настраивалась окончательно. После этого проводились испытания нити. При каждом изменении задаваемой нагрузки процедура настройки повторялась. Результаты испытаний вискозной нити приведены в табл. 1 (статистические характеристики долговечности вискозной нити).

Таблица 1

Данные испытаний	Номер опыта			
	1	2	3	4
Значение нагрузки, сН	140	145	150	155
Среднее время до разрыва нити, с	116,07	62,24	9,36	3,93
Среднее квадратическое отклонение, с	88,84	27,883	3,46	2,85
Коэффициент вариации	0,763	0,448	0,370	0,725

Из опытов на долговечность вискозной нити 8,4 текс при напряжениях 10,77 кгс/мм<sup>2</sup> и 11,15 кгс/мм<sup>2</sup> определено среднее время до разрушения – соответственно 116,07 с и 62,24 с. Вычисления с использованием степенной зависимости (3) дают  $B = 5,092 \cdot 10^{17}$ ,  $b = 15,154$ .

Таким образом, в изложенной статье предложен и обоснован критерий прочности, ранее не применявшийся в теориях прочности текстильных материалов. Разработан способ и создана установка для измерения времени до разрушения нити, позволяющая построить функцию долговечности в широком интервале времени от долей секунды до сотен минут. Критерий А.А. Ильюшина прост и удобен для прак-

тического применения в условиях одноосного нагружения нитей на текстильных машинах. Расчеты повреждаемости нитей при переработке на круглошпульных автоматах и основовязальных машинах будут приведены в наших последующих работах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Москвитин В.В. Сопротивление вязкоупругих материалов. – М.: Наука, 1972.
2. Ильюшин А.А., Победра Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. – М.: Наука, 1970.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 25.12.06.

УДК 677.054

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ***С.В. ЛУНЬКОВА***(Ивановская государственная текстильная академия)**

Действующие в настоящее время нормативные документы по оцениванию качества текстильных материалов предусматривают дискретную систему оценивания качества [1...4]. Кроме этого, количество уровней градации качества по отдельным видам текстильных материалов различно, также неодинаково и число единичных показателей, входящих в различные градации качества. А именно:

– для большинства видов пряжи имеется только один вид градации качества (сорт), и только для хлопчатобумажной пряжи существуют два вида градации (сорт и класс), выделенные различными нормативными документами;

– количество уровней по градациям качества непостоянное, а именно от двух до четырех: для хлопчатобумажной пряжи гребенной системы прядения градация качества «сорт» имеется четыре уровня – высший, первый, второй и третий, а для шерстяной пряжи существуют только два уровня – первый и второй);

– число единичных показателей качества неодинаково: у хлопчатобумажной пряжи – пять, у шелковой пряжи и у пряжи из лубяных волокон – четыре, у шерстяной пряжи – девять;

– совокупность единичных показателей качества для отдельных видов пряжи сформирована по различным методологическим принципам.

Аналогичная картина в оценке качества наблюдается и по другим видам текстильных материалов (волокна, ткани). Вследствие этого в современных условиях, когда

ассортимент, качество и конкурентоспособность продукции оценивает потребитель, промышленные предприятия заинтересованы в разработке методик комплексной оценки качества продукции, позволяющей учитывать потребительские требования к качеству, а также характеризовать динамику изменения качества однотипной продукции. В силу сказанного выше целью исследования явилась разработка методологии квалиметрической оценки качества текстильной продукции.

Совокупность операций, выполнение которых необходимо для создания любой квалиметрической методики, называют основной схемой квалиметрии, включающей описание ситуации оценивания, определение решений, установление номенклатуры единичных показателей качества, расчет коэффициентов весомости показателей качества, определение фактических значений и нормирование показателей качества, свертывание единичных показателей качества в комплексный. Рассмотрим особенности этих операций и связанные с ними задачи.

Описание ситуации оценивания включает: определение однородной группы объектов, подлежащих оцениванию, этапов существования этих объектов, во время которых главную роль играют различные свойства объектов, а также определение однородных групп потребителей и указание на те из них, с чьих позиций будет произведено оценивание качества.

Определение решений предусматривает, что всякая количественная оценка каче-

ства продукции имеет смысл только в сочетании с теми решениями, которые вытекают из различных значений этой оценки. Так, при текущем контроле качества решения о присвоении той или иной категории качества в отношении определенного изделия принимают независимо от того, какую категорию получил другой объект. Но при выборе одного из нескольких вариантов для изделий серийного производства или в другой конкурсной ситуации решение принимают исходя из того, какое место занимает оценка данного изделия по отношению к оценкам других изделий. Таким образом, именно набор решений определяет состав используемых в алгоритме показателей качества и способы операций с этими показателями.

Установление номенклатуры единичных показателей качества предполагает, что базой для выбора единичных показателей качества текстильных материалов в большинстве случаев являются нормативные документы по оцениванию качества исследуемых объектов. Но, как уже было отмечено выше, недостатками этих документов является непостоянство уровней градации, недостаточное количество единичных показателей качества и несопряженность градаций качества волокон, нитей и полотен. Поэтому стандартный набор показателей может быть расширен с учетом потребностей основной группы потребителей. Например, в [5] при выборе единичных показателей для оценивания качества смешанной пряжи был использован двухэтапный подход, а именно первоначально были выявлены показатели на уровне простых свойств, а затем установлены их статистические характеристики, отражающие центр группирования фактических значений простых свойств и их разброс (средние значения и средние квадратические отклонения).

Расчет коэффициентов весомости выбранных единичных показателей производят с использованием экспертных или аналитических методов. Экспертные методы более доступны и универсальны, но обладают определенной субъективностью полученных оценок. Аналитические методы,

напротив, являются более объективными, но они не нашли широкого применения в области оценивания значимости показателей текстильных материалов, так как основаны на сложных математических зависимостях между оцениваемыми показателями и являются очень чувствительными к изменению комплекса этих показателей. Для доведения данных методов до практического применения осуществляли исследования в следующих направлениях. В частности, в работе [6] определение весомости характеристик длины волокон хлопка и модифицированных коротких волокон льна осуществлено с позиций уровня их методической погрешности, возникшей из-за формы теоретического дифференциального закона распределения. А в исследовании [7] ранжирование единичных показателей качества хлопчатобумажных отходов основано на построении линии регрессии в координатной плоскости, где данные показатели выражены в относительных единицах.

Определение фактических значений показателей качества предусматривает использование стандартных методик определения исследуемых показателей. В тех случаях, когда такие методики отсутствуют (например, оценивание эстетических свойств текстильного материала), можно использовать экспертные методы, основанные на балльной оценке показателей с помощью квалиметрической шкалы соответствующего типа. Наибольшую популярность в практике оценивания свойств текстильных материалов получили шкала порядка и шкала наименований. Это нашло свое практическое применение в работе [8].

Нормирование показателей качества заключается в переводе фактических значений показателей качества в безразмерную форму, отражающую степень приближения фактического значения к базовому. В качестве базовых выступают либо нормативные значения показателей (если они имеются), либо лучшие значения из серии проведенных испытаний. Методическая проработка данной операции отражена в работе [5].

Свертывание единичных показателей в комплексный осуществляется путем арифметического, геометрического или гармонического способов усреднения. Наиболее объективным, на основе осуществленных сравнительных исследований, выявлен гармонический способ усреднения [5], [7], [8].

## ВЫВОДЫ

1. Осуществлен анализ действующих нормативных документов по оцениванию качества пряжи различного волокнистого состава.

2. Выделены этапы построения квалиметрической методики оценивания качества текстильной продукции и предложены новые методические решения на этапах выбора и установления значимости единичных показателей качества, позволяющие усовершенствовать квалиметрическую методику оценивания качества различной текстильной продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 6904–83. Пряжа хлопчатобумажная суровая крученая для ткацкого производства. Технические условия.
2. ГОСТ 10078–85. Пряжа чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами. Общие технические условия.
3. ГОСТ 10290–72. Пряжа гребенная шерстяная и полушерстяная (смешанная) для ткацкого производства. Технические условия.
4. ОСТ 17-490–79. Нити шелковые крученые комплексные.
5. *Лунькова С.В., Буторина Н.В., Шувалова Е.Н., Зяблов А.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №6. С.6...8.
6. *Попова Т.Н., Гусев Б.Н., Ковалевский А.В., Лунькова С.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, №3. С.10...12.
7. *Лунькова С.В., Зяблов А.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №5. С.128...129.
8. *Лунькова С.В.* Оценка качества швейных изделий // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф.: «Прогресс-2005». – Иваново, 2005. С.198

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 25.12.06.