

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 7 (328)  
2010**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ*.

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

Члены редколлегии: *В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, В.Н. БЛИНИЧЕВ, А.П. БОЛОТНЫЙ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.А. ГУСЕВ, В.М. ЗАРУБИН, В.В. ЗРЮКИН, В.В. ИСАЕВ, Е.Н. КАЛИНИН, С.М. КИРЮХИН, А.М. КИСЕЛЕВ, М.В. КИСЕЛЕВ, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Н.А. КУЛИДА, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Н.И. МАКСИМОВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, 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, П.Н. РУДОВСКИЙ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, М.И. СЕМИН, Н.А. СМЕРНОВА, А.П. СОРКИН, Ф.Ю. ТЕЛЕГИН, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Л. УШАКОВА, 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*

*http://www.igta.ru*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.10.2010. Подписано в печать 25.10.2010. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 12,56 усл.-печ. л.; 12,81 усл. кр.-отт. Заказ 1322.

Тираж 450 экз.

---

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

УДК 677:681.3.06

**КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОГО КЛАСТЕРА ИВАНОВСКОГО РЕГИОНА**

*А.И. ИВАННИКОВ, К.М. ПИРОГОВ*

(ЗАО "НПО Консультант", Ивановский государственный университет)  
E-mail: ttp@igta.ru

*В статье излагается концепция информационного обеспечения текстильного кластера Ивановского региона. Приводятся аргументы практического использования предлагаемой концепции в текстильном производстве.*

*The concept of information support of the Ivanovo region textile cluster is stated in the article. The practical use arguments of the offered concept in the textile production are resulted herein.*

**Ключевые слова:** Ивановский регион, текстильный кластер, концепция информационного обеспечения, корпоративная информационная система (КИС).

В Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2010 года, принятой Правительством Российской Федерации в середине 2008 года, особое внимание обращалось на приоритетное развитие текстильного производства, его инновационное обновление, внедрение передовых технологий и материалов, расширение отечественной сырьевой базы и, как следствие, выполнение главной задачи – увеличение объемов производства конкурентоспособной отечественной продукции, пользующейся устойчивым спросом на внутреннем и зарубежном рынках.

В качестве пилотного проекта возрождения отечественного текстиля принято решение провести его апробацию на базе новой промышленно-инновационной организационной структуре – текстильном кластере Ивановского региона.

Выбор региона не случаен. Ивановские текстильщики заслужили такое внимание

на протяжении всей истории развития отрасли.

В настоящее время авторы проекта предложили интересную программу развития текстильного кластера, а именно: отечественная сырьевая база, ориентированная на кооперацию с нефтегазообразующими регионами России; строительная площадка с полным комплексом инфраструктуры: энергетика, транспортные коммуникации, кадры основных рабочих и верхнего звена, швейная отрасль, торговля, банковская система, наука, лучшие образцы техники мирового производителя и другие.

Проработаны ассортимент и рынок отечественных и зарубежных потребителей, установлены критерии конкурентоспособности продукции, выполнено технико-экономическое обоснование проекта, которое подтверждает его экономичность, правильность и своевременность.

Дальнейшее тиражирование идеи проекта, опыта его разработки и внедрения с интеграцией усилий смежных отраслей: швейного производства, индустрии моды и дизайна, торговой сети, машиностроения, строительного комплекса, логистического центра, складских модулей, транспорта и других позволит, на наш взгляд, решить поставленную задачу.

С учетом вышеизложенного в данной статье предлагается Концепция информационного обеспечения текстильного кластера Ивановского региона, выстроенная на базе корпоративной информационной системы (КИС) "Восточный экспресс", разработанной ЗАО "НПО Консультант", защищенной Роспатентом № 20011611761 от 20.10.2001 и товарным знаком на обслуживание № 288674 от 25.11.2001 (свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам).

Концепция информационного обеспечения текстильного кластера предусматривает решение следующих задач:

- формирование единой базы нормативно-справочной правовой информации для всех предприятий-участников кластера, включая стандарты кодификации и методики их применения;

- выработку единых стандартов, правил и регламентов обмена информацией внутри текстильного кластера, а также между предприятиями-участниками кластера, внутренним и внешним рынками;

- унификацию подходов к планированию и реализации маркетинговых, сбытовых, закупочных и логических хозяйственных операций, затрагивающих предприятия и организации-участники текстильного кластера;

- качества управления отдельными предприятиями-участниками текстильного кластера, а также реализации возможности эффективной кооперации предприятий в рамках кластера.

Совокупность решений перечисленных выше задач приведет к формированию синергетического эффекта от реализации идеи новой организационной структуры текстильного кластера.

Механизм информационного обеспечения текстильного кластера включает два уровня: информационно-аналитический и технологический.

В состав информационно-аналитического уровня входят:

- единые классификаторы нормативно-справочной и правовой информации;

- унифицированные каталоги бизнес-процессов;

- стандарты взаимодействия предприятий-участников текстильного кластера между собой; внутренним и внешним рынками.

В состав технологического уровня входят:

- компьютерные сети предприятий-участников кластера с развернутой на них корпоративной информационной системой учета и управления предприятием (КИС);

- центральное хранилище информации (ЦХИ), представляющее собой КИС уровня текстильного кластера и предназначенное для централизованного планирования и распределения (перераспределение) ресурсов внутри кластера;

- протоколы и алгоритмы информационного обмена между предприятиями-участниками кластера и внешним миром.

По результатам экспертных оценок специалистов-разработчиков проекта эффект от внедрения КИС "Восточный экспресс" как механизма информационного обеспечения текстильного кластера в условиях промышленного предприятия-представителя текстильного кластера основывается на следующих факторах:

- совершенствование управления запасами – до 15,0%;

- улучшение контроля за ходом производства, включая управление качеством – до 20,0%;

- увеличение объема сбыта за счет более эффективного формирования производственных бизнес-планов в разрезе ассортимента, в том числе при мелкопартионных заказах, и совершенствование логистики – до 10,0%

- общее улучшение управляемости производством за счет повышения опера-

тивности информации для принятия решений – до 8,0...10,0%.

Перечисленное выше позволит:

– снизить себестоимость выпускаемой продукции на 15,0...20,0%;

– повысить конкурентоспособность текстильных изделий отечественных товаропроизводителей;

– увеличить объемы продаж продукции на внутреннем рынке – до 30,0% и на внешнем – до 10,0%.

Отдельные фрагменты механизма информационного обеспечения текстильного кластера на базе КИС "Восточный экспресс" успешно апробированы и внедрены на предприятиях Ивановского региона: ОАО "Родники-текстиль", ОАО "Мелан-

жевая компания", ОАО "Яковлевская мануфактура", "Приволжский хлопчатобумажный комбинат" и другие.

Таким образом, использование предприятиями и организациями-участниками текстильного кластера единого механизма информационного обеспечения на базе КИС "Восточный экспресс" позволит на практике реализовать целостную информационную среду обмена информацией для управления деятельностью кластера в режиме реального времени.

Рекомендована кафедрой информационных технологий в экономике и организации производства ИвГУ. Поступила 05.04.10.

---

УДК 677.11.021.1:681.5

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОГО СЫРЬЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ\***

*С.М. ВИХАРЕВ, Н.М. ФЕДОСОВА*

(Костромской государственный технологический университет)

E-mail: svixarev@ya.ru, fedosovanm@mail.ru

*Приведен анализ взаимодействия льняного материала и рабочих органов в процессе трепания который позволил оценить характер изменения интенсивности воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал и величину волокнистых потерь в процессе обработки с использованием барабанов типа конус-цилиндр-конус.*

*The analysis of interaction of a flax material and attachments in the course of a scutching process, which has allowed to estimate the character of the intensity change of the attachments influence on a treated material and the rate of fibrous losses in the course of processing using the drums of a cone – cylinder – cone type, is resulted herein.*

**Ключевые слова:** обработка льняного сырья, мяльно-трепальная машина, трепальный барабан, массовая доля волокон, интенсивность воздействия рабочих органов, волокнистые потери.

Анализ процессов механической обработки потока лубоволокнистых материалов в мяльно-трепальном агрегате (МТА) показал, что основным является взаимодействие двух объектов – рабочих органов машин и слоя льняного сырья. Следовательно, интенсивность таких событий, как выпадение фрагментов материала в отходы и переход его по различным состояниям "обработанности" [1], определяется как свойствами сырья, так и технологическими и конструктивными параметрами рабочих органов МТА. Оценить вклад каждой из этих составляющих в интенсивность процесса обработки возможно как экспериментально, так и теоретически.

Наиболее важным этапом механической обработки льняного сырья является трепание сырца. В процессе трепания происходит существенное изменение состояния обрабатываемого материала. Для оценки различий интенсивности обработки на двух участках рабочей машины, исключив влияние на этот параметр свойств волокна, возможно измерение сил, действующих на нестираемую (во временных пределах испытания) прядь текстильного материала.

В случае применения в трепальной машине барабана с входной и выходной конусностью изменение максимальных сил натяжения и давления по длине барабана

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №09-08-97500 р\_центр\_a

примет вид, представленный на рис. 1 (схема изменения сил натяжения и давления по длине трепального барабана: T1, T2, T3 – время окончания обработки в I, II и III части барабана соответственно).

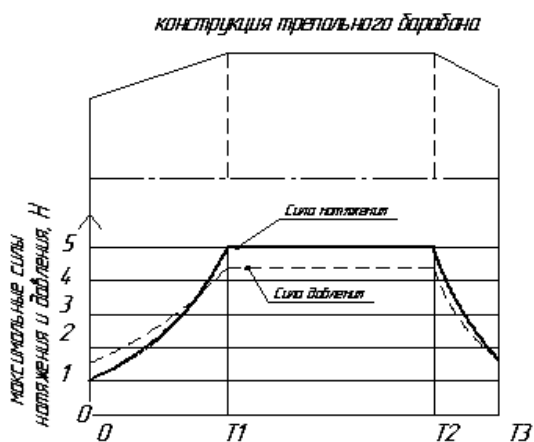


Рис. 1

Параметры барабана и действующих сил заимствованы из работ [2], [3].

Из рис. 1 видно, что процесс обработки фрагмента материала в трепальной секции (по длине трепального барабана) складывается из трех этапов: на первом этапе (участок 1) интенсивность обработки постепенно растет, на втором (участок 2) она постоянна, на третьем (участок 3) – падает. Очевидно, что второй участок может быть описан экспоненциальным законом распределения, так как именно в этом случае интенсивность будет постоянной. Первый участок, если принять гипотезу о прямой пропорциональности интенсивности обработки силе воздействия на материал, может быть описан распределением Вейбулла с параметром формы  $\delta$ , равным 3 [4], [5], а при более упрощенном подходе, так как изменение близко к линейному, равном двум (то есть распределением Рэля).

На рис. 2 (изменение параметров обрабатываемого слоя при линейно растущей интенсивности обработки) изображено изменение массовой доли волокон под зажимом транспортирующего ремня  $P(t)$  [6], интенсивности воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал  $\lambda(t)$  и плотности вероятности выпадения волокон в отходы  $f(t)$ . Представленные графики ха-

рактеризуют эти процессы в предположении, что интенсивность изменяется линейно-возрастающе от нуля.

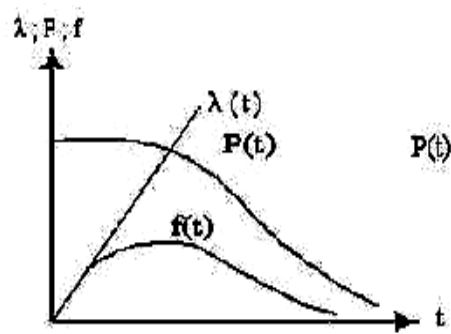


Рис. 2

Из рисунка видно, что на начальном этапе изменение массовой доли материала, находящегося под зажимом транспортирующих ремней, идет довольно медленно, что характеризует обработку на данном этапе как мягкую. Это соответствует требованиям, предъявляемым к организации процесса трепания на вводе волокна-сырца в зону трепания.

Рассмотрим параметры распределения Рэля. Его характерным признаком является прямая линия графика интенсивности  $\lambda(t)$ , выходящая из начала координат. Интенсивность описывается следующим выражением:

$$\lambda(t) = \frac{1}{\delta_*^2} t, \quad (1)$$

где  $\delta_*$  – параметр распределения Рэля.

Тогда зависимость массовой доли льносырца, находящегося под зажимом транспортеров, от времени обработки будет иметь вид:

$$p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = e^{-\left(\frac{-t^2}{2\delta_*^2}\right)}. \quad (2)$$

Изменение интенсивности на третьем, заключительном участке обработки, характеризуется ее уменьшением, что может быть описано законом Вейбулла с параметром формы меньше единицы. Однако это существенно затруднит вычисления.

Рассмотренный же закон распределения Рэля описывает только положительное приращение интенсивности, что связано с физической невозможностью получения ее отрицательных значений. Также следует принять во внимание, что возрастание силы натяжения от нулевого значения может быть обеспечено только при условии равенства длины фрагмента слоя, находящегося в трепальной секции, расстоянию от точки зажима пряжи до плоскости оси трепальных барабанов.

Рассмотрим изменение интенсивности при данной геометрии трепального барабана (конусный ввод, цилиндрическая основная часть, конусный вывод (рис. 1)) с учетом возможных ненулевых начальных значений интенсивности при вводе и финального ее значения при выводе слоя из зоны трепания. В этом случае изменение интенсивности будет описываться системой (3):

$$\begin{cases} 0 < t < T_1; & \lambda(t) = v_1 t = \lambda_0, \\ T_1 < t < T_2; & \lambda(t) = v_1 T_1 + \lambda_0 = \text{const} = \lambda_1, \\ T_2 < t < T_3; & \lambda(t) = v_2 t + \lambda_1, \end{cases} \quad (3)$$

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} 0 < t < T_1; & P_1(t) = e^{-\int_0^t (v_1 t + \lambda_0) dt} = e^{-\left(\frac{v_1 t}{2} + \lambda_0\right) t}, \\ T_1 < t < T_2; & P_2(t) = e^{-\int_{T_1}^t \lambda_1 dt} = e^{-\lambda_1 (t - T_1)}, \\ T_2 < t < T_3; & P_3(t) = e^{-\int_{T_2}^t (v_2 t + \lambda_1) dt} = e^{-\left(\frac{v_2 (t - T_2)}{2} + \lambda_1\right) (t - T_2)}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $P_1(t)$ ,  $P_2(t)$ ,  $P_3(t)$  – изменение массовой доли волокон под зажимом на 1, 2 и 3-м участках обработки.

Если обозначить время обработки на  $i$ -м участке трепального барабана как  $T_i$ , то доля волокнистого материала, оставшегося под зажимом в конце обработки, будет в нашем случае равна:

$$P = P_1(T_1) P_2(T_2) P_3(T_3). \quad (6)$$

Или в общем случае, при  $n$  участках разбиения:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i(T_i). \quad (7)$$

где  $\lambda_0$  – интенсивность в начале взаимодействия фрагментов материала и рабочих органов;  $\lambda_1$  – постоянная интенсивность обработки в цилиндрической части;  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  – время окончания обработки в I, II и III частях барабана соответственно;  $v_1$ ,  $v_2$  – скорости изменения интенсивности на участках I и III, причем  $v_1 > 0$ , а  $v_2 < 0$ .

Эта система составлена в предположении, что другие элементы дифференциации процесса трепания не используются. Их применение привело бы к дополнительным изменениям интенсивности обработки.

Используя стандартное выражение для определения формы распределения (4) (в нашем случае это будет описание изменения массовой доли материала под зажимом), получим систему (5) для вычисления изменения доли зажатого материала по участкам трепального барабана:



Если подставить в выражение (7) формулы системы (5) в общем виде, получим:

$$P = e^{-\sum_i \frac{v_i}{2} T_i^2 - \sum_i \lambda_i T_i}, \quad (8)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность в начале  $i$ -го участка трепального барабана;  $v_i$  – скорость изменения интенсивности на  $i$ -м участке.

Это выражение применимо для случаев, когда интенсивность изменяется по законам, близким линейным, и функция ее изменения по длине барабана не имеет разрывов. Это справедливо для большинства имеющихся в настоящее время конструкций и является условием отсутствия явлений, подобных описанным в [3], [7], приводящих к дополнительным потерям волокна. В случаях наличия участков со сложным изменением интенсивности обработки возможно использование формулы эквивалентной интенсивности:

$$\lambda_{\text{эКВ}} = \frac{1}{T} \sum_k \lambda_i t_i, \quad (9)$$

где  $T$  – общее время обработки фрагмента материала в трепальной секции.

На рис. 3 (1 – изменение интенсивности воздействия рабочих органов по длине барабана типа конус-цилиндр-конус,  $\text{с}^{-1}$ ; 2 – изменение массовой доли сырца, находящегося в зажимном транспортере трепальной машины, по длине барабана типа конус-цилиндр-конус; 3 – изменение массовой доли сырца, находящегося в зажимном транспортере трепальной машины, по длине цилиндрического барабана) представлены изменения интенсивности воздействия и массовой доли материала по длине барабана в процессе трепания. Видно, что на входном конусе кривая изменения массовой доли расположена выше, чем в случае полностью цилиндрического барабана. Это означает более мягкий режим обработки. Однако при рассмотренных параметрах к началу цилиндрической части это различие становится равным 0,8...1,2% от общей массы поступившего на обработку волокна и в цилиндрической части прак-

тически не изменяется. Выходная конусная часть позволяет уменьшить выпадение волокон в отходы за счет плавного снижения нагрузки.

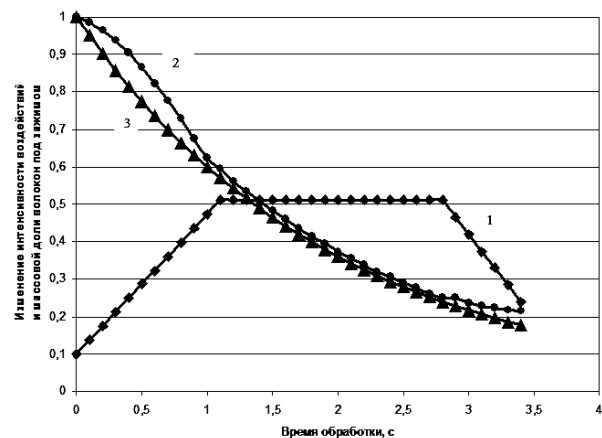


Рис. 3

Как видим, результаты расчетов соответствуют данным [1], [6], однако следует учесть, что полученная модель не включает рассмотрения явлений, возникающих при взаимодействии прядей сырца с конусными трепальными барабанами, известными из [2], [7], и эти особенности должны быть рассмотрены дополнительно.

## В Ы В О Д Ы

1. Проведенный анализ позволил оценить характер изменения интенсивности воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал и величину волокнистых потерь в процессе трепания с использованием барабанов типа конус-цилиндр-конус.

2. Предложенные модели изменения массовой доли материала, находящегося в зажимном транспортере трепальной машины, и интенсивности обработки могут применяться для прогнозирования результатов механической обработки льняного сырья в трепальных барабанах различных конструкций.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вихарев С.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С. С.52...54.

2. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2002.

3. Вихарев С.М. Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для трепания льна: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2003.

4. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2003.

5. Вихарев С.М., Баринов А.А. Надежность автоматизированных систем: Учебное пособие. – Кострома: КГТУ, 2007.

6. Трифонов В.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1959, №5. С. 47...53.

7. Лапшин А.Б., Лапшин Е.Л., Вихарев С.М. Особенности взаимодействия конусных частей барабанов с прядями сырца в поле трепания // Вестник ВНИИЛК. – Кострома, 2003, №1.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 27.04.10.

УДК 677.021.151.256

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СВОБОДНОГО УЧАСТКА ПРЯДИ ЛЬНОСЫРЦА ПО КРОМКЕ ТЫЛЬНОЙ ПЛАНКИ БАРАБАНА ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ТРЕПАНИИ

М.С. ЕНИН, С.Е. МАЯНСКИЙ, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

*Получено уравнение движения свободного участка пряди по кромке тыльной планки била барабана при одностороннем трепании, которое позволяет определить влияние режимно-конструктивных параметров на характер движения этого участка.*

*The equation of movement of a strand free section on an edge of the back stave of a drum beater blade at a unilateral scutching process is received, which allows to define influence regime-design data on the character of this section movement.*

**Ключевые слова:** одностороннее трепание, выход длинного волокна, кромка тыльной планки, уравнение движения свободного участка пряжи, влияние режимно-конструктивных параметров.

С целью повышения выхода длинного волокна предложено для подготовки льна к основному (двухстороннему) трепанию использовать после процесса мятья известную дополнительную операцию обогащения сырца [1]. Для ее реализации целесообразно применить одностороннее трепание одновременно обоих концов пряди при вращении барабанов «вразбежку» [2]. В этом случае из слоя сырца, зажато в его средней части транспортером, парой барабанов будет удаляться костра и короткие пряди.

При реализации данного процесса важное значение имеет обеспечение контакта

материала с билами трепального барабана. Дело в том, что в известных конструкциях для реализации одностороннего трепания [3] в целях обеспечения взаимодействия прядей с билами используются специальные ограждения, которые приводят к усложнению машины и ухудшают условия для удаления костры.

Следует отметить, что применительно к двухстороннему трепанию известен способ влияния на характер движения свободного участка пряди при его сходе с рабочей кромки тыльной планки за счет специально установленной тыльной планки [4]. Ее использование при определенных режим-

но-конструктивных параметрах процесса трепания позволяет влиять на перемещение упомянутого участка пряжи. В процессе движения он будет стремиться в сторону оси вращения барабана, обеспечивая требуемый контакт с тыльной планкой. Поэтому использование этого известного решения при одностороннем трепании представляет практический интерес. В этой связи требуется решение задачи по исследованию движения свободного участка пряжи при указанном выше способе одностороннего трепания.

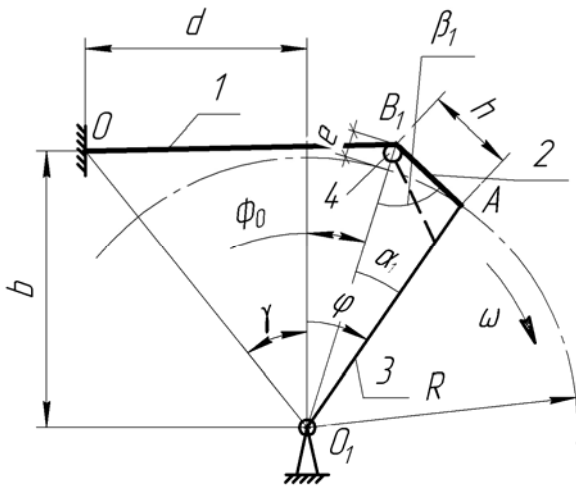


Рис. 1

Для получения уравнения движения свободного участка пряжи при его сходе с рабочей кромки била при одностороннем трепании рассмотрим схему на рис. 1, где показано взаимодействие зажатой пряжи только с одним барабаном при положении била в момент схода пряжи с рабочей кромки бильной планки А. На схеме: 1 – прядь льняного сырца, 2 – свободный участок пряжи, 3 – било барабана, 4 – тыльная планка.

Одним из факторов, влияющих на движение свободного участка пряжи 2 по кромке  $B_1$  тыльной планки 4 (по которой скользит прядь), является геометрическое местоположение точек А и  $B_1$ . Координаты точки  $B_1$  зададим размерами  $h$  и  $e$ . Используя теорему синусов, найдем углы  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  треугольника  $O_1AB_1$  [5]:

$$\alpha_1 = 2\text{arctg} \frac{r}{p-h}; \beta_1 = 2\text{arctg} \frac{r}{p-R},$$

где  $p = \frac{1}{2}(2R + e + h)$  – полупериметр тре-

угольника  $O_1AB_1$ ;  $r = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(h^2 - e^2)(2R + e - h)}{2R + e + h}}$

радиус вписанной в треугольник  $O_1AB_1$  окружности.

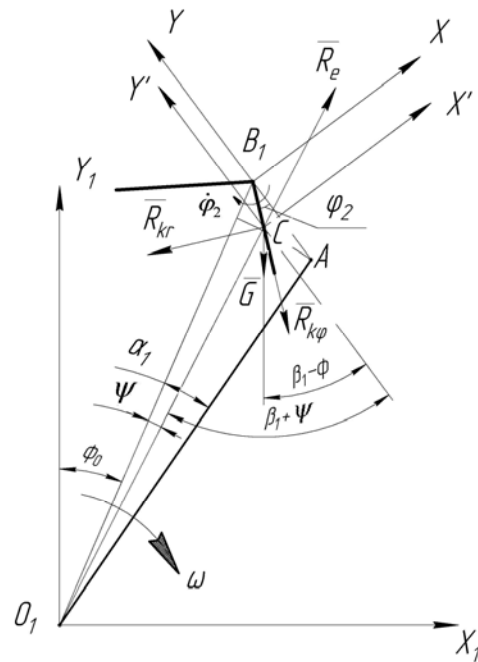


Рис. 2

Рассмотрим кинематические характеристики свободного участка пряжи. На рис. 2 он изображен в произвольном положении. Считаем, что в момент схода с рабочей кромки А свободный участок пряжи будет поворачиваться на угол  $\varphi_2$  вокруг кромки  $B_1$  тыльной планки в сторону оси барабана (по часовой стрелке). Свободный участок пряжи совершает сложное движение по отношению к двум системам отсчета: подвижной  $B_1XY$ , связанной с кромкой  $B_1$ , и условно неподвижной  $O_1X_1Y_1$ , связанной с осью вращения барабана. Продольное движение пряжи вдоль оси вращения барабана не учитываем, то есть рассматриваем движение пряжи в плоскости, перпендикулярной оси вращения барабана. Кроме этого, считаем, что свободный участок пряжи однороден и прямолинеен, а

силой сопротивления воздуха при его движении и шириной бильной планки пренебрегаем.

В относительном движении свободный участок пряжи движется вдоль себя и поворачивается относительно точки  $B_1$ , поэтому скорость его центра масс  $C$  будет иметь две составляющие [6]:

$$\bar{V}_r = \bar{V}_{gr} + \bar{V}_{r\phi}, \quad (1)$$

где  $V_{gr}$  – относительная скорость центра масс свободного участка пряжи, возникающая из-за изменения ее длины. Так как

$$OB_1 = \sqrt{(R+e)^2 + b^2 + d^2 - 2(R+e)\sqrt{b^2 + d^2} \cos(\gamma + \phi - \alpha_1)},$$

где  $\gamma = \arctg\left(\frac{d}{b}\right)$ .

Переносное движение центра масс пряжи представляет собой его вращение вместе с билом вокруг точки  $O_1$ . Считая это вращение равномерным, ускорение центра масс пряжи в переносном движении по модулю равно  $a_e = a_e^n = \omega^2(O_1C)$  и направлено от т.  $C$  к т.  $O_1$ .

Найдем расстояние  $O_1C$  (от оси вращения барабана  $O_1$  до центра масс  $C$  свободного участка пряжи длиной  $l$ ) и значение угла  $\psi$  (рис. 2):

$$O_1C = \sqrt{(R+e)^2 + \frac{l^2}{4} - (R+e)l \cos(\beta_1 - \phi_2)};$$

$$\psi = \arccos \frac{2(R+e) - l \cos(\beta_1 - \phi_2)}{2\sqrt{(R+e)^2 + \frac{l^2}{4} - (R+e)l \cos(\beta_1 - \phi_2)}}.$$

Учитывая (1), ускорение Кориолиса центра масс свободного участка пряжи имеет две составляющие:  $a_K = a_{K_r} + a_{K_\phi}$ , где по модулю  $a_{K_r} = 2\omega V_{gr} = \omega l \dot{\phi}$ ,  $a_{K_\phi} = \omega \dot{\phi} l$ ;  $\omega$  – частота вращения реального барабана.

центр масс свободного участка находится в его середине, то эта скорость будет в два раза меньше скорости движения пряжи по кромке била, то есть  $V_{gr} = \frac{\dot{\phi} l}{2}$ ;  $l = L - OB_1$

– длина свободного участка пряжи;  $L$  – длина пряжи, находящаяся в обработке;  $V_{r\phi}$  – относительная скорость центра масс свободного участка пряжи, возникающая из-за его вращения вокруг точки  $B_1$ . Эту скорость можно найти, как  $V_{r\phi} = \dot{\phi} \frac{l}{2}$ .

Длину участка  $OB_1$  найдем из  $\Delta O_1OB_1$ :

Рассмотрим динамику относительного движения свободного участка пряжи. Для этого прикладываем в его центре масс следующие силы (рис. 2):

– силу тяжести  $G = mg = \mu l g$ , где  $\mu$  – линейная плотность пряжи,  $g$  – ускорение свободного падения;

– главный вектор переносной силы инерции, который по модулю равен  $R_e = ma_e^n = \mu l \omega^2 O_1C$  и направлен от центра вращения барабана;

– главные векторы кориолисовых сил инерции, которые направлены противоположно соответствующим ускорениям и равны:

$$R_{K_r} = ma_{K_r} = \mu l \omega \dot{\phi}; \quad R_{K_\phi} = ma_{K_\phi} = \mu \omega \dot{\phi} l^2.$$

Сила трения пряжи по кромке и сила ее натяжения на рис. 2 не показаны, поскольку их моменты относительно центра вращения (т.  $B_1$ ) равны нулю.

Для составления дифференциального уравнения движения свободного участка пряжи в относительном движении используем теорему об изменении кинетического момента, записав ее относительно точки  $B_1$ :

$$\frac{dK_{B1}}{dt} = R_e \cos(\beta_1 + \psi) \frac{1}{2} \sin \phi_2 - R_e \sin(\beta_1 + \psi) \frac{1}{2} \cos \phi_2 + R_{кр} \frac{1}{2} + G \sin(\beta_1 - \varphi_0) \frac{1}{2} \cos \phi_2 - G \cos(\beta_1 - \varphi_0) \frac{1}{2} \sin \phi_2, \quad (2)$$

где  $\varphi_0$  – угол, характеризующий положение тыльной кромки  $B_1$  в момент схода пряди с рабочей кромки  $A$ :

$$\varphi_0 = \arccos \left( \frac{(R+e)^2 + b^2 + d^2 - (L-h)^2}{2(R+e)\sqrt{b^2 + d^2}} \right) - \gamma.$$

Заметим, что при вращении барабана длина рассматриваемого свободного участка пряди будет уменьшаться, поэтому переменным будет и значение его кинетического момента:

$$K_0 = J_0 \dot{\phi}_2^2 = \left( \frac{m l^2}{3} \right) \dot{\phi}_2^2 = \frac{\mu l^3}{3} \dot{\phi}_2^2.$$

Тогда:

$$\frac{dK_0}{dt} = \mu \frac{\dot{\phi}_2^3}{3} + \mu \dot{\phi}_2 \ddot{\phi}_2 l^2.$$

После подстановки в (2) полученных выше величин и преобразований, получим дифференциальное уравнение движения свободного участка пряди:

$$\ddot{\phi}_2 + \frac{3}{l} \dot{\phi}_2^2 - \frac{3\omega}{2l} \dot{\phi}_2 + \frac{3}{2l} \omega^2 (O_1 C) \sin(\beta_1 + \psi - \phi_2) + \frac{3g}{2l} \sin(\phi_2 - \beta_1 + \varphi_0) = 0. \quad (3)$$

В отличие от работ [4] и [6] в модели (3) учитывается влияние координат точки зажима пряди относительно центра враще-

ния барабана на угол поворота свободного участка.

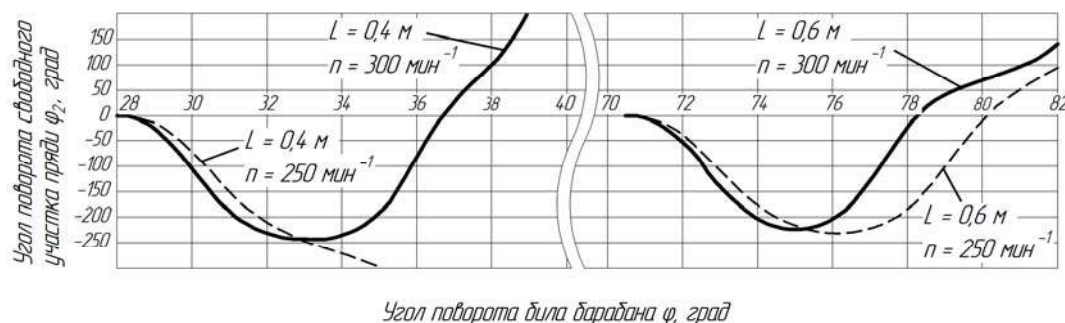


Рис. 3

В результате решения уравнения (3) численным методом Рунге-Кутты в системе математического моделирования Mathcad (при начальных условиях:  $\phi_2(0) = 0$ ;  $\dot{\phi}_2(0) = 0$ ) получены графические зависимости угла поворота свободного участка пряди от угла поворота била барабана при разных длинах пряди  $L$  (рис. 3). Ориентируясь на применяемые на практике параметры трепальных барабанов, в модели (3) использовались следующие режимно-

конструктивные параметры:  $R = 0,3$  м;  $b = d = 0,25$  м;  $e = 0$  м;  $h = 0,15$  м;  $\omega = 26,2$  рад/с ( $n = 250$  мин<sup>-1</sup>). Пределы интегрирования принимаем из условия прохождения свободным участком пряди участка  $AB_1$ .

Так как при получении зависимости (3) было принято условие, что свободный участок пряди вращается по часовой стрелке, то расположение кривых на рис. 3 в зоне отрицательных значений углов поворота свидетельствует об отклонении его от центра барабана. Для сравнения прове-

дены расчеты для двух длин пряжи, находящихся в обработке:  $L = 0,4$  м и  $0,6$  м.

В результате моделирования установлено, что при длине пряжи  $L = 0,6$  м после начального отклонения ее свободного участка от центра барабана в последующий момент времени наблюдается его прижатие к тыльной планке, то есть отклонение к центру вращения барабана (график переходит в область положительных значений). При трепании пряжи меньшей длины также возможны случаи, когда исследуемый (свободный) ее участок к моменту схода с кромки тыльной планки захлестнется за нее. Однако характер перемещения отличается от варианта с большей длиной пряжи. Из этого следует, что, вероятно, существуют определенные сочетания режимно-конструктивных параметров, которые способствуют прижатию свободного участка пряжи к тыльной планке.

## ВЫВОДЫ

1. Получено уравнение движения свободного участка пряжи по кромке тыльной планки при одностороннем трепании, которое позволяет определить влияние режимно-конструктивных параметров на характер движения этого участка.

2. Проведен анализ характера движения свободного участка пряжи. Установле-

но, что в зависимости от исследуемых режимно-конструктивных параметров может наблюдаться отклонение свободного участка пряжи как от центра барабана, так и к центру барабана, что будет определять наличие контакта материала с тыльной планкой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьячков В.А. Интенсификация процесса удаления костры при обработке лубяных волокон в мяльных машинах: Дис... канд. техн. наук.– Кострома, 1986.
2. Патент РФ № 2117082. Способ получения длинного лубяного волокна и устройство для его осуществления / Смирнов. Б.И., Смирнов А.Б., Смирнов В.Б., Сизов И.П., Астреин Э.П. Оpubл. 10.08.1998.
3. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины: Дис... канд. техн. наук.– Кострома, 1998.
4. Бойко С.В. Теоретические и технические основы повышения эффективности процесса трепания недоработанного льняного волокна: Дис... докт. техн. наук.– М., 2008.
5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука. Физматлит, 1998.
6. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 04.06.10.

УДК 677.021

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ КОРОТКОШТАПЕЛЬНОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА К УТОНЕНИЮ И ОЧИСТКЕ\*

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)  
E-mail: tmm@kstu.edu.ru

*Приведены теоретические и практические аспекты обоснования нового способа очистки волокна, сущность которого заключается в том, что льняное волокно пропускают через пару плющильных вальцов, вращающихся с различными скоростями. В результате дробление комплексов волокна*

\* Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы Министерства образования и науки Российской Федерации, №2.1.2/6360.

повышается, улучшается очистка.

*Theoretical and practical aspects of a substantiation of a new method of the fiber fettling which essence consists in passing a flax fibre through the pair of flaking rolls rotating with various speeds, are resulted herein. As a result, the crushing of fiber complexes raises, fettling improves.*

**Ключевые слова:** волокноочистители, очистка волокна, котонин, лен, плющильные валы, напряжения в жале валов.

Как отмечалось ранее в [1], большое внимание при переработке короткоштапельного льняного волокна при получении котонина следует уделять утонению технических комплексов волокон, а точнее, улучшению условий очистки от костры, остатков паренхимы, эпидермиса и других. Удаление этих частиц будет способствовать улучшению качества пряжи.

В КГТУ разработан новый способ очистки волокна [2], обеспечивающий повышение эффективности этого важного процесса.

Сущность нового способа заключается в том, что слои волокон в массе сжимают с одновременным сдвигом их относительно друг друга с последующей обработкой бороздки пильчатым или игольчатым очистительным барабаном.

Целью сжатия и сдвига слоев волокон является создание в слоях напряжений, способствующих разрушению связей между волокнистыми комплексами и частицами костры и волокон.

Наиболее рациональным вариантом для реализации нового способа является обработка льняного волокна в цилиндрических плющильных вальцах. Волокно при подготовке к очистке может подаваться в виде холстика или в виде ленты.

Плющильные вальцы должны иметь привод и вращаться с различными скоростями. Кроме того, они должны иметь устройство для их нагружения с возможностью регулировки.

При рассмотрении теоретических аспектов [1] были приняты определенные допущения, среди которых следует отметить следующее:

– лента сжимается в жале между вальцами таким образом, что масса воло-

на может считаться однородным упругим телом (на рис. 1, где изображена схема сил при взаимодействии вальца со слоем волокна, показан участок контакта вальца с волокном);

– действие вальцов в зоне контакта заменим сосредоточенными силами,  $P$  – радиальной и  $T$  – тангенциальной (причем  $T = \mu P$ , где  $\mu$  – коэффициент трения вальца о волокно);

– распределение нагрузки вдоль оси вальцов (рис. 1) считается равномерным и постоянным, а рассуждения проводятся для ширины слоя равной единицы длины.

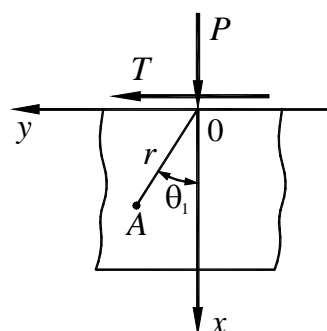


Рис. 1

В результате приводятся выражения для определения напряжений в любой точке слоя волокна между вальцами [1], [3].

Особенностью нового способа обработки волокна является создание напряженного состояния внутри слоев волокон с одновременным действием радиальной  $P$  и тангенциальной нагрузки  $T$ . Это обеспечивается тем, что слои волокон находятся в жале между вальцами, вращающимися с различными скоростями.

В результате значительно возрастают напряжения в любой точке полупростран-

ства слоев волокон. Так, нормальные напряжения в направлении движения волокон

$$\sigma_y = -\frac{2P}{\pi r} \sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 - \frac{2T}{\pi r} \cos^3 (90^\circ - \theta_1) = -\frac{2P}{\pi r} \left[ \sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 + \mu \cos^3 (90^\circ - \theta_1) \right], \quad (1)$$

а для касательных напряжений:

$$\tau_{xy} = \frac{2P}{\pi r} \left[ \sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 + \mu \cos^3 (90^\circ - \theta_1 \sin(90^\circ - \theta_1)) \right], \quad (2)$$

где  $r$  – расстояние от точки приложения сосредоточенной силы до точки, где определяется напряжение, например т. А (рис. 1);  $\theta_1$  – угол между  $r$  и вертикальной осью (осью  $ox$ );  $\mu$  – коэффициент трения вальца о волокно.

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что напряжения в волокне значительно возрастают за счет второго слагаемого, то есть дополнительного касательного воздействия на слои волокон со стороны вальца.

Кроме напряжений, возникающих в слоях, следует отметить и контактные напряжения между вальцами и волокном, а также между отдельными волокнами.

При наличии значительного трения на поверхности контакта [4], [5] максимальное эквивалентное напряжение смещается к поверхности трущихся тел, и величина его растет с ростом трения. Под эквивалентным напряжением понимают напряжения при переходе к одноосному напряженному состоянию. Совместный учет контактных напряжений и напряжений, возникающих вследствие трения, применительно к волокну показан в [5].

Для контакта без учета трения эквивалентное напряжение будет:

$$\sigma_{\text{эКВ}}^a = q_0 (1 - 2\nu_B), \quad (3)$$

где  $\nu_B$  – коэффициент Пуассона для волокна;  $q_0$  – максимальное давление в зоне контакта.

Максимальное давление в зоне контакта равно максимальному напряжению и определяется при контакте в виде полоски [6] по формуле:

нистых слоев (по оси  $y$ ) в т. А (рис. 1) будут:

$$P_0 = \sigma_{\text{max}} = \frac{2P_\Sigma}{\pi l b} = \frac{2P}{\pi b}, \quad (4)$$

где  $l$  – длина контактной полоски;  $P_\Sigma$  – общее усилие прижатия вальцов;  $P$  – радиальная сила прижатия на единицу длины контакта;  $b$  – половина ширины контактной полоски.

Для контакта с учетом трения эквивалентное напряжение будет:

$$\sigma_{\text{эКВ}}^b = q_0 \left[ (1 - 2\nu_B)^2 + 4\mu^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Коэффициент, показывающий усиление влияния трения на эквивалентное напряжение в волокне, определяется так:

$$K = \frac{\sigma_{\text{эКВ}}^b}{\sigma_{\text{эКВ}}^a} = \frac{\left[ (1 - 2\nu_B)^2 + 4\mu^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{1 - 2\nu_B}. \quad (6)$$

Так, например, при  $\nu_B = 0,3$  коэффициент  $K$  возрастает от 1,77 при  $\mu = 0,3$  до 5,1 при  $\mu = 1,0$ .

Рост эквивалентного напряжения в волокне за счет трения в зоне контакта, за счет принудительного смещения слоев со стороны приводного вальца говорит о том, что в новой конструкции очистителя волокна, реализующего новый способ очистки [1], значительно возрастает вероятность расщепления комплексов в волокне и способность к уменьшению связей волокон с сорными примесями.

Для проверки изложенных выше теоретических предпосылок был разработан и изготовлен экспериментальный стенд, со-



стоящий из двух вальцов диаметром 80 мм, установленных в опорах на специальной раме. Опоры верхнего валика были установлены в направляющих, и в них упирались пружины сжатия. Сила прижатия валков могла регулироваться [7].

Вальцы связаны между собой зубчатой передачей. Передаточное отношение зубчатой передачи можно было изменять благодаря сменным парам шестерен. Нижний валец был соединен с приводом. Эксперименты проводились на образцах, подготовленных из отходов трепания льна. Обработку образцов вели при различных режимах: меняли силу прижатия вальца (от 250 до 520 Н) при постоянном передаточном отношении скоростей вальцов и при постоянной силе прижатия вальцов при разных скоростях вальцов с передаточным отношением ( $i=1,0$ ;  $i=1,22$ ;  $i=2,0$ ).

Здесь приведены предварительные результаты, полученные в ходе испытаний. Так, при обработке разряженного слоя волокон наблюдалось значительное разрушение комплексов с интенсивным образованием коротких (длиной менее 15 мм) волокон, доля которых доходила до 50%. Более позитивные результаты были получены при пропуске слоя толщиной не менее 2,0 мм. При обработке ленты различной плотности (10 и 5 ктекс) не наблюдалось значительного количества коротких волокон после обработки в гладких вальцах при всех соотношениях их скоростей.

Испытания при обработке слоя с отношением скоростей вальцов  $i=2,0$  при силе прижатия верхнего вальца 250 Н дали такой же результат по дроблению льняных комплексов, как и при обработке волокна при  $i=1,0$ , но при силе прижатия 520 Н.

Изучалось также влияние обработки льняной ленты в жестких гладких вальцах на штапельный состав ленты, линейную плотность волокон и прочность 100-миллиметровых отрезков ленты. Приведем следующие данные: прочность ленты, обработанной в вальцах, снижалась по сравнению с необработанной примерно на 25...30%, а линейная плотность получаемого волокна снижалась на 10...15%. Дальнейшая обработка этого волокна в

технологической цепочке с очистителем-котонизатором, оснащенный пыльчатой гарнитурой, позволяла снизить плотность в полтора раза и достичь средней линейной плотности 1,6...2,5 текс с засоренностью до 15%.

Приведенные результаты экспериментальных исследований показывают, что обработка льняной ленты между вальцами существенно влияет на процесс дробления льняных комплексов и включение этой операции в технологический процесс при создании очистителя-котонизатора позволит получить более эффективное отечественное оборудование.

## ВЫВОДЫ

1. Теоретические аспекты обоснования нового способа очистки льняного волокна могут служить основой для создания более современного очистителя-котонизатора.

2. Экспериментальные исследования подтверждают повышение эффективности дробления льняных комплексов при пропуске льняной ленты через плющильные вальцы, вращающиеся с различными скоростями.

3. Следует отметить также, что при обработке волокна между вальцами необходимо обеспечивать гарантийный зазор между ними величиной не менее толщины волокон во избежание излишнего разрушения комплексов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вихарев С.Н., Корабельников А.Р., Корабельников Р.В. Особенности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке от сорных примесей по новому способу // Вестник КГТУ. – 2007, №15. С24...26.
2. Патент на изобретение №2347863. Способ очистки волокна. (Авторы: Корабельников А.Р., Вихарев С.Н., Соркин А.П., Корабельников Р.В., Щербинин С.А.). Опубликовано 27.02.2009. Бюл. №6.
3. Безухов Н.И., Лужин О.В. Приложение методов теории упругости и пластичности к решению инженерных задач. – М.: Высшая школа, 1974.
4. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. – М.: Гостехиздат, 1953.
5. Бурнашев Р.З. Теоретические основы тех-

нологии очистки хлопка-сырца: Дис... докт. техн. наук. – Ташкент 1983.

6. Методические указания. Надежность в технике. Методы испытаний на контактную усталость.– М.: Изд-во стандартов, 1974.

7. *Вихарев С.Н.* Совершенствование оборудо-

вания и методов получения и очистки короткоштательного льняного волокна: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 17.06.10.

---

УДК 677. 31.579

**КРИТЕРИИ SCI ТИПОВЫХ СОРТИРОВОК ХЛОПКА**

В.О. СИМОНЯН, Е.В. АНДРОНОВА

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

E-mail: simonyan.vo@yandex.ru, eva289@rambler.ru

*Рассматривается критерий SCI – "индекс пригодности к прядению" хлопковых волокон типовых сортровок хлопка. Показано, что критерий SCI типовых сортровок тем выше, чем меньше линейная плотность пряжи, для которой предназначена сортровка.*

*SCI criterion – "a spinning suitability index" of cotton fibers of cotton typical assortings is considered in the given paper. It is shown that the higher SCI criterion of typical assortings, the less the yarn linear density which an assorting is intended for.*

**Ключевые слова:** хлопковое волокно, типовые сортровки, прядильная способность, критерии SCI.

Классификация хлопковых волокон – деление хлопковых волокон на типы и сорта – должна характеризовать их технологическую эффективность для прядения. Не случайно типовые сортровки хлопка, разработанные на базе обработки значительного объема фактических результатов переработки сортровок хлопка на предприятиях, составлены на базе их классификации. Межгосударственный стандарт Республики Узбекистан O'zDSt 604:2001 устанавливает новую классификацию хлопковых волокон. Данным стандартом предусматривается использование измерительного комплекса HVI (High Volume Instrument) фирмы Спинлаб. Комплекс

HVI позволяет быстро, объективно, более точно оценить качественные характеристики хлопковых волокон. Такая экспрессная оценка качества хлопковых волокон позволила обеспечить полную сертификацию хлопка, производимого в Республике Узбекистан. То есть каждая кипа хлопка, поступающая в Россию из Республики Узбекистан, в настоящее время должна иметь сертификат, фиксирующий качественные показатели хлопковых волокон. Поэтому совершенно логично их использование при проектировании пряжи и подборе сортровок хлопка [1...3].

По межгосударственному стандарту Республики Узбекистан хлопковые волокна подразделяются на типы, сорта и классы.

В табл. 1 представлено соответствие типа хлопковых волокон классификации по стандарту O'zDSt 604: 2001 с классификацией этих волокон по ГОСТу 3279–86.

Таблица 1

Тип ГОСТ 3279–86	Тип O'zDSt 604: 2001	Верхняя средняя длина (УНМ)		Штапельная длина (Staple)		Удельная разрывная нагрузка (Str) для I, II сортов сН/текс (гс/текс)
		мм	дюйм	дюйм	код	
1	1a	33,7 – 34,3	1,33 – 1,35	1,11/32	43	29,4 – 34,3 (30,0 – 35,0)
	1б	32,9 – 33,6	1,30 – 1,32	1,5 /16	42	
	1	32,2 – 32,8	1,27 – 1,29	1,9/32	41	
2	2	31,4 – 32,1	1,24 – 1,26	1,1/4	40	
3	3	30,7 – 31,3	1,21 – 1,23	1,7/32	39	
		29,9 – 30,6	1,18 – 1,20	1,3/16	38	
4	4	28,9 – 29,8	1,14 – 1,17	1,5/32	37	
		28,1 – 28,8	1,11 – 1,13	1,1/8	36	
5	5	27,4 – 28,0	1,08 – 1,10	1,3/32	35	
		26,6 – 27,3	1,05 – 1,07	1,1/1,16	34	
6	6	25,8 – 26,5	1,02 – 1,04	1,1/32	33	
7	7	25,1 – 25,7	0,99 – 1,01	1	32	

В табл. 2 показано соответствие сорта хлопковых волокон классификации по

стандарту O'zDSt 604: 2001 с классификацией этих волокон по ГОСТу 3279–86.

Таблица 2

Сорт ГОСТ 3279–86	Сорт O'zDSt 604: 2001	Коэффициент зрелости ГОСТ 3279–86	Коэффициент зрелости O'zDSt 604: 2001		Нормы массовой доли пороков и сорных примесей, %, не более, по классам хлопкового волокна				
			1a, 1б, 1, 2, 3	4, 5, 6	Олей (высший)	Яхши (хороший)	Урга (средний)	Оддий (обычный)	Ифлос (сорный)
I	I	2,0	2,0	-	2,0	2,5	3,0	4,0	-
II	I	1,8	-	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,5
III	II	1,6	1,7	1,6	2,5	3,5	4,5	5,5	7,0
IV	III	1,4	1,4	-	4,0	5,5	7,5	10,0	
V	IV	1,2	1,2		-	6,0	8,5	10,5	14,0
VI	V	менее 1,2	менее 1,2		-	-	10,5	12,5	

При выработке пряжи заданной линейной плотности мы руководствуемся рекомендациями типовых сортировок. С учетом стандарта Республики Узбекистан в табл. 3 и в табл. 4 представлены типовые сортировки для выработки кардной пряжи:

в табл. 3 – для пряжи основной кардной суровой I сорта из средневолокнистого хлопка 4-7 типов для ткацкого производства: в табл. 4 – для пряжи кардной суровой I сорта из средневолокнистого хлопка 4-7 типов для трикотажного производства.

Номинальная линейная плотность, текс	Типовые сортировки хлопка ОСТ 17-96-86	Типовые сортировки. По стандарту Узбекистана О'zDSt 604:201
1	2	3
От 13 до 17	4-I, 4-II 4-II, 4-I 4-II 4-II, 4-I, 4-III	4-I 4-I, 4-II
От 15 до 17	4-I, 5-I 4-I, 5-II 4-I, 5-I, 5-II 4-I, 4-II, 5-I, 5-II 4-II, 5-I	4-I, 5-I
От 18 до 22	5-I, 5-II, 4-I 5-I, 5-II, 4-II 5-I, 5-II, 4-I, 4-II	5-I, 4-I
От 20 до 22	5-I 5-I, 5-II	5-I
От 25 до 30	5-II, 5-I, 5-III 5-II, 6-I 5-II, 6-II 5-II, 6-I, 6-II 5-II, 6-I, 5-III 5-II, 6-I, 4-III 5-II, 6-I, 6-III 5-II, 6-I, 5-III, 4-III 5-II, 6-I, 6-III, 5-III	5-I, 5-II 5-I, 6-I 5-I, 6-I, 5-II 5-I, 6-I, 4-II 5-I, 6-I, 6-II 5-I, 6-I, 5-II, 4-II 5-I, 6-I, 6-II, 5-II
От 27 до 30	6-II, 5-I, 5-III 6-II, 5-II, 5-I, 5-III 6-II, 6-I, 5-II, 5-III 6-II, 5-I, 6-III 6-II, 5-II, 5-I, 6-III, 5-III 6-II, 6-I, 5-II, 6-III, 5-III	6-I-I, 5-I, 5-II 6-I, 5-I, 6-II 6-I, 5-I, 6-II, 5-II
От 34 до 56	5-III, 6-II, 6-IV, 4-IV 5-III, 6-II, 6-IV, 5-IV 5-III, 6-II, 6-IV, 5-IV, 4-IV 5-III, 6-III, 5-II, 5-IV 5-III, 6-III, 5-II, 5-IV, 4-IV 5-III, 6-II, 6-III, 6-IV 6-III, 5-II, 6-IV, 5-IV 6-III, 5-II, 5-IV 6-III, 6-II, 5-IV 6-III, 6-II, 6-IV, 5-IV	5-II, 6-I, 6-III, 4-III 5-II, 6-I, 6-III, 5-III 5-II, 6-I, 6-III, 5-III, 4-III 5-II, 6-II, 5-I, 5-III 5-II, 6-II, 5-I, 5-III, 4-III 5-II, 6-I, 6-II, 6-III 6-II, 5-I, 6-III, 5-III 6-II, 5-I, 5-III 6-II, 6-I, 5-III 6-II, 6-I, 6-III, 5-III
От 42 до 56	6-II, 6-III 6-III, 6-II	6-I, 6-II 6-II, 6-I
От 60 до 140	6-III, 6-II, 6-IV, 5-IV 6-III, 6-II, 5-IV 6-III, 6-II, 6-IV 6-III, 7-II, 5-IV 6-III, 7-II, 6-IV	6-II, 6-I, 6-III, 5-III 6-II, 6-I, 5-III 6-II, 6-I, 6-III 6-II, 7-I, 5-III 6-II, 7-I, 6-III
От 84 до 140	6-III, 6-IV, 5-IV 6-III, 7-IV, 5-IV 6-III, 7-IV, 6-IV	6-II, 6-III, 5-III 6-II, 7-III, 5-III 6-II, 7-III, 6-III
От 140	5-IV, 6-IV, 4-IV 6-IV, 7-IV, 5-IV 6-IV, 5-IV 6-IV	5-III, 6-III, 4-III 6-III, 7-III, 5-III 6-III, 5-III 6-III

Номинальная линейная плотность, текс	Типовые сортировки хлопка ГОСТ 9092–81	Типовые сортировки. По стандарту Узбекистана O'zDSt 604:201
От 15 до 17	4-I, 4-II, 5-II 4-I, 5-II 4-I, 4-II, 5-I, 5-II 4-I, 5-I, 5-II	4-I, 5-I
От 18 до 20	5-I, 5-II, 4-I 5-I, 5-II, 4-II 5-I, 5-II, 4-I, 4-II 5-I, 4-II 5-II, 4-I	5-I, 4-I
От 25 до 30	5-I, 5-II 5-II, 5-I 5-I, 5-II, 6-II 5-II, 5-I, 6-I 5-I, 6-I, 6-II 5-I, 5-II, 6-I, 6-II 5-II, 5-I, 6-II 5-II, 6-II, 6-I 5-II, 5-I, 6-I, 6-II	5-I  5-I, 6-I
От 36 до 84	6-II, 6-I, 5-II 6-II, 6-I, 5-III 6-II, 6-I, 6-III 6-II, 6-I, 6-III, 5-III 6-II, 7-I, 5-III	6-I, 5-I 6-I, 5-II 6-I, 6-II 6-I, 6-II, 5-II 6-I, 7-I, 5-II

Наряду с отдельными характеристиками хлопковых волокон измерительный комплекс HVI позволяет рассчитывать комплексный показатель пригодности волокон к прядению – индекс пригодности к прядению SCI. Для вычисления SCI используются следующие уравнения.

По индексу однородности:

$$SCI = -412,7 + 2,9Str - 9,32Mic + 49,28 \cdot UHML + 4,8Unf + 0,65 Rd \text{ или}$$

по коэффициенту однородности:

$$SCI = -412,7 + 2,9Str - 9,32Mic + 49,28 \cdot UHML + 8,72 UR + 0,65 Rd,$$

где Str (Strength) – разрывная нагрузка; Mic (Micronaire) – Микронейр; Len (UHML) – верхняя средняя длина волокон; UR (Length uniformity ratio) – коэффициент однородности по длине; Unf – индекс однородности; Rd (Reflectance) – коэффициент отражения.

Показатель SCI приводится в последнем издании статистики Устер ("Uster®

Statistics 2007"), что позволяет по характеристикам волокон оценить степень их пригодности для выработки пряжи.

Нами рассчитан показатель SCI для различных кардных типовых сортировок. Результаты расчетов приведены на графиках рис. 1, 2 (рис. 1 – зависимость SCI от линейной плотности пряжи для типовых сортировок хлопка для ткацкого производства; рис. 2 – зависимость SCI от линейной плотности пряжи для типовых сортировок хлопка для трикотажного производства).

С помощью графиков показано изменение значений SCI типовых сортировок для выработки пряжи различных линейных плотностей. Показатели SCI для различных сортировок укладываются в 50%-ный уровень статистики Устер-2007, что подтверждает возможность использования этого показателя при подборе сортировок для производства пряжи.

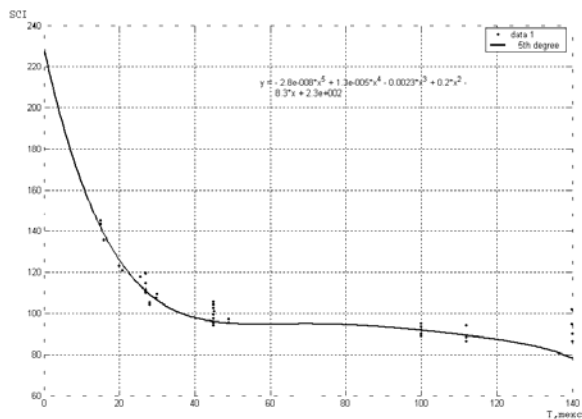


Рис. 1

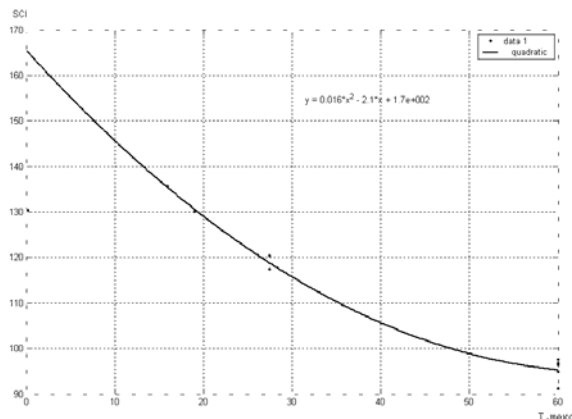


Рис. 2

## ВЫВОДЫ

1. Рассчитаны показатели SCI типовых сортировок хлопка для выработки кардной пряжи линейной плотностью от 13 до 140 текс для ткацкого производства и от 15 до 84 текс для трикотажного производства.

2. Показано, что величина SCI типовых сортировок зависит от назначения сортировок. Причем SCI типовых сортировок хлопка тем выше, чем меньше линейная плотность пряжи, для которой предназначена сортировка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Uster® Statistics 2007.
2. Межгосударственный стандарт Узбекистана O'zDSt 604: 2001.
3. Типовые сортировки хлопка для выработки пряжи различного назначения кольцевого и пневмомеханического способов прядения. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1983.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 20.04.10.

УДК 677.052.71

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА ПЕРЕГИБА НИТИ В НИТЕПРОВОДНИКЕ КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

АНАТОЛИЙ А. СТОЛЯРОВ, Ю.В. ПАВЛОВ, АЛЕКСЕЙ А. СТОЛЯРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: stolyarovanatoly@yandex.ru

*Рассматривается методика определения оптимального угла перегиба нити в нитепроводнике, обеспечивающего наилучшие условия формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине.*

*The technique of determination of an optimum angle of a thread kink in a thread guide, providing the best condition of the yarn forming and reeling it on a ring spinning machine, is considered herein.*

**Ключевые слова:** технологический процесс формирования пряжи, крутка пряжи, угол перегиба нити, нитепроводник, относительная разрывная нагрузка, обрывность пряжи.

Известно, что условия выработки пряжи на кольцевой прядильной машине в значительной мере определяются геометрией ее заправочной линии, которую формируют такие параметры, как расстояние между осью переднего цилиндра вытяжного прибора и осью веретена, угол наклона вытяжного прибора, величина размаха нитепроводника, расстояние от кольцевой планки до нитепроводника в начале и в конце наработки сьема.

Особое значение для правильной организации технологического процесса прядения имеет угол перегиба нити в нитепроводнике [1]. При большой величине угла перегиба в нитепроводнике затруднено прохождение крутки за нитепроводник, что ослабляет нить и приводит к повышенной обрывности в зоне выпускной цилиндр – нитепроводник. По данным многочисленных исследований потеря в крутке и прочности пряжи при соприкосновении с нитепроводником может достигать 19...20%. Поэтому для обеспечения нормальной работы кольцевой прядильной машины необходимо обеспечить оптимальную величину угла перегиба нити в нитепроводнике.

Будем считать, что направление движения нити в зоне выпускной цилиндр – нитепроводник совпадает с касательной к баллону. Тогда угол перегиба за каждый оборот нити меняется от величины угла при вершине баллона до нуля. А это означает, что при каждом обороте нити наступает момент, когда препятствия для прохождения крутки будут минимальными.

Следовательно, для определения оптимального угла перегиба необходимо решить задачу по определению угла касательной к баллону при его вершине. Рассмотрим решение данной задачи, выбрав за начало координат вершину баллона. При этом расположим вертикальную ось баллона вдоль оси  $X$ , а ось  $Y$  – по направлению радиуса вращения (рис.1 – за-

правочная линия кольцевой прядильной машины).

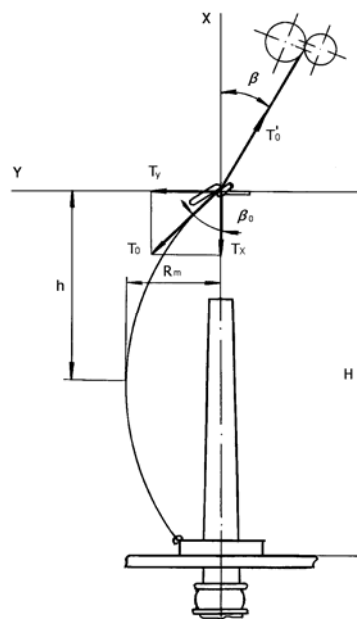


Рис. 1

Запишем дифференциальное уравнение кривой баллона как

$$-\ddot{y} = \frac{m\omega^2}{T_x} y \sqrt{1 + (\dot{y})^2}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса единицы длины нити;  $\omega$  – угловая скорость вращения нити;  $T_x$  – проекция натяжения нити на ось  $X$ .

Поскольку  $(\dot{y})^2 = \tan^2 \beta < 1$ , то сделаем допущение и опустим квадрат производной, тогда:

$$\ddot{y} = -\frac{m\omega^2}{T_x} y. \quad (2)$$

Интеграл этого выражения:

$$y = R \sin \left( \sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}} x \right). \quad (3)$$



Тангенс угла наклона касательной к кривой баллона в любой точке:

$$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{dy}{dx} = R \sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}} \cos\left(\sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}} x\right). \quad (4)$$

Для решения уравнения (4) используем следующие граничные условия.

1. Точка вершины баллона при  $x = 0$ :

$$\operatorname{tg}\beta_0 = R \sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}}. \quad (5)$$

2. Точка максимального радиуса баллона, отстоящая от вершины на расстоянии  $l$  при  $x = l$ ,  $y = R$ :

$$\sin\left(\sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}} l\right) = \sin\frac{\pi}{2},$$

$$l = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{T_x}{m\omega^2}}. \quad (6)$$

3. Точка окружности прядильного кольца с радиусом  $r$  при  $y = r$ :

$$R \sin\left(\sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}} x\right) = r.$$

Из этого следует:

$$R = \frac{r}{\sin\left(H\omega\sqrt{\frac{m\omega^2}{T_x}}\right)},$$

$$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{r\omega\sqrt{\frac{m}{T_x}}}{\sin\left(H\omega\sqrt{\frac{m}{T_x}}\right)}. \quad (7)$$

Тогда угол при вершине баллона будет:

$$\beta_0 = \operatorname{arctg} \frac{r\omega\sqrt{\frac{m}{T_x}}}{\sin\left(H\omega\sqrt{\frac{m}{T_x}}\right)}. \quad (8)$$

Из выражения (8) видно, что для определения величины угла при вершине баллона необходимо знать натяжение нити  $T_x$  в баллоне и геометрические размеры баллона.

На основании аналитических вычислений и экспериментальных исследований, проведенных по методике из [2...4], нами построена графическая зависимость изменения угла при вершине баллона от натяжения  $T_x$  для хлопчатобумажной пряжи различных линейных плотностей, вырабатываемой на кольцевой прядильной машине П-76-5М, при частоте вращения веретен 12500 об/мин, диаметре кольца 40 мм, при максимальной высоте баллона 220 мм, массе бегунка 0,05г.

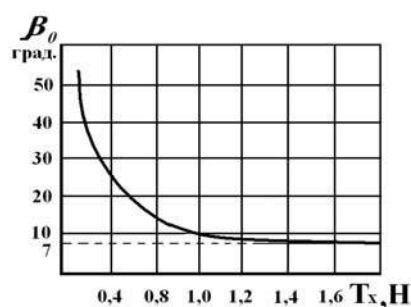


Рис. 2

Как видно из графика (рис. 2 – зависимость угла при вершине баллона  $\beta$  от натяжения  $T_x$  пряжи линейной плотности 25 Текс), с увеличением натяжения угол при вершине баллона уменьшается по кривой гиперболического вида, причем это характерно и для пряжи других линейных плотностей. Целью наших исследований является определение оптимального угла перегиба нити в нитепроводнике для лучшего прохождения крутки на участок выпускной цилиндрической нитепроводник и для обеспечения достаточной прочности пряжи, предотвращающей ее обрыв в критический

момент резкого повышения натяжения. Известно, что обрыв пряжи происходит в момент, когда величина натяжения превышает величину ее разрывной нагрузки, поэтому эта величина и представляет для нас наибольший интерес. Для этого используем формулу:

$$P_{\min} = PT - \frac{2PTC_p}{100} = PT\left(1 - \frac{C_p}{50}\right), \quad (9)$$

где  $P$  – относительная разрывная нагрузка одиночной нити мН/текс;  $T$  – линейная плотность, текс;  $C_p$  – коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке.

Так, например, для хлопчатобумажной основной пряжи линейной плотности 25 текс  $P_{\min} = 1,61Н$ , следовательно, усилия вызывающие разрыв данной пряжи, составляют примерно 1,6 ньютона.

Из графика видно, что угол при вершине баллона, соответствующий такому натяжению, составляет 7 градусов.

С другой стороны, мы знаем, что обрыв нити на этом участке происходит под действием натяжения  $T'_0$ , направленного вдоль этой нити (рис.1):

$$T'_0 = T_0 e^{\mu\alpha}, \quad (10)$$

где  $T_0$  – натяжение нити при вершине баллона, направленное по его касательной;  $\mu$  – коэффициент трения между нитью и нитепроводником;  $\alpha$  – угол охвата нитепроводника нитью.

Поскольку при уменьшении угла перегиба угол охвата нитепроводника нитью уменьшается и стремится к нулю можно условно считать

$$T'_0 \cong T_0. \quad (11)$$

Зная, что

$$T_0 = \frac{T_x}{\cos \beta_0} \quad (12)$$

и принимая во внимание, что в рассматриваемом случае величина угла  $\beta_0$  мала, допускаем, что

$$T'_0 \approx T_x. \quad (13)$$

Чтобы проанализировать влияние линейной плотности пряжи на изменение угла при вершине баллона, величину  $P_{\min}$  из выражения (9) подставим под радикал выражения (7) и, выразив натяжение пряжи  $T_x$ , получим:

$$\sqrt{\frac{m}{T_x}} = \frac{1}{10^3 \sqrt{P\left(1 - \frac{C_p}{50}\right)}}. \quad (14)$$

Из выражения (14) видно, что величина предельного угла при вершине баллона не зависит от линейной плотности, а зависит только от относительной разрывной нагрузки пряжи и ее коэффициента вариации.

Относительная разрывная нагрузка для хлопчатобумажной пряжи кардной и гребенной систем прядения линейной плотности от 5 до 54 текс варьируется от 100 до 172 мН, а соответствующий коэффициент вариации – от 12,5 до 19,2%, что приводит к колебанию величины предельного угла от 6°30' до 8°.

При изменении частоты вращения веретен в диапазоне от 9 до 15,5 тыс. об/мин предельный угол для пряжи линейной плотности 25 текс меняется от 8 до 6°.

Исследования условий, при которых наиболее вероятен обрыв пряжи от повышенного натяжения на участке вытяжной прибор–нитепроводник, позволили определить значения предельного угла при вершине баллона: для формирования нижней части початка он составляет 6...9°, при формировании верхней части 9...12°.

## ВЫВОДЫ

1. На основании аналитического и экспериментального исследований разработана методика определения оптимального

угла перегиба нити в нитепроводнике, обеспечивающего наилучшие условия формирования и наматывания пряжи.

2. Установлено, что величина предельного угла при вершине баллона не зависит от линейной плотности, а зависит только от относительной разрывной нагрузки пряжи и ее коэффициента вариации.

3. Определены значения угла наклона линии выпускной цилиндр – нитепроводник, обеспечивающие наиболее благоприятные условия распространения крутки за нитепроводник.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Н.Т. Прядение хлопка. – М.: Легкая промышленность, 1951.
2. Столяров А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.41...44.
3. Столяров А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.28...31.
4. Столяров А.А. О натяжении нити в точке наматывания при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине. – Иваново: ВИНТИ, 2006, №388.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий. Поступила 05.06.10.

---

УДК 677.054.87-52

**НОВЫЕ СПОСОБЫ СОВМЕЩЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ***С.Д. НИКОЛАЕВ, В.В. МАЛЕЦКИЙ*

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

E-mail: nsd@msta.ac.ru

*Приведен материал по исследованию возможности построения креповых и комбинированных переплетений способом совмещения нескольких переплетений при использовании всех существующих принципов совмещения. Разработаны новые способы совмещения переплетений, при которых одновременно используют два различных принципа совмещения.*

*The material on research of possibility of the construction of crepe and combined weavings by the method of combination of several weavings using all existing principles of combination is resulted herein. New methods of combination of weavings when two various principles of combination are simultaneously used are developed.*

**Ключевые слова:** переплетение ткани, способ совмещения, сложение, раппорт, основа, уток, автоматизированный способ.

Как известно, при построении креповых и комбинированных переплетений используют способ совмещения двух или более исходных переплетений, роль которых равнозначна, а раппорт результирующего переплетения по каждой системе нитей рассчитывается как наименьшее общее кратное соответствующих раппортов исходных переплетений [1...3].

Поскольку совмещение исходных переплетений производится последовательно, то совмещают всегда два переплетения, независимо от количества исходных переплетений: первое переплетение и второе переплетение, результирующее переплетение и третье переплетение и так далее.

Совмещение переплетений осуществляют по перекрытиям, которые расположены в одном и том же месте на плоскости

раппорта, но принадлежат разным переплетениям. Применяемый принцип совмещения переплетений: "сложение" или "вычитание" определяет вид результирующего перекрытия (табл. 1).

При использовании принципа "сложение" общее число основных перекрытий в итоговом переплетении увеличивается, если применяют принцип "вычитание", то в результате возрастает число уточных перекрытий.

Если принципу "сложение" соответствуют одинаковые правила совмещения у всех авторов, то под принципом "вычитание" разные авторы предлагают различные правила совмещения, которые условно назовем "вычитание 1", "вычитание 2" и "вычитание 3".

Вид перекрытия		Результат совмещения			
Первое переплетение	Второе переплетение	Сложение	Вычитание 1	Вычитание 2	Вычитание 3
Основное	Уточное	Основное	Основное	Основное	Уточное
Основное	Основное	Основное	Уточное	Уточное	Основное
Уточное	Основное	Основное	Основное	Уточное	Уточное
Уточное	Уточное	Уточное	Уточное	Уточное	Уточное

Согласно принципу "вычитание 1", предложенному Дружинской О.И., имеют уточное результирующее перекрытие при совмещении одинаковых перекрытий и основное – при совмещении разных перекрытий [2]. Под принципом "вычитание 2" Милашус В.М. и Реклайтис В.К. понимают правило, при котором основное результирующее перекрытие получают при совмещении основного перекрытия первого переплетения и уточного перекрытия второго переплетения и уточное перекрытие – в остальных случаях [3]. Предлагаем принцип "вычитание 3", при котором получают основное результирующее пере-

крытие при совмещении двух основных перекрытий, а в остальных случаях – уточное перекрытие.

Применение разных принципов совмещения служит для расширения ассортимента тканей комбинированных или креповых переплетений, так как позволяет получать различный вид данных переплетений при использовании одинаковых исходных переплетений (рис.1 – комбинированные переплетения, построенные совмещением рогожки 3/3 и левой саржи 1/3 при применении различных принципов: а – сложение; б – вычитание 1; в – вычитание 2; г – вычитание 3).

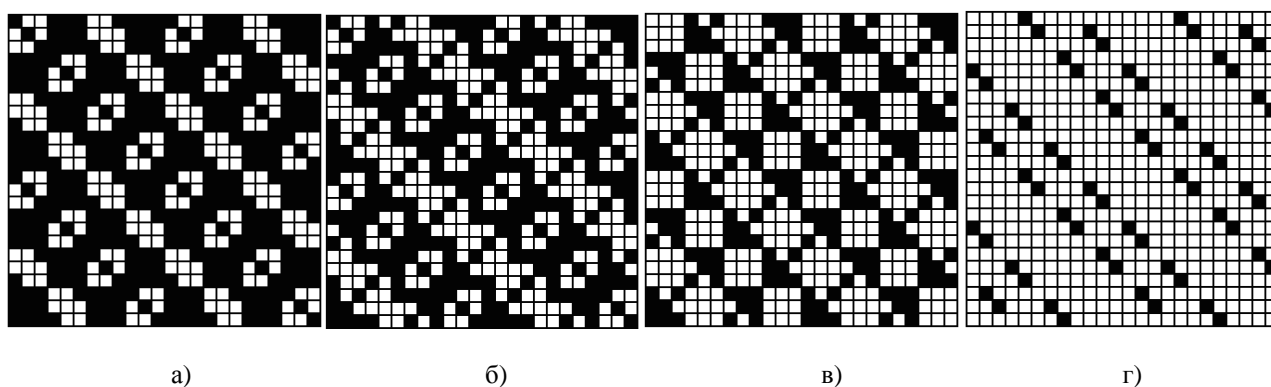


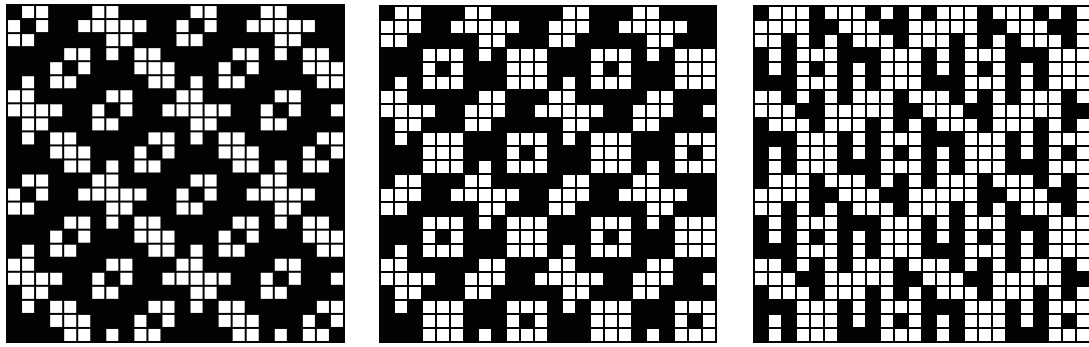
Рис. 1

В случае построения переплетений традиционным способом совмещения ко всем перекрытиям, расположенным на плоскости раппорта, применяют только один выбранный принцип совмещения.

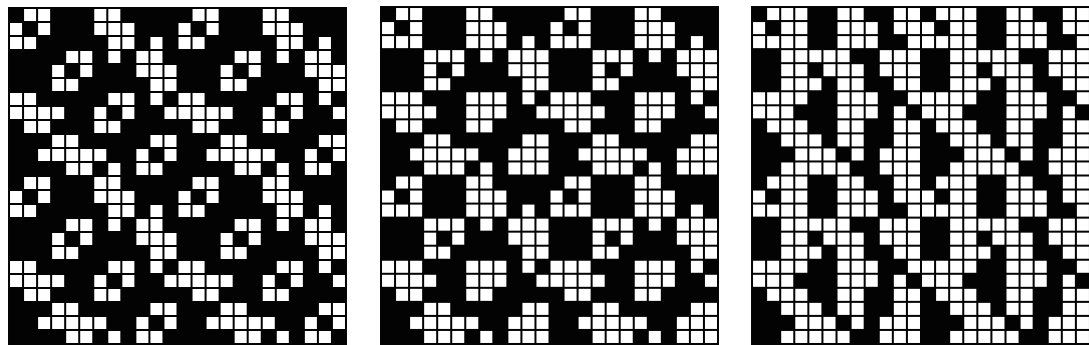
Расширение ассортимента тканей комбинированных или креповых переплетений достигается за счет создания новых переплетений, у которых разные принципы совмещения исходных переплетений применяются к отдельным нитям раппорта [4].

Например, на нечетных нитях раппорта исходные переплетения совмещают по

принципу "сложение", а на четных нитях раппорта – по принципу "вычитание", при этом можно использовать любой из трех принципов вычитания: "сложение" + "вычитание 1" или "сложение" + "вычитание 2" или "сложение" + "вычитание 3" (рис. 2 – комбинация разных принципов совмещения применительно к основным нитям раппорта: а – чередование 1:1; б – чередование 2:2). Также возможно изменение чередования нитей, на которых применяют разные принципы совмещения переплетений, например, 1:1, 1:2, 2:2 и так далее.



а)



б)

Рис. 2

Для дальнейшего расширения ассортимента тканей данного класса переплетений предлагаем совмещать переплетения, комбинируя принципы "сложение" и "вычитание" применительно непосредственно к паре совмещаемых перекрытий.

Исследования показали, что для данной комбинации из трех принципов вычитания подходит только "вычитание 1". Это объясняется тем, что у данного принципа и принципа "сложение" вид результирующих перекрытий одинаков во всех случаях, кроме одного – совмещения двух основных перекрытий. Поэтому применительно к данному случаю можно попеременно использовать разные принципы совмещения переплетений: принцип "сложение" – для четных случаев и принцип "вычитание" – для нечетных.

Поскольку на вид нового переплетения, получаемого предлагаемым способом совмещения, оказывает влияние чередование случаев применения разных принципов совмещения, то используем понятие "номер случая", с помощью которого изменя-

ем данное чередование. Так, при номере случая, равном пяти, каждый пятый случай совмещения основных перекрытий имеет вид результирующего перекрытия, обусловленный принципом "сложение", а в остальных случаях – принципом "вычитание".

Пример данного влияния представлен комбинированными переплетениями (рис. 3 – влияние на рисунок переплетения чередования случаев с применением разных принципов совмещения), полученными совмещением саржи 3/3 и левой саржи 1/3, если номер случая равен два (а), три (б), четыре (в) или шесть (г).

Для автоматизированного построения креповых и комбинированных переплетений способом совмещения нескольких переплетений создана программа ЭВМ, позволяющая строить данные переплетения при использовании всех возможных принципов совмещения и их комбинации как применительно к отдельным нитям раппорта, так и к отдельным перекрытиям [5].

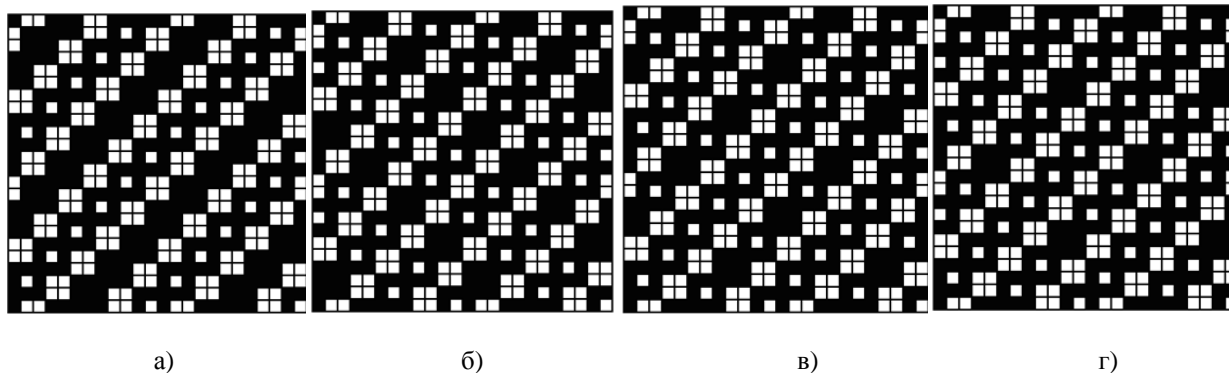


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. Исследованы возможности построения креповых и комбинированных переплетений способом совмещения нескольких переплетений при использовании всех существующих принципов совмещения.

2. Разработаны новые способы совмещения переплетений, при которых одновременно используют два различных принципа совмещения.

3. Доказана возможность комбинирования различных принципов совмещения применительно как к отдельным нитям раппорта, так и к отдельным перекрытиям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999.

2. Дружинская О.И. Разработка автоматизированных методов построения заправочных рисунков тканей комбинированных переплетений: Дис...канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

3. Милашюс В.М., Реклайтис В.К. Кодирование ткацких переплетений. – М.: Легпромбытиздат, 1988.

4. Малецкая С.В., Малецкий В.В. Патент №2374368 РФ, D03D 23/00. Способ получения тканей креповых переплетений. – Оpubл. 2009. Бюл. 33.

5. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2008611431 Российская Федерация/ Программа автоматизированного построения креповых и комбинированных переплетений методом совмещения. / Малецкая С.В., Малецкий В.В. Зарегистр. 20.03.2008. Оpubл. Бюл. №2, 2008, с.343.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 05.06.10.

УДК 677.02

**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ КОРОТКОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА  
НА ПРОЦЕСС  
ФЕРМЕНТНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ КОТОНИЗАЦИИ**

*А.С. КАРЕВ, А.В. ЧЕШКОВА, Т.Н. БЕЛЯКОВА, И.М. ЗАХАРОВА, А.М. ВОРОНИН*

(Ивановский государственный химико-технологический университет)  
E-mail: rector@isuct.ru

*Проведена сравнительная оценка котонизирующего действия композиций ферментов с различной субстратной активностью при варьировании влажности короткого льняного волокна.*

*The comparative estimation of cottonizing influences of enzymes compositions with a various substrate activity at the variation of a short flax fibre humidity is carried out herein.*

**Ключевые слова:** короткое льняное волокно, влияние влажности, процесс ферментно-механической котонизации, использование полиферментных составов.

Острая потребность в сырье для текстильной промышленности, необходимость частичного освобождения от ввоза в Россию хлопка, а также низкое его качество уже не в первый раз ставят вопрос о целесообразности активного внедрения технологий получения хлопкоподобного волокна – котонина – в производство. Хотя масштабы производства льна несравнимы с хлопком (меньше почти в 15 раз по тканям и в 10 раз по пряже), тем не менее, комбинирование льняной пряжи с хлопчатобумажной приобретает все большее распространение.

Интерес производителей к котонину обусловлен возможностью расширения

сырьевой базы натуральных волокон и частичной заменой химических волокон на более дешевое, экологическое и ежегодно возобновляемое сырье. Кроме того, его использование позволит расширить ассортимент и объем полульняных тканей бытового и специального назначения.

Для получения котонина используют отходы льнопроизводства: короткое льняное волокно № 2-4, очесы, отходы мокрого прядения, рвань прядильная сухая (мычка), чесаный низкосортный длиноволокнистый лен и др. Непараллелизованное короткое льняное волокно заводской и внезаводской обработки получают при переработке отходов трепания, при переработ-



ке льняной тресты низких номеров и ее путанины, а также при оправе трепаного льна.

Перспективным направлением создания технологий получения котонина является использование биохимических процессов. Уникальная способность ферментов при малых концентрациях катализировать процессы модификации субстратов в низкотемпературных условиях и нейтральных средах предопределяет построение технологии по принципам экологичности, энерго- и ресурсосбережения, что является актуальным для современного производства. Ранее показано [1...3], что ферментативная модификация короткого льняного волокна, осуществляемая непрерывным или периодическим способом при высоком модуле ванны, позволяет получить качественный котонин с более низким содержанием лигнина, чем при механических способах разволокнения. Высокая степень делигнификации обуславливает получение котонина повышенной белизны, тонины, гибкости, эластичности и требуемой длины. С точки зрения рационализации химических и биохимических технологий котонизации нами предложен новый подход, заключающийся в маломодульной пропитке ферментным раствором с исключением процесса промывки волокна [4]. Использование этого приема возможно только при условии применения сертифицированных ферментных препаратов, не содержащих культур (микроорганизмов) продуцентов. Это позволит сократить расход технологической воды более чем в 2 раза. Упрощение технологической схемы требует оптимизации параметров процесса с учетом специфики протекания ферментативной деградации структуры лигнин-полисахаридных комплексов, пектиновых веществ и гемицеллюлоз.

Установлено, что использование только ферментов полигалактоураназной активности (скауризм или пектофоедин) не позволяет получить в данных условиях требуемого эффекта котонизации. Это, вероятно, связано с наличием плотного гемицеллюлозного барьера, создаваемого остатками паренхимных тканей. Отсутст-

вие условий, способствующих набуханию клеящих веществ, препятствует диффузии молекул фермента во внутренние структуры лубяного пучка.

На данном этапе работ нами оценена возможность проведения процесса ферментативной котонизации при сверхмалой влажности с использованием композиций ферментов, а также изучено влияние их воздействия на результаты последующего механического разволокнения льноволокна.

В качестве объекта исследования использовано отечественное короткое льняное волокно №2. Нанесение раствора ферментов осуществляли путем разбрызгивания через спрыски. Суммарная концентрация ферментных препаратов в рабочих растворах во всех экспериментах составляла 3 г/л. Влажность волокна контролировали по привесу массы в процентах. После ферментации волокна в течение 8 часов осуществляли сушку (до 13...14% остаточной влажности) и трепание. Отбор проб для анализа проводили до и после чесания волокна. Для оценки степени котонизации комплексного льноволокна выбранными показателями были: белизна (%), как косвенный показатель содержания лигнина, тонины (мкм) и средняя длина (мм), как наиболее значимые характеристики прядильных свойств котонина.

На рис. 1 показано влияние влажности короткого льняного волокна на изменение белизны (а), длины (б), тонины (в) в процессе ферментативно-механической котонизации: кривая 1 – Scourzyme +Cellusoft, 2 – Scourzyme + Fibrezyme, 3 – Scourzyme + Fibrezyme +Mannanaze, 4 – холостой опыт (вода).

Цвет волокна не имеет непосредственного отношения к прядильным свойствам волокна. Однако известно, что чем светлее волокно, тем ниже содержание в нем лигнина и других нецеллюлозных примесей, тем оно более гибкое и эластичное. Нами показано, что максимальный прирост белизны более чем на 6 единиц, по сравнению с этим показателем для короткого льняного волокна, достигается после ферментативной модификации композицией

№1, включающей препарат карбогидраз, с высокой полигалактоуриназой, ксиланазной и  $\beta$ -глюканазной активностями (рис.1-а).

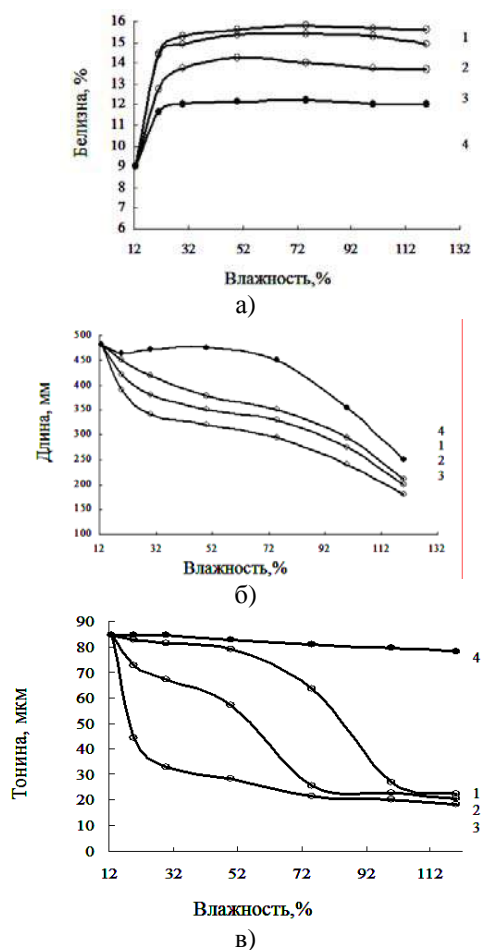


Рис. 1

Однако котонизирующая способность такого состава проявляется при влажности льноволокна более 70 % (рис. 1-б, в, кривая 1). Высокая степень осветления волокон, в данном случае, обусловлена удалением части покровных тканей, содержащих лигнинный компонент, связанный с лубяными пучками посредством гемицеллюлоз. Клеящее вещество срединных пластинок сохраняется, что приводит к разрыву волокон в процессе трепания в поперечном направлении без требуемого утонения.

Выявленные зависимости (рис.1-а...в, кривая 2) позволяют заключить, что при использовании композиции №2, отличающейся высоким содержанием ферментов ксиланазно-арабиназной и полигалакто-

уриназы, достигается не только высокий прирост белизны, но и значительное расщепление комплексов льноволокна. Так, при варьировании влажностных условий процесса ферментации длина волокон после трепания снижается от 500 до 220 мкм, а тонина от 85 до 30 мкм.

Менее эффективна с точки зрения отбеливающей способности композиция №3, включающая ферменты полигалактоуриназой, ксиланазной и маннаназной активности. Изменение влажностных условий практически не влияет на белизну модифицированных волокон. Прирост этого показателя составляет по сравнению с нативным коротким волокном лишь 3%. Однако именно в этом случае наблюдается максимальная динамика изменения длины и тонины волокна. Уже при влажности 20% тонина волокон после ферментной модификации и последующего трепания снижается до 45 мкм, а при влажности 50% – до 28 мкм.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена сравнительная оценка котонизирующего действия композиций ферментов с различной субстратной активностью при варьировании влажности короткого льняного волокна. Установлена возможность использования полиферментных составов с преобладающей полигалактоуриназой и маннаназной активностью для маломодульных технологий котонизации.

2. Полученные экспериментальные данные позволяют оптимизировать влажностные условия проведения процесса ферментативной котонизации короткого льняного волокна соответственно: для композиции №1 – влажность более 100%, №2 – 70%, №3 – 30%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чешкова А.В., Кундий С.А., Лебедева В.И., Мельников Б.Н. Технология биомодификации льняного волокна для получения котонина // Льняное дело. – М., 1997, №1. С.35...38.
2. Чешкова А.В., Кундий С.А., Мельников Б.Н. Биомодификация короткого льняного волокна //

Перспективные материалы. – М., 1997, №5. С.50...54.

3. Cheshkova A., Smirnova E., Zavadskij A. Enzymatic modification and flax delignification // Proceedings of the V China-Russia-Korea Symposium of Chemical Engineering and New Materials Science. – September 17-21, 2007, Ivanovo. P. 21...24.

4. Карев А.С., Чешкова А.В. Способ твердофазной ферментной котонизации низкосортного льняного волокна // Сб. матер. XI Междунар. научн.-практ. семинара: SMARTEX 2008. – 2008. С. 40...43.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 10.04.10.

УДК 677.027.47

## ТЕХНОЛОГИЯ КРАШЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПИГМЕНТАМИ

Е.В. МЕЛЕНЧУК, А.С. ЗАХАРЧЕНКО, О.В. КОЗЛОВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

E-mail: ovk-56@mail.ru

*В статье описано исследование эффективности использования новых отечественных пленкообразующих полимеров в качестве связующих для пигментного крашения текстильных материалов.*

*The research of efficiency of use of new domestic film-forming polymers as binding elements for pigmentary dyeing of textile materials is described in the given article.*

**Ключевые слова:** пигменты, крашение, связующее, пленкообразующие акриловые полимеры, интенсивность окраски, гриф.

В Европе почти половина всех материалов (тканей, трикотажа, нетканых материалов) колорируются пигментами. С их помощью достигаются яркие окраски на всех видах текстильных материалов.

Совсем недавно считалось, что недостатком пигментов является плохая (2...3 балла) устойчивость окрасок к сухому и мокрому трению и жесткость грифа, что было обусловлено самим принципом фиксации красящих частиц на внешней поверхности элементарных волокон в пленке полимеров. Поэтому пигментное колорирование применялось, в основном, для тканей декоративного назначения, а также материалов, не подвергающихся жестким и многократным стиркам [1]. Сегодня проблема прочностей окраски и жесткого грифа пигментированных тканей решена путем использования в качестве связующих – полимеров нового поколения, спо-

собных образовывать в местах нанесения пигмента тончайшую эластичную пленку, обеспечивающую высокие показатели устойчивости окраски к трению [2].

Для осуществления технологии пигментного крашения, как правило, применяют импортные связующие. В основном это препараты акриловой природы, такие как падикол СА (фирма СНТ). Это дисперсия связующего для пигментного крашения, которая не содержит растворителя, термически сшивается, образуя пленку на поверхности ткани, и тем самым способствует фиксации пигмента. Использование этого препарата в концентрации от 15 до 30 г/л в красильной ванне позволяет прочно фиксировать пигмент на ткани. Процесс осуществляется при температуре 140...160°C и легко реализуется на существующем оборудовании для заключительной отделки ткани типа Элитекс, Тек-

стима или Вакаяма. Недостатком технологии является высокая стоимость импортного препарата.

Цель настоящей работы – исследование эффективности использования новых отечественных пленкообразующих полимеров в качестве связующих для пигментного крашения текстильных материалов.

В последнее время на рынке химической промышленности появились отечественные полимеры акриловой природы, позволяющие получить тонкие, прозрачные, мягкие и прочные пленочные покрытия на текстильных материалах. Это полимеры, выпускаемые отечественными фирмами ООО Сван, ОАО ДОС, ОАО Оргстекло, ОАО Оргхимпром (г. Дзержинск) [3].

Технология крашения с использованием связующих названных фирм осуществлялась аналогично принятой в производстве, описанной выше. Критерием оценки качества окрашенных тканей служили показатели: интенсивность окрасок, прочность к стиркам, трению, ровнота окрасок и гриф ткани.

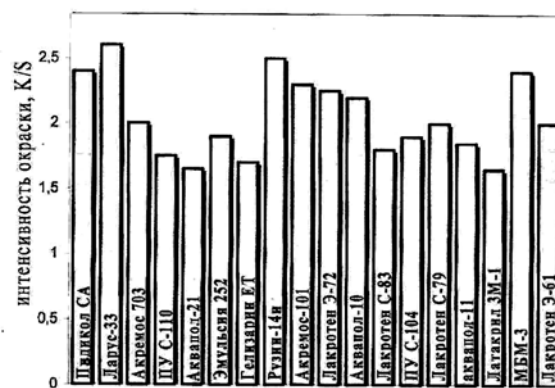


Рис. 1

На рис. 1 представлены данные по интенсивности окрасок, достигаемых с использованием пленкообразующих полимеров отечественных производителей в сравнении с препаратом фирмы СНТ – падиколом СА.

Результаты свидетельствуют, что при использовании препаратов ларус-33, рузин-14и, акремос-101, МБМ-3 колористические показатели окрасок не уступают полученным с импортным препаратом падиколом СА. При этом достигаются и мягкий гриф ткани, и хорошая устойчивость окрасок к трению и мокрым обработкам.

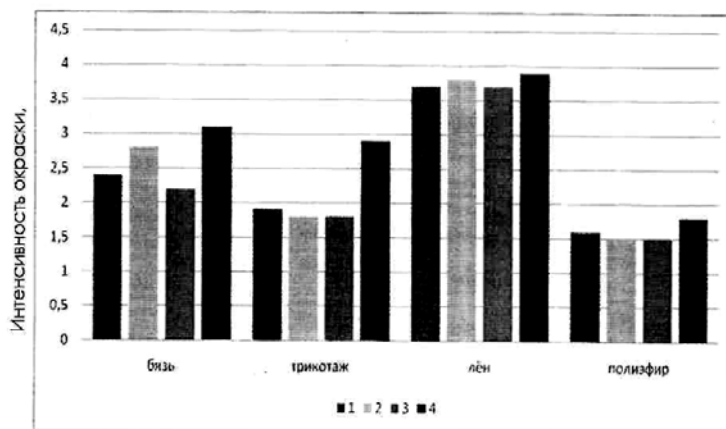


Рис. 2

На рис. 2 (1 – падикол С А; 2 – акремос-101; 3 – ларус-33; 4 – рузин-14и) представлены результаты крашения пигментом красным РВ тканей различного волокнистого состава и поверхностной плотности. Несмотря на то, что абсолютные значения показателей интенсивности окрасок для различных тканей значительно отличаются, явно видны преимущества использова-

ния рузина-14и. С его помощью достигается и самая высокая устойчивость окрасок к стирке при 40 и 60 °С и достаточно мягкий наполненный гриф. Очевидно, это связано с тем, что этот сополимер с низкой температурой пленкообразования (от -5 до 5 град) и имеющий в своем составе мономеры с различными функциональными групп-

пами способствует образованию более прочных самосшивающихся пленок [4].

С целью отработки оптимальных рецептур красильной ванны оценено изменение интенсивности окрасок при различных концентрациях рузина-14и. Концентрацию связующего в ванне варьировали от 0 до 100 г/л.

Качество крашения проверялось по комплексу показателей — интенсивности, прочности и ровноте окрасок, а также по грифу ткани.

Показано, что оптимальная концентрация рузина-14и, при которой достигается максимальная интенсивность окраски на бязи с использованием серии пигментов, составляет 30...40 г/л.

Выбраны оптимальные параметры крашения — температура и отжимы при пропитке. Степень прижима валов на плюсовке зависит от природы окрашиваемого материала, его поверхностной структуры и плотности. Отжим составляет при этом 80...90%.

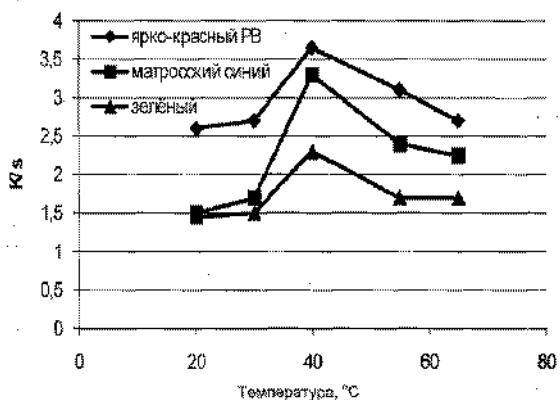


Рис. 3

Анализ кривых (рис.3), показывает, что максимальная интенсивность окраски на бязи при использовании имперонов: красного РВ, синего и зеленого достигается при температуре красильной ванны от 35 до 45°С.

С целью достижения лучшей ровноты окрасок без снижения их интенсивности и прочности, как правило, в состав красильной ванны вводят различные функциональные добавки: смягчители, выравниватели, антимигранты и другие ТВВ. Нами

использованы следующие добавки: эфир акриловой кислоты – МБМ-5С, полиуретановые полимеры – акваполы, ПАВ – метекс, предконденсат терморективной смолы – отексид-Д2.

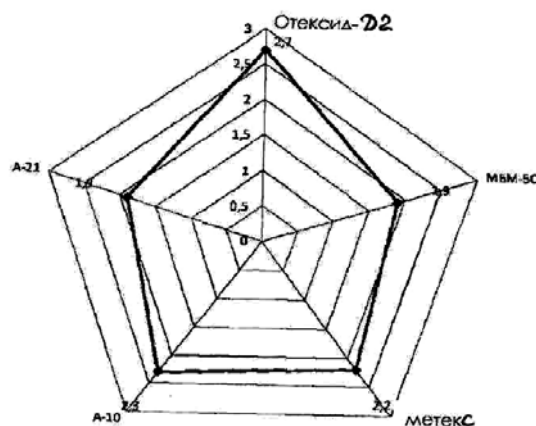


Рис. 4

Влияние вводимых в красильную ванну добавок показано на рис. 4 на примере имперона красного РВ. Из диаграммы видно, что максимальная интенсивность цвета (при высокой ровноте окрасок) достигается при добавке в красильную композицию отексид-Д2 в концентрации 25 г/л.

Полиуретановый полимер аквапол-10 (А-10), представляющий собой акрилополиуретановую водную дисперсию анионного типа [5], также эффективно усиливает цвет окраски, однако в этом случае наблюдалось некоторое снижение прочности окрасок к сухому трению, очевидно связанное с чрезвычайно высокой мягкостью и эластичностью полиуретанового полимера, деликатно разбавляющего более жесткую структуру, образованную акриловым полимером.

Перспективность использования отексид-Д2 в качестве добавок в красильную ванну заключается в появлении реальной возможности совмещения операций крашения с заключительной отделкой. Причем, если раньше эти технологии не могли быть реализованы в производстве в силу отсутствия соответствующего оборудования для сушки и фиксации полимерных композиций на основе акрилатов (проблема налипания полимеров на горячие су-

шилльные барабаны), то сегодня, при наличии на предприятиях нового импортного оборудования для заключительной отделки (с сушильно-ширильными секциями), это стало простым и эффективным решением проблем колорирования тканей различной природы, фактуры и волокнистого состава.

Технология пигментного крашения с использованием рузина-14и проходит стадию промышленного освоения на текстильных предприятиях Ивановского региона.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена технология крашения пигментами с использованием в качестве связующего отечественного акрилового полимера рузина-14и, не уступающего импортному препарату по всем техническим результатам колорирования. Отработаны технологические режимы крашения, выбраны оптимальные концентрации связующего.

2. Показано, что эффективной и перспективной добавкой в красильный пигментный состав является безформальдегидный предконденсат терморезактивной смолы отексид-Д2.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кричевский Г.Е., Корчагин М.В., Сенахов А.В.* Химическая технология текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. *Глубиш П.А.* Применение полимеров акриловой кислоты и ее производных в текстильной и легкой промышленности: Учебное пособие для вузов. – М.: Легкая индустрия, 1975.
3. *Француз З.С.* //Лакокрасочные материалы и их применение. – 2005, № 4. С.15...16.
4. *Алешина А.А., Козлова О.В., Рудыка В.И., Петренко Р.А.* Использование водных дисперсий сополимеров (мет)акриловых мономеров при отделке текстильных материалов // Сб. тез. III Международ. научн.-техн. конф: Полимеры, композиционные материалы и покрытия. – Ярославль. 2008. С.379...380.
5. *Потапочкина И.И.* Полиуретановые дисперсии предприятия «Макромер» // Полиуретановые технологии. – 2007, №1(8).

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила .15.04.10

УДК 677.026.4

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРОЦЕССА ФЛОКИРОВАНИЯ  
НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ**

*О.М. ИВАНОВ, Е.С. ПАВЛОВА*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)  
E-mail: Olivan-54@yandex.ru, pavlokatya@yandex.ru

*Работа посвящена технологии электрофлокирования – ориентированному нанесению коротких заряженных волокон (ворса) в электрическом поле высокого напряжения на основу, предварительно покрытую клеем.*

*The paper is devoted to the electroflocculation technology – to the oriented coating of the short charged fibers (poil) in high voltage electric field on the warp preliminary coated with fining agent.*

**Ключевые слова:** процесс электрофлокирования, влияние технологических параметров, сокращение времени флокирования, увеличение скорости подачи ворса, влияние максимальной плотности ворсового покрова.

Процесс электрофлокирования заключается в ориентированном осаждении заряженного ворса (флока) в электрическом поле высокого напряжения на основу, предварительно покрытую клеем [1...3]. Посредством этой технологии получают широкий спектр материалов: от искусственной замши и бархата до ковровых покрытий и флокированных нитей. Используемый ворс – это короткие (0,5...3,0 мм), как правило, синтетические волокна различной линейной плотности. Короткий ворс обычно изготавливают из тонкого волокна (0,09...0,33 текс), а длинный – из более толстого (0,67...2,2 текс). Чтобы ворс в электрическом поле мог приобретать заряд, достаточный для прочного закрепления в клеевом слое при движении

между электродами, его подвергают специальной химической обработке.

Динамика изменения плотности ворсового покрова от времени нанесения описывается известным соотношением [1]:

$$n = n_{\max} \frac{1 - 1 - \frac{(\gamma+1)P_0 t}{n_{\max}}}{1 + \gamma 1 - \frac{(\gamma+1)P_0 t}{n_{\max}}}, \quad (1)$$

где  $P_0$  – скорость поступления ворса к флокируемой поверхности в начальный момент, г/(м<sup>2</sup>·с);  $n_{\max}$  – предельная плотность ворсового покрова, г/м<sup>2</sup>;  $\gamma$  – коэффициент, определяющий диапазон изменения

скорости подачи ворса с ростом плотности ворсового покрова на материале:

$$P = P_0 \left( 1 + \gamma \frac{n}{n_{\max}} \right).$$

Из этого соотношения можно получить важнейший критерий оптимизации технологического процесса – производительность. В данном случае речь идет о времени  $t_0$  достижения заданной плотности  $n_0$  ворсового покрова, которая устанавливается на основе ГОСТа или технологического регламента предприятия на данный материал:

$$t_0 = - \frac{n_{\max}}{(1+\gamma)P_0} \ln \frac{1 - \frac{n_0}{n_{\max}}}{1 + \gamma \frac{n_0}{n_{\max}}}. \quad (2)$$

Входящие в это соотношение параметры ( $P_0$ ,  $n_{\max}$ ,  $\gamma$ ) зависят как от режима флокирования, так и от характеристик используемого ворса. Обычно, если имеется партия ворса, то его характеристики изменить уже нельзя. Можно лишь выбрать режим флокирования и определить минимальное время нанесения ворса.

Рассмотрим вопрос несколько шире: какие технологические параметры наиболее значительно влияют на производительность процесса и, следовательно, на что следует обращать внимание при приобретении или производстве ворса. В данном случае мы не ставим задачи определения путей изменения указанных параметров, а лишь хотим оценить перспективные направления увеличения производительности процесса.

Первым этапом решения этой задачи должна стать оценка сравнительной степени влияния каждого из технологических параметров. При этом необходимо учесть то, что степень влияния может быть различной при разных значениях требуемой плотности ворсового покрова  $n_0$ .

Проведем сначала аналитическую оценку влияния упомянутых параметров. Нам важно определить прежде всего их

относительную степень влияния. Для этого запишем полный дифференциал интервала времени  $t_0$ :

$$dt_0 = \frac{\partial t_0}{\partial P_0} dP_0 + \frac{\partial t_0}{\partial n_{\max}} dn_{\max} + \frac{\partial t_0}{\partial \gamma} d\gamma. \quad (3)$$

Обозначив для удобства  $\delta = n_0/n_{\max}$ , можно выразить частные производные, входящие в это выражение:

$$\frac{\partial t_0}{\partial P_0} = \frac{n_{\max}}{(1+\gamma)P_0^2} \ln \frac{1-\delta}{1+\gamma\delta}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial t_0}{\partial n_{\max}} = - \frac{1}{(1+\gamma)P_0} \ln \frac{1-\delta}{1+\gamma\delta} - \frac{\delta}{P_0(1-\delta)(1+\gamma\delta)}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial t_0}{\partial \gamma} = \frac{n_{\max}}{(1+\gamma)^2 P_0} \left[ \ln \frac{1-\delta}{1+\gamma\delta} - \frac{(1+\gamma)\delta}{1+\gamma\delta} \right]. \quad (6)$$

Полученные соотношения показывают скорость изменения времени  $t_0$  при варьировании соответствующего параметра. Непосредственно сравнивать между собой эти производные нельзя, поскольку они имеют разную размерность. Чтобы вклад всех слагаемых соотношения (3) был соизмерим и они были безразмерны, выберем в качестве приближения для дифференциалов – одинаковую долю каждого из параметров ( $0,001P_0$ ,  $0,001n_{\max}$ ,  $0,001\gamma$ ), отнесенного к величине  $t_0$ . После этого можно построить зависимости от требуемой плотности ворсового покрова  $n_0$ , наглядно демонстрирующие влияния каждого из технологических параметров.

В качестве исходных данных примем условные, но вполне реальные значения факторов:  $P_0 = 20 \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $n_{\max} = 120 \text{ г/м}^2$ ;  $\gamma = 0,5$ . Диапазон изменения плотности  $n_0$  примем от 60 до  $100 \text{ г/м}^2$ . Полученные зависимости представлены на рис. 1 аналитическая оценка влияния параметров процесса: 1 – влияние скорости поступления ворса к флокируемой поверхности  $P_0$ ; 2 – влияние предельной плотности ворсового покрова  $n_{\max}$ ; 3 – влияние коэффициента, определяющего изменение скорости подачи ворса ( $\gamma$ ).



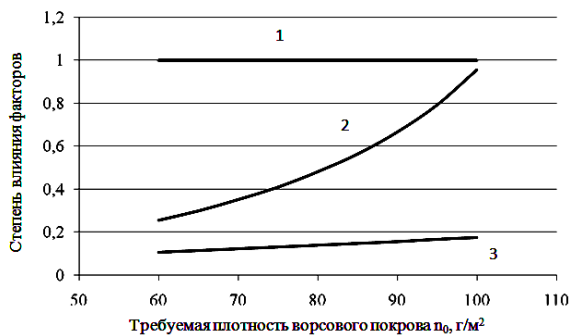


Рис. 1

Из графика ясно, что наибольшее и при этом постоянное влияние на производительность оказывает скорость подачи ворса. Вторым по значимости фактором является предельная плотность ворсового покрова, то есть ориентация ворса. Влияние этого фактора возрастает по мере увеличения необходимой плотности ворсового покрова на материале. Воздействие последнего фактора, хотя и растет, но остается слабее предыдущих.

Однако здесь речь идет о минимальном изменении величины факторов. В реальности диапазон изменения параметров может быть существенным. Поэтому их влияние, полученное на основе использования полного дифференциала, может быть скорректировано.

Такую оценку влияния параметров можно получить численно. На основе соотношения (2) рассчитаем в процентах, насколько сократится время достижения заданной плотности ворсового покрова  $p_0$ , если каждый из технологических параметров увеличить на 10 %, сохраняя остальные постоянными. Аналогично предыдущему графику расчет был проведен для различных значений плотности ворсового покрова  $p_0$ .

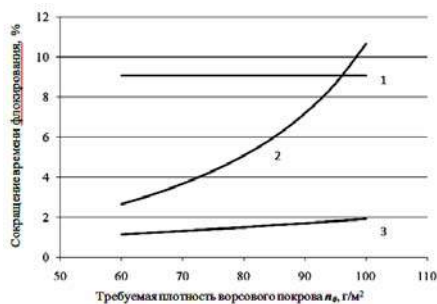


Рис. 2

Сравнивая графики на рис. 1 и 2 (численная оценка влияния параметров процесса на сокращение времени флокирования; обозначения кривых соответствуют принятым на рис. 1) видим, что характер влияния всех параметров для обоих вариантов расчета сохранился прежним. Незначительно отличается только количественное отношение между ними.

Рассмотрим данный вопрос с другой стороны. Оценим, каким должно быть изменение каждого из параметров для того, чтобы время флокирования сократилось на заданную величину. Для этого необходимо представить эти изменения, а также изменение времени в виде безразмерных величин. Относительное изменение времени  $\Delta t/t$  выбрано постоянным и равным 0,1. То есть вычисляли, в какой степени необходимо изменить величину каждого из параметров ( $\Delta P_0/P_0$ ,  $\Delta n_{\max}/n_{\max}$  и  $\Delta \gamma/\gamma$ ), чтобы время  $t_0$  сократилось на 10%. Это также было проделано для различных значений  $p_0$ . Исходные данные для расчетов приняты теми же, что и ранее. Результаты представлены на графике (рис. 3 – необходимое изменение факторов для сокращения времени флокирования на 10 %; обозначения кривых соответствуют принятым на рис. 1 и 2).

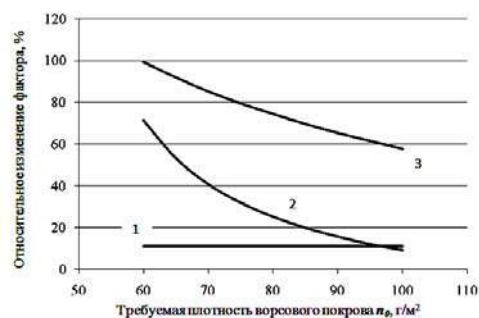


Рис. 3

Из рис. 3 видно, что, например, для сокращения времени флокирования или увеличения производительности на 10% при  $p_0 = 72 \text{ г/м}^2$  ( $\delta = 0,6$ ) необходимо либо увеличить скорость подачи ворса на 11%, либо максимальную плотность на 40%. Если же требования к качеству материала выше, например,  $p_0 = 96 \text{ г/м}^2$  ( $\delta = 0,8$ ), то  $n_{\max}$  нужно увеличить только на 11%.

Таким образом, при выборе ворса для флокирования следует обращать внимание на характеристики выпускаемого материала: если требования к плотности ворсового покрова  $n_0$  невелики, то важнее скорость подачи ворса (при рабочих значениях напряженности), а если нужен материал с высокой плотностью ворсового покрова, то важнее становится ориентация ворса, то есть максимальная плотность ворсового покрова.

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение скорости подачи ворса обеспечивает сокращение времени флокирования на постоянную величину во всем диапазоне значений требуемой плотности ворсового покрова  $n_0$ .

2. Влияние максимальной плотности ворсового покрова  $n_{\max}$  возрастает с ростом заданной плотности  $n_0$ , то есть становится существенным для материала высокого качества.

3. Третья характеристика  $\gamma$ , определяющая диапазон изменения скорости подачи ворса, оказывает наименьшее, хотя и возрастающее, влияние на производительность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов О. М.* Теоретические аспекты технологии электрофлокирования: Монография. – СПб.: СПГУТД, 2004.

2. *Иванов О. М.* Модель поведения потока волокон в электростатическом поле при производстве флокированного материала // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2007, № 13. С. 30...35.

3. *Бершев Е. Н.* Электрофлокирование (нанесение ворса в электрических полях): Монография. – М.: Легкая индустрия, 1977.

Рекомендована кафедрой технологии прядения и нетканых материалов. Поступила 27.05.10.

УДК 677.025

**ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН  
РЕГУЛЯРНЫХ СТРУКТУР  
КАК МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЪЕКТА**

*И.Г. ЦИТОВИЧ, Н.В. ГАЛУШКИНА*

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

E-mail: profutex24@mail333.com

*Основываясь на методологии структурно-параметрического синтеза разработана информационная модель (ИМ) трикотажного полотна как материального объекта и "клеточной" структуры. В качестве определяющих признаков трикотажа введены понятия переплетения, структурной единицы, структурной ячейки полотна и массы единицы длины нити.*

*Being based on the methodology of structurally-parametrical synthesis, the information model (IT) of a knitted fabric as a material object of "cellular" structure is developed herein. As defining characters of jersey the concepts of weaving, a structural unit, a structural cell of a canvas and a unit mass of a thread length are entered in the article.*

**Ключевые слова:** трикотажное полотно, структурная ячейка трикотажного полотна, идентификация, информационная модель, "клеточная структура".

Внедрение информационных технологий (ИТ) предусматривает широкое использование в практике трикотажного производства инструментов информационной поддержки на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) продукции (в частности, известных инструментов автоматизированного проектирования и управления – CALS-технологий: CAD, CAM, CAE и др.) как основу для оперативного обновления трикотажной продукции, повышения качества и эффективности производства.

Основными этапами ЖЦ продукции, определяющими ее качество с точки зре-

ния соответствия продукции заданным требованиям,<sup>1</sup> являются этапы проектирования и производства продукции, включая "техническое проектирование" свойств трикотажного полотна.

Как это не парадоксально, в производстве отсутствуют какие-либо расчетные модели и процедуры на этапах проектирования параметров продукции и изготовле-

<sup>1</sup> Имея в виду, что исходные и концептуальные требования к изготавливаемой продукции определяются в результате различных видов маркетинга и инновационной деятельности.

ния изделий в соответствии с заданными требованиями<sup>2</sup> (что делает процессы не управляемыми, а менеджмент безответственным). При технологической подготовке производства доминирует затратный метод "проб и ошибок", субъективные суждения и принятие решений без какой-либо количественной оценки результатов. Это относится к управлению проектированием и оборудованием трикотажного производства. Нормирование осуществляется по факту изготовления продукции. Проектирование при этом не выходит за рамки художественно-колористического оформления полотен (рисунков, узоров) и выбора конструктивных решений по результатам анализа рынка и спроса на продукцию.

Процесс проектирования с точки зрения теории объектного и процессного подходов, как известно, реализуется в виде методологии структурного и параметрического синтеза (стандарты IDEF0, SADT и др.), информационных (ИМ) и математических моделей (ММ).

Основой для структурного и параметрического синтеза (в виде расчетных инженерных процедур, относящихся к продукции и процессам) является информационная модель (ИМ) объекта на основе его формализованного описания. Именно, прежде чем проектировать – мы должны знать "что это" (объект, процесс)<sup>3</sup>.

Построение ИМ объекта – суть отображение его структуры в виде символов и логических форм искусственного языка, некоторого алфавита (букв, цифр, символов). Иногда говорят о кодировании ниточных структур (Дзюба В.И.), кодировании узоров раппорта рисунка трикотажных полотен (Мотанов В.Г., Кудрявин Л.А.). С другой стороны, основываясь на восприятии объекта, его представлении, в основе формализации лежит некоторый образ объекта, совокупность форм и их признаков, прежде всего связанных с геометриче-

ским представлением объекта, его визуализацией различного уровня 2-D, 3-D (инструмент CAD-технологий)<sup>4</sup>. При описании объекта формализация заменяет естественный язык некоторыми символами, знаками, "сущностями". Она является основой для алгоритмизации и программирования, создания баз данных, баз знаний и экспертных систем, лежит в основе понимания, восприятия и переработки информации. Что принципиально важно: ошибки при построении ИМ переносятся в расчетные процедуры (ММ), при этом стоимость ошибок прогрессивно возрастает на всех этапах ЖЦ продукции.

Признаки и параметры формализации позволяют различать объекты, относить их к определенным категориям, более точно идентифицировать, классифицировать при количественной оценке – сравнивать и определять статистику данных, диагностировать состояние.

Постановку задачи формализованного описания основных объектов трикотажного производства с возможностью использования инструментов ИТ-технологий можно найти в работах [1...4] и других. Обобщенный подход к формализованному описанию и синтезу трикотажных переплетений на матрице бинарных отношений рассмотрен нами в работах [5], [6].

Фундаментальная задача создания ИМ, относящейся к отображению (визуализации) ниточных структур переплетений из геометрических примитивов (отображение базовых элементов и структур переплетений) выполнена в [7].

Попытка сформировать обобщенное множество ниточных структур и базовых элементов переплетений и формализовать их описание осуществлена в работе [8].

Разработанные программные продукты для описания трикотажных структур и рисунков (узоров) полотен в большинстве случаев описываются функциями рабочих органов существующих трикотажных ма-

<sup>2</sup> Во многих случаях эти требования вообще не имеют отношения к качеству трикотажного полотна.

<sup>3</sup> В этом отношении интересно определение: знание «что» и знание «как» (Г. Райл), имея в виду «что это» и «как это сделать».

<sup>4</sup> Последние решения относятся к событийной визуализации (*simulating*) с применением кубических сплайн-сегментов для описания переплетений и трикотажных полотен (*knitted fabric*) (J.M. Kaldor, D.L. James, S. Marschner, 2008).

шин. Во многих моделях для описания и проектирования используются параметры, которые не подлежат управлению и контролю (диаметры нитей, остовы петель, коэффициент незаполнения, модули петель и др.).

Авторы работ [9...11] рассматривали модель описания структур жаккардовых переплетений как совокупности петель и их элементов (остовов) и протяжек различного типа.

В общем виде считают, что ИМ построена, если она определена в структуре (множестве) базовых имен (сущностей), их отношений, в пределах обобщенных координат пространства. Таким образом, моделью дискретной системы, к которой можно отнести структуры объектов трикотажного производства, можно считать некоторое множество  $M$  с заданным набором отношений  $R$ , то есть конструкция вида  $\psi = \langle M, R \rangle$ .

Основной признак трикотажного полотна, от которого зависят его свойства, – переплетение. Необходимо отметить, что переплетение – это формализованный образ, геометрическая интерпретация формы, то есть нематериальная конструкция (платоновский объект), а трикотажное полотно (трикотаж) – материальный объект, имеющий массу и, как следствие, соответствующие физико-механические свойства и их последствия (относящиеся к уровню качества, материалоемкости, затратам и экономике). Переплетение – это лишь один из признаков идентификации трикотажного полотна.

Например, для множества переплетений  $M_S$  регулярных структур нами предложена следующая формализованная модель [5]:

$$M_S = \langle E, T_{hi}, R_e^{(s)}, R_c, R_w \rangle,$$

где  $E$  – множество базовых структурных элементов ( $E = \{e_i\}$ );  $T_{hi}$  – множество нитей;  $R_e^{(s)}$  – множество отношений элементов размерности (арности)  $s$ ;  $R_c$  и  $R_w$  – координаты положения структурных единиц

( $R_c \in R_H, R_w \in R_B$ , здесь  $R_H, R_B$  – рапорт переплетения).

Если рассматривать более сложные переплетения – в отличие от регулярных структур, трансформируемых за счет различных технологических операций, то можно ввести класс трансформируемых структур на матрице бинарных отношений  $M_{ST} = \langle M_S, M_F \rangle$ , где  $M_F$  – множество функций трансформации элементов структуры (сдвиг, перенос, сброс и др.)<sup>5</sup>.

Указанные модели позволяют идентифицировать любое переплетение и классифицировать их по определенным признакам.

Рассмотрение трикотажного полотна как материального объекта в отличие от переплетений и узоров требует введения дополнительных признаков его идентификации при описании и анализе.

Для текстильных материалов (тканей, трикотажа) геометрическим образом является их клеточная структура, которая позволяет составлять патроны рисунков (узоров), отличающихся по цвету или виду различных нитей и переплетений, образующих полотно. Как показано в [12], для любой повторяющейся совокупности клеток (различных геометрических форм раппортов) возможно в единой числовой унифицированной форме (в виде поля вязания) кодировать процесс узоробразования и преобразовывать код в программу работы узоробразующих механизмов. На этой основе автором была построена общая теория периодических узоров при вязании многоцветных (главным образом жаккардовых) структур трикотажных полотен, позволяющая значительно расширить геометрические формы раппортов и возможности художественно-колористического оформления трикотажной продукции.

Объект нашего рассмотрения – трикотажное полотно (Fabric, F) (трикотаж) – материальный объект.

<sup>5</sup> Галушкина Н.В. Синтез структур и оценка параметров эффективности изготовления трикотажных изделий. Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2005.

Простейшая модель трикотажного полотна – клеточная: с равномерной сетью клеток, образующих клеточное поле трикотажа. Совокупность клеток, расположенных по горизонтали, – суть петельные ряды, а по вертикали – петельные столбики. Аналогом процесса формирования такой геометрической конструкции является клеточно-автоматная модель: неделимым элементом поля которой является клетка – структурная единица – из которых строятся кластеры (совокупности) клеток и более сложные конфигурации клеточных структур (ячеек) [ 13 ].

Координаты клеточного поля как двумерного массива трикотажа могут быть отнесены к координатным осям  $R_c$  и  $R_w$  положения петельных рядов (course) и петельных столбиков (wale), каждой точке пересечения которых  $x_i$  и  $x_j$  можно поставить в соответствие номер иглы ( $N_N$ ), на

которой образуется ниточная структура клетки (из базовых структурных элементов), и номер петельного ряда ( $N_R$ ) трикотажного полотна. В общем виде трикотажное полотно – это регулярная структура различного уровня в пределах всего полотна или его заданной области (участка): от простейшей "клетки" ("единицы"), состоящей из одного элемента, в частности, петли, до сложной ее конструкции, состоящей из нескольких элементов (компонент) ( $n_u$ ). Это может быть совокупность двух элементов петель (платированное переплетение), петли и наброска (прессовое переплетение), петли и протяжки (жаккардовое переплетение); трех и более элементов: петля, протяжка, плюшевая петля и т.п. и любые другие пересечения элементов кулирных и основовязанных, в том числе и их сочетания (рис. 1-а, б).

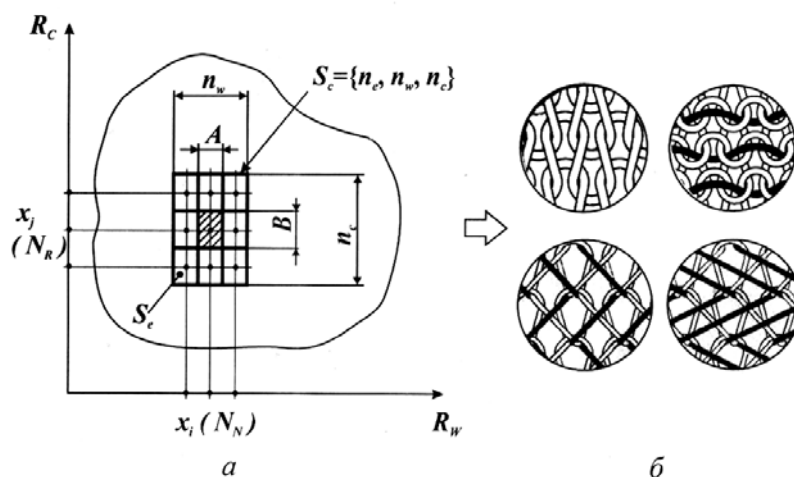


Рис. 1

Что существенно, что процесс вязания таких клеток в дискретном поле состояний на каждом шаге зависит от состояния ее предыдущих "соседей" (правил наследования) и некоторой рабочей функции (реализации входного сигнала), что может быть использовано при создании имитационной модели процесса вязания<sup>6</sup>.

Из совокупности различных по строению клеток можно сформировать более сложную совокупность (комплекс) –

структурную ячейку  $S_c$  с размерностью  $n_w$  и  $n_c$  в координатах клеточного поля и количеством структурных единиц  $n_e$ . В качестве метрики ячейки  $S_c$  можно также ввести количество образующих ее клеток (структурных единиц  $S_e$ ).

Развитие и исследование свойств трикотажных полотен показывает, что именно от метрических характеристик структурной ячейки (единицы) и характеристик распределения массы по ее площади зависят все основные физико-механические свойства материала. Как следствие, созда-

<sup>6</sup> Цитович И.Г., Колесов Б.В., Инихов Д.Б. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1991, №4. С.84...88.

ются машины и технологии, где для получения структурной ячейки все более широкого диапазона размеров и сложности используются различные способы: изменение классов машин, применение различных видов сырья, возможности образования все новых структурных элементов и их трансформации.

Таким образом, нами в качестве основной характеристики трикотажного полотна (Fabric, F) рассматривается его повторяющаяся структурная ячейка  $S_c$  (cell). Регулярность структур позволяет вместо полотна или изделия в целом изучать свойства его структурных единиц или структурных ячеек (!)<sup>7</sup>.

С учетом клеточной структуры трикотажа в качестве метрических структурных параметров полотна (трикотажа), образованного переплетением  $m_s$  ( $m_s \in M_s$ ) из элементов  $e_i \in E$ , при образовании которых использованы нити  $th_i \in Th$  (в простейшем случае из одной нити  $th$ ) можно ввести следующие в том числе известные метрики:

– Параметры структурной единицы  $S_e$ : петельный шаг  $A$ , мм; высота петельного ряда  $B$ , мм; размерность структурной единицы по количеству образующих ее элементов  $n_u$ .

– Размерности структурной ячейки  $S_c$  (cell) трикотажного полотна:  $n_e$  – количество элементов  $n_e \in E = \{e_i\}$ <sup>8</sup>;  $n_w$  и  $n_c$  – размеры в координатах  $R_c$  и  $R_w$  клеточного поля полотна.

– Длину  $l_i$  базовых структурных элементов  $e_i$ , мм, образующих структурную ячейку полотна.

– Массу единицы длины для каждой из нитей  $m_{0i} = T_i \cdot 10^{-6}$ , г/мм, где  $T_i$  – линей-

ная плотность нити, образующей элемент  $e_i$  переплетения<sup>9</sup>.

Абсолютные размеры  $S_w$ ,  $S_n$  ячейки  $S_e$  являются зависимыми от параметров ячейки ( $n_w$  и  $n_c$ ) и метрик структурной единицы ( $A$  и  $B$ ).

Таким образом, трикотажное полотно  $F$  (Fabric) как реальный объект может быть представлено в виде формализованной конструкции:

$$F = \langle m_s, S_c, A, B, l_i, m_{0i} \rangle,$$

основными признаками которой является переплетение  $m_s \in M_s$ , структурная ячейка  $S_c$  (в частном случае  $S_c = S_e$ ), параметры  $A$  и  $B$  трикотажа,  $l_i$  – длина нити в базовых элементах  $e_i$  и масса единицы длины  $m_0$  образующих переплетение нитей  $th$ .

При этом структурная ячейка  $S_c$  (или для простых переплетений структурная единица  $S_e$ ) при формализованном описании будет определена как совокупность базовых элементов определенного вида  $e_i \in E$  из нитей  $th_i \in Th$  на множестве чисел (координат)  $n_e$ ,  $n_w$  и  $n_c$ , то есть:

$$S_c = \langle e_i \in E, th_i \in Th, n_e, n_w, n_c \rangle.$$

При  $n_e = n_w = 1$  получим  $S_c = S_e$ .

Совокупность указанных переменных в информационной модели (ИМ) для  $F$  и  $S_c$  позволяет определить массу структурной ячейки и ее удельную плотность.

Если известна  $l_i$  – длина каждого из элементов структурной ячейки  $S_c$ , то можно найти ее массу:

<sup>7</sup> В механике сплошных сред такой моделью являются элементарные кристаллические ячейки.

<sup>8</sup> В теории строения трикотажа определена закономерность, имеющая практическое приложение – количество петель в единице площади полотна обратно пропорционально квадрату длины нити в петле:  $n = \frac{k_s}{l^2}$ , где  $k_s$  – определенная константа.

<sup>9</sup> Важнейшим признаком полотна является цвет нитей, который необходимо включить в модель переплетения при формировании цветовых свойств и эффектов, имея в виду также количественную оценку этого признака.

$$m_c = \sum_{i=1}^{n_e} m_i l_i = 10^{-6} \sum_{i=1}^{n_e} l_i T_i, \text{ г} \quad (1)$$

и поверхностную плотность ячейки трикотажного материала  $\rho_c$ :

$$\rho_c = \frac{m_c}{n_w A \cdot n_c B} = 10^{-6} \frac{\sum_{i=1}^{n_e} l_i T_i}{n_w A \cdot n_c B}, \text{ г/мм}^2. \quad (2)$$

Очевидно, что при  $T = \text{const}$ :

$$m_c = 10^{-6} n_e l T, \\ \rho = 10^{-6} \frac{n_e l T}{n_w n_c A B} = \frac{L T}{n_w n_c A B},$$

где  $l$  – средняя "длина нити" в элементах структуры;  $L$  – суммарная длина нити в структурной ячейке.

Заметим, что из (1) следует макрохарактеристика для поверхностной плотности полотна:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} l_i T_i}{n_w n_c \cdot A B}, \text{ г/м}^2. \quad (3)$$

Зная количество элементов  $n_e$  в структурной единице полотна  $S_e$  или ячейке  $S_c$ , длину элементов  $l_{ei} | i = 1, 2, K, n_e$ , всегда можно найти среднюю  $l$  длину (или уработку) нити (для кулирной глади, ластика – это ДНП  $l$ ):

$$l = \frac{\sum l_i}{n_e}, \quad (4)$$

<sup>10</sup> В зарубежной практике применяют оценку  $\rho_c$  в единицах измерения  $\text{мг/см}^2$ . Указанный показатель является важной характеристикой трикотажного материала (влияя на пористость, фильтрующую способность, биологические свойства, процессы тепловлагопереноса и многие другие физико-механические свойства).

которая отличается от ДНП базового переплетения  $l_1$ .

При формализованном описании трикотажного полотна предполагалось, что известно его переплетение  $m_s \in M_S$  и параметры  $A$  и  $B$  полотна, относящиеся к условно-равновесному или фиксированному состоянию.

Способность трикотажного полотна к значительной доли деформации в поперечном и продольном направлениях, в том числе к "фиксации" структуры при отделочных операциях (влажно-тепловой обработке), позволяет в качестве характеристик полотна ввести величину его деформации  $\varepsilon_A$  и  $\varepsilon_B$  по осям координат, которые изменяют его состояние.

Исходя из закона сохранения массы можно сформулировать следующую теорему: по деформации любой регулярной структуры по осям координат на заданную величину (например, при отделке, в том числе усадке полотна ( $\varepsilon_A$  и  $\varepsilon_B = \text{const}$ )), всегда можно определить фактическую плотность (заполнение)  $\rho_s^\phi$  структурной единицы  $S_e$  полотна по ее исходному значению  $\rho_s^0$  (в том числе в равновесном состоянии).

В наиболее типичном случае, когда не изменяется прямоугольная конфигурация структурной ячейки<sup>11</sup>, можно получить:

$$\rho_s^\phi = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} l_i T_i}{n_c n_w \cdot A B (1 + \varepsilon_A)(1 + \varepsilon_B)}, \quad (5)$$

<sup>11</sup> Некоторые из структурных единиц могут быть пустыми, что приводит не к объединению клеток, а их расслоению (образованию ажурных (*net*) отверстий или «ячей»). Таким образом, для полотен, структурные единицы которых лишены поперечных или продольных связей, при деформации образуется не клеточная, а сетчатая (*net fabric*) с увеличенными размерами отверстий («ячей») различной формы. Соответственно изменяется геометрия и площадь структурной ячейки полотна, однако метрика  $n_e$ ,  $n_w$  и  $n_c$  и масса структурной ячейки  $m_{S_e}$  остаются без изменения.



или  $\rho_s^\Phi = \rho_s^0 \frac{1}{(1 + \varepsilon_A)(1 + \varepsilon_B)}$ , что свидетель-

ствует о том, что факторы отделки (деформации) полотна существенно изменяют его удельное заполнение и физико-механические свойства<sup>12</sup>.

В заключение отметим, что все параметры, входящие в уравнения (2), (3) и (5) имеют определенную числовую оценку для конкретного объекта, полученную в результате описания и анализа готового полотна. Для полотен одного класса переплетений, их сравнения и идентификации можно получить различные оценки, в том числе статистические, создавать базы данных.

Вместе с тем, полученные ИМ и уравнения не могут быть использованы для каких-либо проектных процедур: они позволяют более точно описывать объект, идентифицировать продукцию, например медицинского или технического назначения, которую закупают по импорту (где в качестве признаков качества часто используются несущественные признаки продукции) или их макрохарактеристики, не имеющие отношения к качеству трикотажного полотна.

## ВЫВОДЫ

1. Уточнена информационная модель (ИМ) трикотажного полотна как материального объекта и "клеточной" структуры. Сформировано множество признаков (параметров), которые идентифицируют состояние готового полотна. В качестве определяющих признаков трикотажа введены понятия переплетения, структурной единицы, структурной ячейки полотна и массы единицы длины нити.

2. Приведены формулы для расчета массы и удельной (поверхностной) плотности ячейки полотна, как ее материальной характеристики.

3. Показано, что если известны характеристики ячейки трикотажного полотна в заданном состоянии, то по величине де-

формации полотна в продольном и поперечном направлениях можно определить его фактические характеристики материалоемкости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А. Автоматизированное проектирование основных параметров трикотажа (с использованием ЭВМ): Учебное пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1992.
2. Шалов И.И., Кудрявин Л.А. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. Колесникова Е.Н. Основы автоматизированных методов проектирования технологии петлеобразования. – М.: ТОО "Оргсервис ЛТД", 2000.
4. Бронз Г.А. Разработка основ оптимального проектирования трикотажа: Монография. – Димитровград: ДИТУД УлГТУ, 2003.
5. Цитович И.Г., Андреев А.Ф., Галушкина Н.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С.74...80.
6. Цитович И.Г., Галушкина Н.В., Краснова С.М., Ануров М.В., Туткова С.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №3. С. 72...76.
7. Дзюба В.И. Формализации регулярных неточных структур в САПР текстильных изделий: Монография. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002.
8. Кобляков А.И. Структура и механические свойства трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1973.
9. Brackenbury T. // J. Textile Inst. and Ind. – 1972. V.10, №5. P.142...145.
10. Kidacki H. and Dyson E. // Hosiery Trade J. – 1972. V.79, №947. P.112...116.
11. Fahmy A.H., Newton A. // J. Textile Inst. – 1976, №2. P.50...54.
12. Мотанов В.Г. Теория строения и расчета возможных геометрических раппортов периодических узоров на трикотаже: Учебное пособие. – М.: МТИ, 1988.
13. Тоффоли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов. – М.: Мир, 1991.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 12.06.10.

<sup>12</sup> При необходимости можно учесть деформацию нити  $\varepsilon_1$ , тогда фактическая линейная плотность нити может иметь оценку  $T_\Phi = T(1 + \varepsilon_1)$ .

УДК 677.027.511

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО  
СЮЖЕТНОГО ПЕЧАТНОГО ТЕКСТИЛЯ ВО ФРАНЦИИ В XIX ВЕКЕ**

Д.Г. ТКАЧ

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

E-mail: office@msta.ac.ru

*Рассмотрено проектирование и производство сюжетного печатного текстиля в крупных центрах набивной промышленности Франции в XIX веке.*

*Показано, что в каждом из этих центров проектирование сюжетных мотивов имело свою специфику, обусловленную специализацией предприятий на различном ассортименте и соответственно различием применяемых технологий.*

*Designing and production of figure subject printing textile at the large French centres of the printed industry in the XIX-th century is considered herein. It is shown that in each of these centres designing of subject motives had its own specificity caused by the enterprises' specialisation on various assortment and accordingly by the distinction of applied technologies.*

**Ключевые слова:** сюжетный печатный текстиль, Франция, XIX век, набивные мануфактуры, проектирование и производство тканей.

На протяжении XIX в. французские орнаментальные модели в целом доминировали в европейском печатном текстиле, в том числе и в области сюжетного печатного декорирования. Это первенство в значительной степени определялось ведущей ролью французского декоративно-прикладного и графического искусства, а также французской моды в Европе XIX столетия.

Высокий художественный уровень сюжетного печатного текстиля, производившегося на французских предприятиях в XIX в., обеспечивался привлечением к

проектной работе выдающихся художников-декораторов и станковистов, благодаря которым текстильный декор органично вводился в контекст актуальных направлений "высокого" искусства и архитектуры, обновлялся стилистически и актуализировался содержательно.

Особенно плодотворно этот процесс проходил в 1800-1818 гг. на крупнейшем французском набивном предприятии первой четверти XIX в. – располагавшейся вблизи Версаля мануфактуре Жуи. На ней благодаря усилиям приглашенных художников (Ж.Б.Гюзэ, Л.-И. Леба, Г.Верне) [1],

использовавших в проектом процессе методы художественного проектирования, свойственные станковому искусству, был создан и получил всеобщее признание новый вид сюжетного набивного декора, способный адекватно воплощать существующие в обществе эстетические и социальные устремления, а также нести актуальную визуальную информацию. Следует особо отметить широко применявшийся художниками (новаторский для рисунка набойки) принцип художественно-образного решения сюжетного мотива, включающий передачу нюансов психологического состояния, временное развитие (драматургию) сюжета, а также многоплановую и визуализацию представленного события.

Иконография сюжетных набоек мануфактуры Жуи отражала социально-историческое развитие французского общества и эволюцию массового вкуса первой четверти XIX в. Будучи изначально предназначенными для украшения интерьера и создания комфортной среды обитания, ткани Жуи воплощали исключительно положительные образы и понятия. Все многообразие сюжетных композиций Жуи представляется возможным классифицировать по следующим основным тематическим рубрикам: жанровые сцены, мифологические сюжеты, исторические и мемориальные сюжеты, литературные, драматургические и музыкальные сюжеты, экзотические мотивы, архитектурные мотивы. При этом наибольшее число сюжетных набоек относится к первым двум рубрикам.

В первой трети XIX в. значительное количество сюжетного текстиля было произведено на набивных мануфактурах французского города Нант и, в частности, на наиболее крупной из них – мануфактуре Фавр Петипьер [2]. Менее известные, чем ткани Жуи, и часто в наше время обозначаемые тем же термином, сюжетные ткани нантских мануфактур весьма разнообразны по тематике, а общее количество их мотивов (более 150) примерно в два раза превосходит соответствующий показатель Жуи. Дессинаторы нантских мануфактур

воплотили в набойке многочисленные новые темы, например – морскую. Активное использование ими сюжетов популярных литературных и музыкально-драматических произведений при проектировании рисунка набойки было призвано содействовать ее коммерческому успеху. В целом в сравнении с аристократично-изысканной сюжетной набойкой мануфактуры Жуи нантская сюжетная набойка была больше ориентирована на массовый буржуазный вкус, ей зачастую были присущи безыскусная наивность и сентиментализм в подаче сюжета.

На протяжении всего XIX в. крупнейшим центром производства французской сюжетной набойки был город Руан. В значительной степени это объясняется специализацией ряда крупных руанских набивных предприятий на выпуске платков с сюжетными рисунками. Данная продукция под названием "руанские иллюстрированные платки" приобрела в XIX веке общефранцузскую известность и сыграла определенную роль в общественно-политической и культурной жизни страны. Разработка рисунков платков, а также производство печатных форм для их набойки осуществлялись в специализированных ателье гравюры, наиболее известным из которых было Ателье Бюке (с 1840 по 1909 гг. на нем было создано около 350 мотивов сюжетных платков) [3].

"Иллюстрированные платки" в XIX в. вошли в моду благодаря цветной ноте, которую они вносили в будничную однотонную одежду. Женщины драпировали ими шею, а мужчины носили их повязанными на шею или под воротник, как галстук. Платки одновременно выполняли предназначения, которые обобщенно сводятся к четырем основным функциям: утилитарная, декоративно-эстетическая, познавательно-просветительная и пропагандистская. Отметим, что выполнение двух последних функций никогда ранее не было в такой степени очевидной (а зачастую и главной) целью французской сюжетной набойки. В отличие от сюжетных мотивов Жуи рисунок "иллюстрированных платков" не является составной частью какой-

либо определенной орнаментально-стилистической системы, он достаточно эклектичен и имеет родственную связь с массовой газетно-журнальной продукцией XIX в. Тот или та, кто носил эти предметы обихода, мог выбрать свой платок так, чтобы выразить личное отношение к какому-либо персонажу или событию. Кроме того, большими тиражами издавались платки, чей рисунок имел преимущественно утилитарный характер. Среди них – платки с планами городов, географическими картами, календарями, полезными советами, а также платки с воинскими инструкциями и уставами.

Набивная индустрия области Эльзас с центром в г. Мюлуз уже в начале XIX в. занимала лидирующие позиции во Франции, а к середине XIX в. – и во всей континентальной Европе. Особенности набивной отрасли в эльзасском регионе были высокая численность и концентрация мануфактур, владельцы которых были постоянно ориентированы на технологическое совершенствование с целью повышения эстетических качеств выпускаемой продукции.

В первой четверти XIX в. эльзасские производители печатали набойку в стиле Жуи, при этом для проектирования рисунков приглашались парижские художники. В 1815 г. жителем г. Мюлуз Г.Энгельманом была впервые опробована технология литографской печати на текстиле, которая после ряда усовершенствований нашла широкое применение в набойке сюжетных мотивов на шелковых платках. Среди выпускавшихся по этой технологии в 1815-1820 гг. эльзасскими мануфактурами изделий немало настоящих шедевров сюжетного текстиля.

В 1820-1850 гг. на набивных мануфактурах Эльзаса возникают собственные ателье дессинаторов, одновременно открываются учебные центры по их подготовке. Наиболее способные из местных дессинаторов отправляются на продолжение обучения в парижскую школу изящных искусств или в ателье парижских художников-станковистов и декораторов, по возвращению они руководят работой ателье

дессинаторов. По мнению французских исследователей [4], фундаментальная профессиональная подготовка эльзасских текстильных художников того времени наилучшим образом соответствовала требованиям современной им набивной индустрии, так как многие наиболее модные рисунки, в частности – сюжетные, имели трехмерный реалистический характер, сложный для исполнения без реальной художественной компетенции.

В 1850-1870 гг. в Эльзасе были организованы многочисленные независимые ателье текстильных художников и дессинаторов, занимавшихся проектированием рисунка и поставлявшие его на набивные фабрики Франции и всей Европы. Наиболее крупное ателье дессинаторов того периода, основанное известным эльзасским художником Ж.Зипелиусом, много работало в области сюжетного декора. Большая коллекция выпущенного по рисункам этого ателье в середине XIX в. сюжетного печатного текстиля интерьерного назначения хранится в мюлузском Музее печати на тканях. Для мотивов этих тканей (как правило, сентиментально-морализаторского содержания) характерны натурализм трактовки сюжетных сцен и иллюзорно-трехмерная эклектичная орнаментация. Из продукции второй половины XIX в. представляют интерес выпускавшиеся эльзасскими предприятиями интерьерные набивные ткани с сюжетными мотивами, выполненными в "исторических стилях" (неоготика, неорококо), а также ткани для мужских рубашек и детской одежды с мелко-узорными сюжетными мотивами.

Отторжение Эльзаса от Франции в ходе франко-прусской войны (1870 г.) привело к отъезду многих текстильных художников в Париж и временному спаду в набивной отрасли. Однако художественно-эстетическое влияние Франции по-прежнему оставалось доминирующим в эльзасской набивной индустрии, продолжавшей производить продукцию для французского рынка. Эльзас оставался центром европейского печатного текстиля и продолжал им быть после возвращения в состав Франции в 1918 г.

## ВЫВОДЫ

1. На протяжении XIX в. французские орнаментальные модели доминировали в области сюжетного печатного декорирования тканей в Европе.

2. Высокие эстетические качества французского сюжетного печатного текстиля XIX в. и разнообразие его мотивов напрямую связаны с лидирующим положением Франции в прикладном и графическом искусствах, а также с участием выдающихся художников-декораторов и станковистов в проектировании рисунка набойки.

3. Крупнейшими центрами производства сюжетного печатного текстиля во

Франции XIX в. являлись мануфактуры Жуи, Нанта, Руана и области Эльзас.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Riffel Mellanie, Rouart Sophie*. La Toile de Jouy. – P.; Editions Citadelles et Mazenod. – 2003, P. 42.

2. Toiles de Nantes, des XVIIIe et XIXe siècles. Musée de l'impression sur Etoffes de Mulhouse. Catalogue de l'exposition. – 1978, P. 16.

3. Les mouchoirs illustres de Rouen au XIXe siècle, l'atelier Bouquet. Catalogue de l'exposition. – 1986, P.11.

4. Frances Françoise. A propos du dessin pour l'impression: George Zippelius, un exemple. Memoire de Maitrise. Universite des Sciences Humaines de Strasbourg. Institut d'histoire de l'Art. Strasbourg. – 1995. P.50.

Рекомендована кафедрой рисунка и живописи.  
Поступила 14.01.10.

---

УДК 612.9: 658.512

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДОПУСКОВ НА ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ  
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ДЕТАЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН**

*В.Н. ЛОХМАНОВ, Е.И. ЖАРИКОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)  
E-mail: office@msta.ac.ru

*Рассматривается вопрос оптимального расчета допусков, обеспечивающих заданную точность механической обработки при минимальной себестоимости технологического процесса.*

*The question of optimum account of the tolerances providing the set accuracy of machining at the minimum cost price of a technological process is considered herein.*

**Ключевые слова:** текстильные машины, механическая обработка деталей, входные и выходные параметры, расчетные формулы, оптимизация допусков.

Для наглядного представления о методе определения допусков, обеспечивающих заданную точность и наименьшую себестоимость обработки, рассмотрим наиболее простой случай участия двух входных технологических параметров и одного выходного на точность обработки. Пусть выходной параметр является линейной комбинацией входных параметров  $X_1$  и  $X_2$ :

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2. \quad (1)$$

Если случайные величины  $X_1$  и  $X_2$  являются независимыми и подчиняются гауссовскому распределению [1], то поля распределения погрешностей выходного

параметра и входных связаны соотношением:

$$K_y^2 \Delta_y^2 = a_1^2 K_{X_1}^2 \Delta_{X_1}^2 + a_2^2 K_{X_2}^2 \Delta_{X_2}^2. \quad (2)$$

Введем обозначения

$$\eta = K_y \Delta_y; \quad \xi_i = K_{X_i} \Delta_{X_i} \quad (i=1,2). \quad (3)$$

Тогда вместо формулы (2) имеем:

$$\eta^2 = a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2. \quad (4)$$

Далее величины  $\xi_1$ ,  $\xi_2$  и  $\eta$  для краткости будем называть допусками. Пусть

себестоимость изготовления детали зависит от допусков  $\xi_1$  и  $\xi_2$  по закону [2]:

$$S = A_1 + A_2 + \frac{B_1}{\xi_1^\alpha} + \frac{B_2}{\xi_2^\alpha}, \quad (5)$$

где  $\alpha \geq 0$ .

Если допуск на выходной параметр (например, размерный параметр) детали задан

$$\eta \leq \eta_0, \quad (6)$$

то допуски  $\xi_1$  и  $\xi_2$  на входные параметры должны удовлетворять неравенству:

$$a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 \leq \eta_0^2. \quad (7)$$

Кроме того, по определению

$$\xi_1 > 0, \xi_2 > 0. \quad (8)$$

Уравнение (4) геометрически выражает конус, вершина которого находится в начале координат, а ось симметрии совпадает с осью  $\eta$  (рис. 1).

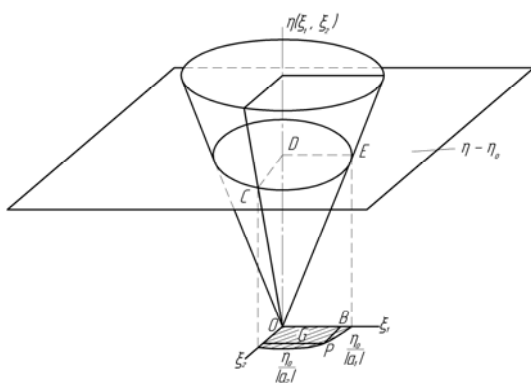


Рис. 1

Установление допуска на выходной параметр с геометрической точки зрения означает задание плоскости  $\eta = \eta_0$ , параллельной плоскости  $(\xi_1, \xi_2)$  входных параметров. Нахождение точки  $(\xi_1, \xi_2, \eta)$  внутри области D, определяющей собой четверть конуса (OCDE), удовлетво-

ряет заданной точности обработки и обеспечивает допуск на входные параметры.

Неравенства (7) и (8) определяют некоторую область G на плоскости  $(\xi_1, \xi_2)$  ограниченную осями координат и четвертью эллипса (рис. 2), имеющего уравнение

$$a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 = \eta_0^2. \quad (9)$$

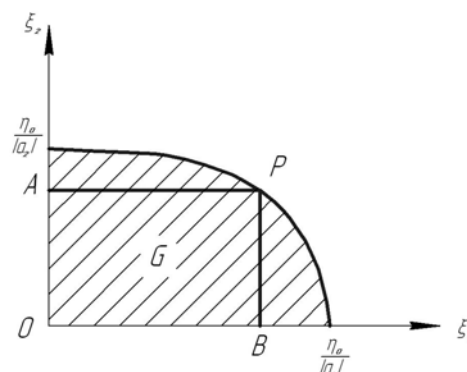


Рис. 2

Эта область является областью качества или допустимых значений параметров, поскольку нахождение входных параметров внутри области G обеспечивает заданную точность обработки. И, наоборот, если значения входных параметров лежат вне четверти эллипса, то требуемая точность не обеспечивается, и, следовательно, будет брак.

Впишем в область G прямоугольник OAPB так, чтобы его стороны были параллельны осям координат  $\xi_1, \xi_2$ , а вершина P, лежащая против начала координат, принадлежала кривой (9). Точку P будем определять так, чтобы в этой точке функция стоимости (5) достигла наименьшего значения в области G. Так как функция (9) нигде не имеет нулевых частных производных, минимум ее достигается на границе области. На осях координат эта функция бесконечно велика, поэтому ее минимум достигается в области G на кривой (дуге эллипса) (9), ограничивающей данную область.

Определим координаты точки P, принадлежащей кривой (9), в которой функ-

ция стоимости (5) достигает наименьшего значения. Эта задача на условный экстремум и решается с помощью метода

$$\Phi = A_1 + A_2 + \frac{B_1}{\xi_1^\alpha} + \frac{B_2}{\xi_2^\alpha} + \lambda (a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 - \eta_0^2). \quad (10)$$

Дифференцируя выражения (10) по  $\xi_1$  и  $\xi_2$ , получим

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Phi}{d\xi_1} &= -\frac{\alpha B_1}{\xi_1^{\alpha+1}} + 2\lambda a_1^2 \xi_1, \\ \frac{d\Phi}{d\xi_2} &= -\frac{\alpha B_2}{\xi_2^{\alpha+1}} + 2\lambda a_2^2 \xi_2. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Приравняв производные (11) нулю, составим вместе с выражением (9) систему трех уравнений с тремя неизвестными  $\lambda$ ,  $\xi_1$  и  $\xi_2$ :

$$\left. \begin{aligned} a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 &= \eta_0^2, \\ -\frac{\alpha B_1}{\xi_1^{\alpha+1}} + 2\lambda a_1^2 \xi_1 &= 0, \\ -\frac{\alpha B_2}{\xi_2^{\alpha+1}} + 2\lambda a_2^2 \xi_2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Решив эту систему, найдем координаты точки Р, которые определяют оптимальные допуски на выходные параметры  $\xi_1$  и  $\xi_2$ :

$$\left. \begin{aligned} \xi_1 &= \frac{\eta_0}{\left[ \frac{2\alpha}{B_1^{\alpha+2}} \frac{2\alpha}{a_1^{\alpha+2}} + \frac{2\alpha}{B_2^{\alpha+2}} \frac{2\alpha}{a_2^{\alpha+2}} \right]^{1/2}} \left( \frac{B_1}{a_1^2} \right)^{\frac{1}{\alpha+2}}, \\ \xi_2 &= \frac{\eta_0}{\left[ \frac{2\alpha}{B_1^{\alpha+2}} \frac{2\alpha}{a_1^{\alpha+2}} + \frac{2\alpha}{B_2^{\alpha+2}} \frac{2\alpha}{a_2^{\alpha+2}} \right]^{1/2}} \left( \frac{B_2}{a_2^2} \right)^{\frac{1}{\alpha+2}}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

неопределенных множителей Лагранжа. Применяв этот метод, введем вспомогательную функцию:

Таким образом, определение допусков на выходные технологические параметры  $\xi_1$  и  $\xi_2$  с геометрической точки зрения можно трактовать как построение вписанного в область G прямоугольника ОАРВ, в вершине Р которого себестоимость обработки (5) достигает наименьшего значения. Координаты (13) вершины прямоугольника определяют допуски на каждый входной параметр в отдельности.

Рассмотрим теперь случай оптимизации допусков при произвольном конечном числе независимых входных параметров и одном выходном точном параметре. При наличии n выходных параметров уравнение поля рассеяния на основании (9) принимает вид:

$$\eta_0^2 = a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 + \dots + a_n^2 \xi_n^2. \quad (14)$$

Ограничения на входные технологические параметры задаются неравенствами:

$$\left. \begin{aligned} a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 + \dots + a_n^2 \xi_n^2 &\geq \eta_0^2, \\ \xi_1 > 0, \xi_2 > 0, \xi_3 > 0, \dots, \xi_n > 0. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Эти неравенства изображают некоторую область G в n-мерном пространстве переменных  $\xi_i$ , ограниченную координатами гиперплоскостями и поверхностью гиперэллипсоида, имеющего уравнение:

$$a_1^2 \xi_1^2 + a_2^2 \xi_2^2 + \dots + a_n^2 \xi_n^2 = \eta_0^2. \quad (16)$$

Функция стоимости, подлежащая минимизации, имеет вид:



$$S = \sum_{j=1}^n \left( A_j + \frac{B_j}{\xi_j^\alpha} \right). \quad (17)$$

В рассматриваемом случае задача оптимизации допусков сводится к нахождению  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ , удовлетворяющих неравенству (15), при которых себестоимость обработки (17) принимает наименьшее значение.

С этой целью составим функцию Лагранжа:

$$\Phi = \sum_{j=1}^n \left( A_j + \frac{B_j}{\xi_j^\alpha} \right) + \lambda \left( -\eta_0^2 + \sum_{j=1}^n a_j^2 \xi_j^2 \right).$$

Тогда условия оптимума запишем в виде:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\alpha B_j}{\xi_j^{\alpha+1}} + 2\lambda a_j^2 \xi_j &= 0 \quad (j=1, 2, \dots, n), \\ \sum_{j=1}^n a_j^2 \xi_j^2 &= \eta_0^2. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Откуда найдем оптимальное значение допусков на выходные параметры заготовок и технологической системы, при которых достигается наименьшее значение функции стоимости обработки:

$$\xi_j = \frac{\eta_0}{\sqrt{\sum_{k=1}^n \frac{B_k^{\alpha+2}}{a_k^{\alpha+2}}}} \left( \frac{B_j}{a_j^2} \right)^{\frac{1}{\alpha+2}} \quad (j=1, 2, \dots, n). \quad (19)$$

Формула (19) для произвольного числа независимых входных технологических параметров обобщает результат формулы (13). Аналогично решается задача оптимизации допусков для зависимых параметров, которая не имеет аналитического решения и может быть решена только численными методами.

## ВЫВОДЫ

Получены расчетные формулы для нахождения оптимальных допусков на параметры технологического процесса механической обработки деталей.

Геометрически это означает построение гиперпараллелепипеда, вписанного в область  $G$  с вершиной, лежащей на поверхности (16) и определяемой координатами (19), в которой функция себестоимости технологической обработки (17) минимальна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бородачев Н.А. и др.* Точность производства в машиностроении и приборостроении. – М.: Машиностроение, 1973.
2. *Балакишин В.С.* Основы технологии машиностроения. – М.: Машгиз, 1979.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного машиностроения и конструкционных материалов. Поступила 15.04.10.

## ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЭЛАСТИЧНОГО ПОКРЫТИЯ НАБОРНОГО ВАЛА

А.Н. МАРИНИН, Ю.Г. ФОМИН, И.А. СВИРИДОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: Andrei-marinin@mail.ru

*В работе предложена методика определения деформации, основанная на способности фотоупругого материала под нагрузкой менять свои физические свойства.*

*The technique of determination of the deformation, based on the ability of a photoelastic material to change the physical properties under a charge, is offered in the article.*

**Ключевые слова:** наборный вал, деформация эластичного покрытия, эффект фотоупругости, лазерное измерительное устройство, методика определения.

Технологическая эффективность валковой пары определяется действительным давлением на поверхностях контакта, зависящим от усилия прижима, податливости покрытий и жесткости валов. Характеристика эластичных покрытий валов представляет собой зависимость между радиальной деформацией покрытия и силой давления на вал. Под действием усилия покрытие вала деформируется, образуя площадку контакта определенной ширины. Величина ширины площадки контакта зависит от интенсивности нагрузки, диаметров валов, твердости материала покрытия. Деформация позволяет оценивать единичную силу в конкретной точке, а также неравномерность распределения нагрузки по ширине вала. Первоначально для определения деформации эластичного покрытия вала использовалась методика Г.К. Кузнецова и Ю.Г. Фомина, основанная на электротензометрии [1]. В данной методике рассматривается идеальная модель взаимодействия валковой пары, согласно которой валы абсолютно жесткие и деформация постоянна по всей рабочей ширине. Данная модель взаимодействия валковой пары не отражает реально происходящего процесса.

Авторами разработана методика определения деформации эластичного покры-

тия вала в любой точке, в основе которой лежит эффект фотоупругости прозрачной среды. Данный эффект позволяет определять необходимую деформацию в точках рабочей ширины вала за счет способности изотропной прозрачной среды фотоупругого материала обретать анизотропные свойства при нагружении вала. Анизотропные свойства такой среды вызывают интерференцию линейно поляризованного света, который, проходя через анизотропную среду, разделяется на два когерентных, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях, луча. Искажение, получаемое на экране, расположенном на выходе луча из анизотропной среды, показывает деформацию эластичного покрытия вала. Зная деформацию в каждой точке рабочей ширины вала, также возможно определить распределение нагрузки, прогиб вала, возникающие напряжения и ширину площадки контакта.

Первоначально осуществляется установка и настройка лазерного измерительного устройства, включающего источник лазерного излучения, фотоупругий материал и градуированный экран [2], при этом валковая пара не нагружена. На валковую пару подается нагрузка, выставляемая по индикаторам лабораторной установки КЛ-2/20. При каждой нагрузке на экране

требуемые контрольные точки фиксируются искаженным лазерным лучом, проходящим через деформированный фотоупругий материал.

Смещение контрольных точек от начального положения до каждого последующего с нагрузкой показывает деформацию наборного покрытия верхнего вала и фотоупругого материала. Смещение контрольных точек измеряется в программе Компас-3D V9. Деформация наборного покрытия вала, получаемая в результате взаимодействия валковой пары лабораторной установки без фотоупругого материала, представляется в виде зависимости:

$$h_i = h_{1i} - h_{2i}, \quad (1)$$

где  $h_i$  – деформация наборного покрытия вала лабораторной установки без лазерного измерительного устройства, мм;  $h_{1i}$  – деформация наборного покрытия вала лабораторной установки с лазерным измерительным устройством, мм;  $h_{2i}$  – деформация фотоупругого материала, мм.

На рис. 1 показан график смещения контрольных точек под действием нагрузки  $7 \cdot 10^3$  Н.

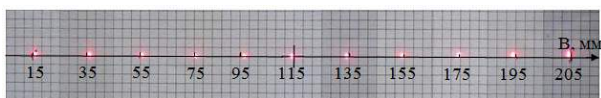


Рис. 1

Полученная деформация в конкретных точках наборного покрытия вала сравнивается со значениями, рассчитанными по методике [1]. Для этого использована модель упругой характеристики в виде степенной функции:

$$h = b_i P^{n_i} = b_i q_i V^{n_i}, \quad (2)$$

где  $h$  – деформация наборного покрытия вала, постоянная по рабочей ширине, мм;  $b_i$  – коэффициент упругости, пропорциональный отрезку, отсекаемому прямой от оси ординат при  $P = 1$ ;  $P_i$  – единичная сила, приложенная в контрольной точке  $i$ , Н;  $n_i$  – коэффициент, представляющий собой тан-

генс угла наклона графика упругой характеристики в логарифмических координатах к оси абсцисс;  $q_i$  – интенсивность распределения нагрузки на  $i$ -м отрезке;  $V$  – рабочая ширина вала.

Рассмотрим идеальную модель взаимодействия валковой пары с силой прижима, равной единичной силе в одной из контрольных точек. От этой нагрузки рассчитывается деформация наборного вала лабораторной установки КЛ-2/20 с лазерным измерительным устройством. Такой расчет повторяется для каждой контрольной точки. Таким же образом рассчитывается деформация фотоупругого материала.

Из (2) интенсивность распределения нагрузки на  $i$ -м отрезке является неизвестной и для ее определения выполнено следующее. При установке фотоупругого материала в жало валов лабораторной установки на ее верхнюю и нижнюю грани укладывалась копировальная бумага, соединенная с градуированной. При нагружении валковой пары до  $7 \cdot 10^3$  Н получены отпечатки ширины площадки контакта, показанные на рис. 2-а, б.

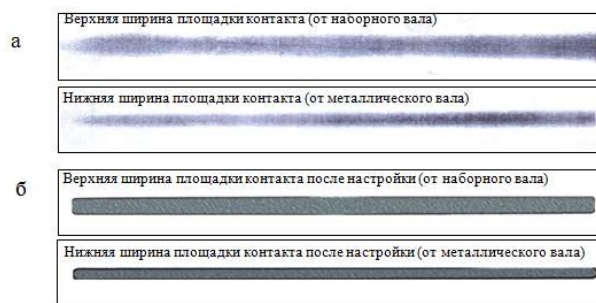


Рис. 2

Верхняя площадка контакта (рис. 2-а) учитывает неравномерность контакта валковой пары, а следовательно, деформацию набора верхнего вала без учета деформации фотоупругого материала. Величина деформации набора верхнего вала больше на величину деформации фотоупругого материала, которую отражает нижняя площадка контакта. Площадки контакта на рис. 2-а показывают большую неравномерность распределения нагрузки по рабочей ширине валов, что говорит о сбившихся настройках положения валов относи-

тельно друг друга. С помощью лазерного измерительного устройства (рис. 3) произведена регулировка положения валов лабораторной установки КЛ-2/20.

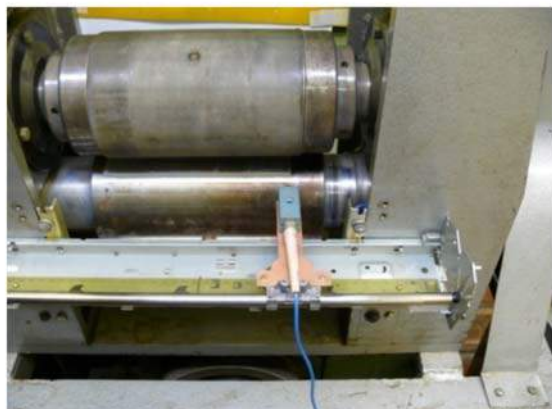


Рис. 3

После настройки установки получены площадки контакта, подтверждающие качество положения валов друг относительно друга (рис. 2-б).

Ширина площадки контакта валов выражается следующей формулой [3], [4]:

$$b_{\text{пл}} = k_0 \left[ q_i \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left( \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_1^2}{E_2} \right) \right]^{0,5}, \quad (3)$$

где  $k_0$  – коэффициент пропорциональности (2,2 ... 4,0);  $\mu_1$  – коэффициент Пуассона материалов покрытий валов модуля;  $E_1$  и  $E_2$  – модули упругости материалов контактирующих поверхностей валов.

Выражаем интенсивность распределения нагрузки из формулы (3) [3], [4]:

$$q_i = \frac{\left( \frac{b_{\text{пл}}}{k_0} \right)^2}{\left[ \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left( \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_1^2}{E_2} \right) \right]}. \quad (4)$$

Полученные максимальная и минимальная деформации сравниваются со значениями, рассчитанными по методике [5],

где для оценки неравномерности распределения нагрузки по ширине обрабатываемого полотна введены два показателя  $\delta$  и  $\delta_1$ , рассчитываемые по уравнениям:

$$\delta = \left( \frac{3}{\delta_1} \right) - 2, \quad (5)$$

$$\delta_1 = \frac{4\phi \left[ \text{ch}\phi \cos\phi + 2\phi \frac{a}{b} (\text{sh}\phi \cos\phi - \text{ch}\phi \sin\phi) \right]}{\text{sh}2\phi + \sin 2\phi}, \quad (6)$$

$$\phi = 0,5b \sqrt{0,25A \left( \frac{1}{E_1 J_1} + \frac{1}{E_2 J_2} \right)}, \quad (7)$$

где  $A$  – приведенный коэффициент упругой податливости эластичного покрытия в жале валов;  $E_1 J_1$  и  $E_2 J_2$  – жесткости сечения при изгибе первого и второго валов;  $a$  – длина патрона до внешней рубашки вала, мм;  $b$  – рабочая ширина вала, мм;  $\phi$  – коэффициент, характеризующий интенсивность нагрузки в жале валов.

По зависимостям

$$h_{\text{min}} = b_{\text{упр}} (q_{\text{min}} b)^n,$$

$$h_{\text{max}} = b_{\text{упр}} (q_{\text{max}} b)^n$$

определяем максимальную и минимальную деформации.

Результаты измерений и расчетов деформации занесены в табл. 1.

В программе Mathcad интерполяцией кубическим сплайном получена графическая зависимость деформации от ширины вала, показанная на рис. 4.

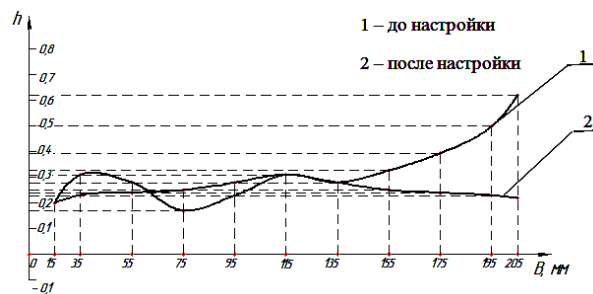


Рис. 4

Т а б л и ц а 1

Положение точки измерения от правого края набора вала, мм	Деформация набора верхнего вала по разработанной методике h, мм		Деформация набора верхнего вала, рассчитанная по методике из [1] h, мм	Максимальная и минимальная деформация набора верхнего вала, рассчитанная по методике из [5] h, мм	Верхняя ширина площадки контакта, мм		Нижняя ширина площадки контакта, мм	
	до настройки	после настройки			до настройки	после настройки	до настройки	после настройки
15	+0,2	+0,2	+ 0,2		6,00	6,00	4,10	4,10
35	+0,31	+0,23	+ 0,31		7,27	6,30	4,43	4,10
55	+0,28	+0,24	+ 0,28		6,90	6,39	4,30	4,16
75	+0,17	+0,25	+ 0,17	+0,15	5,30	6,47	3,70	4,14
95	+0,23	+0,28	+ 0,23		6,30	6,69	4,10	4,09
115	+0,31	+0,31	+ 0,31		7,27	7,27	4,43	4,43
135	+0,28	+0,28	+ 0,28		6,75	6,69	4,30	4,09
155	+0,32	+0,25	+ 0,32		7,50	6,47	4,51	4,14
175	+0,39	+0,24	+0,39		8,12	6,39	4,55	4,16
195	+0,5	+0,23	+ 0,47		9,97	6,30	5,85	4,10
205	+0,62	+0,22	+ 0,52	+0,59	11,31	6,17	6,84	4,10

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения деформации эластичного покрытия вала на основе эффекта фотоупругости и лазерного измерительного устройства.

2. Установлены размеры ширин площадок контакта валов установки до и после настройки положения валов относительно друг друга.

3. Сравнительные расчеты параметров контакта валов по предложенной и классическим методикам позволили установить, что показатели до настройки от 0,2 до 0,52 мм и после нее 0,2 до 0,22 мм позволяют добиться качества отделки ткани наглядно и просто.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г.К., Фомин Ю.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, №2. С.141...144.

2. Патент на полезную модель №87009 МПК G 01 В 9/00. Устройство для определения нагрузки в жале валов / Фомин Ю.Г., Свиридов А.Г., Маринин А.Н., Свиридов А.Г.; заявитель и патентообладатель Ивановская государственная текстильная академия. – №2009122034/22; 08.06.2009; опубл. 20.09.2009, Бюл. №26.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968.

4. Кокурин Э.В., Фомин Ю.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, №1. С.83...86.

5. Зельдин Ю.Р., Тюрина Н.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975, №4. С.140...143.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 20.04.10.

УДК 681.3

## СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ НИТИ НА КОЛЬЦЕПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

*Е.И. ВЛАСОВ, Д.А. УСТИНОВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: nioc78@mail.ru

*Разработан алгоритм работы системы сбора данных, создана и промоделирована работа программы контроллера.*

*The algorithm of work of the system of data gathering is developed, the work of the checker program is created and designed herein.*

**Ключевые слова:** обрывы нити на кольцевой прядильной машине, датчики натяжения, схема подключения, алгоритм работы системы опроса датчиков.

Особенность работы прядильных машин заключается в том, что в процессе прядения из-за изменения диаметра шпули непрерывно меняется натяжение нити. Натяжение нити можно приближенно определить из следующего выражения:

$$T = A \frac{n^2}{\left(\frac{d}{D_k}\right)^p}, \quad (1)$$

где  $A$  – постоянная, определяющая условия данного процесса прядения;  $d$  – текущий диаметр намотки;  $D_k$  – диаметр кольца;  $n$  – скорость вращения веретена, об/мин;  $p$  – постоянный коэффициент ( $p = 0,6 \dots 0,8$ )

Из этого выражения видно, что для поддержания постоянства натяжения нити необходимо изменять скорость вращения веретена. Для этого система автоматиче-

ского управления технологическим процессом САУ ТП на кольцепрядильной машине должна предусматривать автоматический сбор и обработку информации о состоянии объекта и внешних условиях с целью выработки управляющих воздействий, с помощью которых поддерживается заданный режим прядения [1], [2]. Целевая функция работы системы выглядит так:

$$F(n, y, z) = y - zn, \quad (2)$$

где  $y$  – обрывность (количество обрывов за время  $t$ );  $z$  – качество сырья;  $n$  – скорость вращения, об/мин.

Как видно, важным в системе автоматического управления технологическим процессом является непрерывное получение информации о количестве обрывов за определенное время  $t$  (в нашем случае  $t$  – время опроса всех датчиков обрыва системы).

При стремлении исключить дополнительное воздействие на нить при ее контроле на прядильных, крутильных, тростильных и тому подобных перематывающих машинах, где технологический процесс сопровождается баллонированием нити, целесообразно совместить систему контроля с нитепроводником, а для повышения чувствительности в качестве преобразователя использовать пьезоэлемент [4], [5]. Применение пьезоэлемента дает возможность воспринимать боковое или осевое давление баллонирующей нити при ее перематке и преобразовывать его в электрический сигнал.

Применение пьезоэлемента обусловлено также его высокой чувствительностью, высокой механической прочностью в пределах небольших упругих колебаний, работоспособностью в достаточно широком диапазоне влажности и температур. К недостаткам следует отнести малую величину сигнала, что не позволяет передавать его на большие расстояния. Для усиления сигнала возможно применение нескольких усилителей на группу датчиков или поочередное подключение датчиков к усилителям при помощи коммутаторов.

Исходя из вышесказанного нами предлагается использовать в системе сбора ин-

формации датчики натяжения (обрыва) нити [4], которые работают следующим образом (рис. 1 – датчик баллонирующей нити):

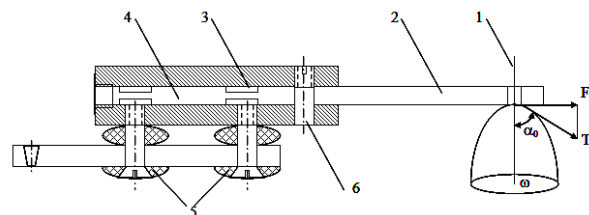


Рис. 1

Контролируемая нить 1 под действием силы  $T_1$  проходит через нитепроводник 2 и наматывается на паковку, при этом нить начинает баллонировать, заставляя нитепроводник колебаться с определенной частотой. Колебания нитепроводника через упругий элемент 3 передаются на пьезоэлектрический преобразователь 4, на выходе которого возникает электрический сигнал с частотой, соответствующей частоте баллонирования. Для уменьшения помех, создаваемых вибрацией машины, датчик связан с последней посредством амортизаторов 5, а перемещение нитепроводника в вертикальной плоскости ограничено осью 6 (одна степень свободы).

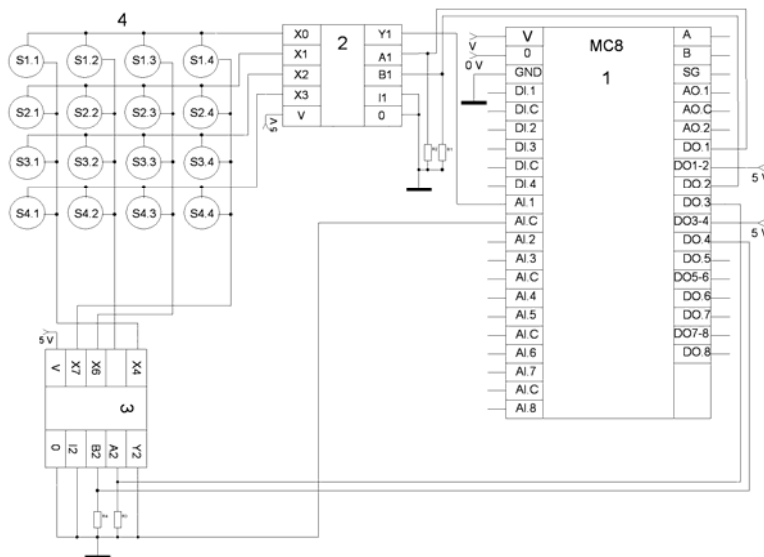


Рис. 2

Из-за большого числа датчиков рационально соединить их по матричной систе-

ме. Структурная схема опроса датчиков обрывности нити представлена на рис.2.

Система содержит контроллер 1, основной элемент системы, выполняющий функции сбора информации о натяжении и обрывах нитей; блок коммутации, состоящий из двух мультиплексоров 2, 3 и позволяющий подключать несколько датчиков; датчики натяжения (обрыва) нити 4 с S1.1 по S4.4 [5] с усилителями (на рисунке не показаны), подключенные по матричной схеме.

В качестве контроллера используется контроллер MC8, выпускаемый Московским заводом тепловой автоматики.

В блоке коммутации применяются два мультиплексора, реализованные на микросхемах HCF4052BE. К входам (X0...X7) мультиплексоров 2,3 подключены датчики натяжения (обрыва) нитей S1.1...S4.4. Выход (Y1) мультиплексора 2 подключен к аналоговому входу (AI.1) контроллера 1, а выход (Y2) мультиплексора 3 и общая точка аналогового входа (AI.C) контроллера 1 подключены к «земле». Напряжение +5 В подается на средние точки (DO1-2...DO3-4) дискретных входов DO.1...DO.4 контроллера 1. Сопротивления R1...R4, подключенные к входам формирования адресов (A1, B1, A2, B2) мультиплексоров 2, 3, служат для задания на них логического нуля.

Устройство работает следующим образом.

Контроллер 1 формирует адрес датчика натяжения нити 4S1.1...S4.4 и посредством своих дискретных выходов DO.1...DO.4 высылает его на порты адресов (A1, B1, A2, B2) мультиплексоров 2, 3. После этого происходит коммутация и сравнение уровня сигнала датчика с заранее заданным уровнем. Если в конкретном датчике в данный момент времени выявляются отклонения уровня сигнала от заданного, система регистрирует его. После этого происходит коммутация следующего датчика. Подключение производится по следующей схеме. Сначала коммутируются все столбцы первой строки, затем второй и так далее. После этого процесс начинается заново. На основании получен-

ных данных контроллер 1 может сформировать управляющий сигнал технологической машине – например, уменьшить скорость вращения веретен кольцепрядильной машины или, в случае обрыва, полностью остановить веретено.

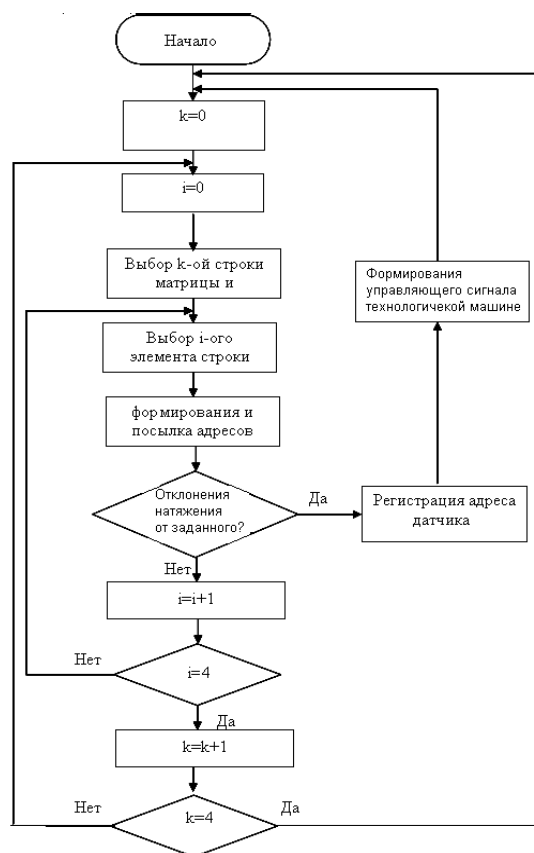


Рис. 3

Алгоритм работы системы опроса датчиков представлен на рис.3. Создание и моделирование программы для работы контроллера было выполнено с помощью программно-технического комплекса Kongraf.

Результаты моделирования программы опроса представлены на рис. 4. На графиках 1 и 2 показано формирование адресов строк и столбцов соответственно. В окне 3 отображается значение параметров. После прохождения третьей строки цикл начинается заново.



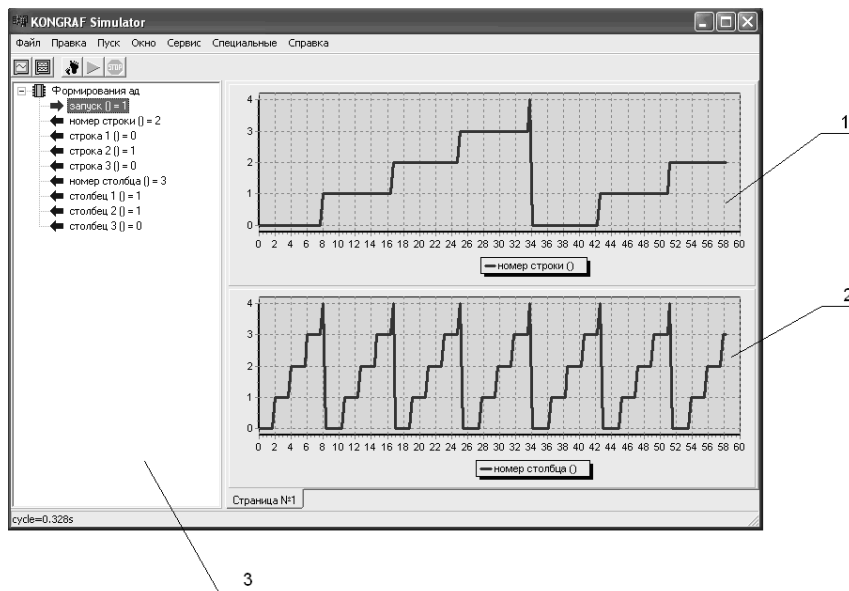


Рис. 4

## ВЫВОДЫ

1. Выбраны датчики натяжения (обрыва) нити для кольцевой прядильной машины и предложена схема их подключения.
2. Разработана система сбора данных об обрывах на кольцевой прядильной машине, определен ее технический состав.
3. Создан алгоритм работы данной системы и промоделирована работа программы контроллера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мильман Я.В., Швырев С.С. Автоматизация технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Машиностроение, 1971.

2. Петелин Д.П и др. Автоматизация производственных процессов в текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

3. Плужников Л.Н. Автоматизация технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Высшая школа, 1984.

4. Власов Е.И., Устинов Д.А. Особенности системы отбора информации о состоянии и управлении работой кольцепрядильной машины // Мат. научн.-техн. конф.: Поиск-2008. – Иваново, 2008.

5. А.с. 672238 СССР. Устройство для контроля обрыва нити / Е.И. Власов, В.В. Пазухин, А.И. Губанов, В.Л. Сидоров; опубл. 05.07.79, Бюл. №25.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 01.06.10.

УДК 677

**ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ ВИХРЕВЫХ СУШИЛОК  
ДЛЯ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ**

*Б.С. САЖИН, М.Б. САЖИНА, Л.М. КОЧЕТОВ, АЛЕКСАНДР В. ЛОПАКОВ, АЛЕКСЕЙ В. ЛОПАКОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

E-mail: office@msta.ac.ru, sazhinbs@pochta.ru

*Предложены методы инженерного расчета и выбора оптимального режима работы сушилок для широкопористых дисперсных материалов. Установлены особенности гидродинамики движения и взаимодействия газовой и твердой фаз в плоских вихревых аппаратах и определены важнейшие их характеристики.*

*Methods of engineering account and choice of an optimum operating conditions of drying machines for wide porous dispersed materials are offered herein. Features of hydrodynamics of movement and interaction of gas and firm stages in the flat vortex apparatus are stated and their major characteristics are defined.*

**Ключевые слова:** волокнообразующие полимеры, фонтанирующий слой, тонкопористые материалы, широкопористые материалы, вихревые аппараты.

К вихревым сушилкам для дисперсных волокнообразующих полимеров можно отнести сушилки со встречными закрученными потоками, работающие в режиме вращающегося кольцевого слоя (СВЗПКС) [1], дисковые вихревые сушилки (ДВС) [3], [4] и сушилки с закрученным фонтанирующим слоем, имеющие дополнительные хордальные вводы теплоносителя (СФСДВ) [2]. Аппараты СВЗПКС предназначены для широкопористых материалов, а аппараты ДВС и СФСДВ – для тонкопористых материалов с размерами наиболее тонких пор до 5 нанометров.

Описание гидродинамики аппаратов СВЗПКС базируется на результатах исследований аппаратов со встречными закрученными потоками ВЗП [1].

Согласно кольцевой модели ВЗП существуют два кольцевых потока газа и мате-

риала. Дисперсный материал из внутреннего кольцевого потока под действием центробежной силы вымывается во внешний. Плотность потока вымывания определяется как:

$$q = k_v C, \quad (1)$$

где  $q$  – плотность потока вымывания (в радиальном направлении),  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;  $k_v$  – коэффициент вымывания,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $C$  – концентрация материала во внутреннем потоке,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Потоки газа и материала движутся с одинаковой скоростью, равной скорости газа. Из этой модели движения потоков определены время пребывания материала в аппарате и его моменты:

$$\bar{\tau} = \left( \frac{a_1 + b_1}{a_2} \right) b_2 \left( 1 - \frac{\exp a_2 H}{a_2} + H \exp a_2 H \right), \quad (2)$$

$$Pe = 1 / \left[ 2(a_1 + b_1)^2 \left[ \frac{1}{a_2^2} - \frac{H^2 \exp a_2 H}{1 - \exp a_2 H} \left( 1 - \frac{\exp a_2 H}{1 - \exp a_2 H} \right) \right] \right], \quad (3)$$

где  $\bar{\tau}$  – среднее время пребывания, с;  $Pe$  – дисперсия времени пребывания, с<sup>2</sup>;  $H$  – высота аппарата, м

$$a_1 = \frac{\pi(r^2 - r_0^2)}{V_1 + V_2}; \quad a_2 = \frac{2\pi k_B r}{V_1 + V_2}; \quad (4)$$

$$b_1 = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{V_1 + V_2}; \quad b_2 = \frac{2\pi k_B r}{V_2}, \quad (5)$$

где  $R$  – радиус аппарата, м;  $r_0, r$  – внутренний и наружный радиусы внутреннего потока;  $V_1$  и  $V_2$  – расходы газа по первому и второму каналам аппарата.

Двухпараметрическая модель отличается от кольцевой существованием промежуточного слоя между внутренним и наружным потоками.

Для расчетов среднего времени пребывания  $\bar{\tau}$  и параметра  $Pe$  по этим моделям определены их параметры в зависимости от расходов газа по каналам  $V_1$  и  $V_2$  и от диаметра частиц материала  $d_{\text{ч}}$ .

При рассмотрении баланса по материалу в слое внутреннего газового потока  $\Delta z$  и по материалу для слоя внешнего потока высотой  $\Delta z$  получены уравнения, из решения которых вытекают уравнения для определения среднего времени пребывания и критерия Пекле в аппарате:

$$\bar{\tau} = \frac{A_2 H_p}{V_2 + A_3} \left( \frac{S_1 H_p}{V_2 V_1} + \frac{S_2 H_p}{V_2 + A_3} \right) \left[ \left( \frac{V_3 - A_1}{A_2 H_p} \right)^2 + \exp \left( \frac{A_2 H_p}{V_3 - A_1} \right) \frac{A_2^2 H_p - (V_2 - A_1)}{A_2^2 H_p^2} \right], \quad (6)$$

$$Pe = 1 / \left[ 2 \left( \frac{S_1 H_p}{V_3 - A_1} + \frac{S_2 H_p}{V_2 + A_3} \right)^2 \left\{ \left( \frac{V_3 - A_1}{A_2 H_p} \right) - \frac{\exp \left( -\frac{A_2 H_p}{V_2 - A_1} \right)}{1 - \exp \left( -\frac{A_2 H_p}{V_2 - A_2} \right)} \right\} \right], \quad (7)$$

где  $H_p$  – рабочая высота аппарата;  $S_1, S_2$  – площади ввода первичного и вторичного потоков газа;  $V_3 = V_1 + V_2$  – суммарный расход газа;  $V$  – параметр модели (подвижность частиц);  $A_1 = V m_{\text{ч}} g S_1$ ;  $A_2 = 2\pi r^2 \omega b^2 m_{\text{ч}} b$ ;  $A_3 = V m_{\text{ч}} g S_2$ .

Полученные зависимости для определения среднего времени пребывания частиц  $\bar{\tau}$  и критерия  $Pe$  могут быть применены для расчета технологических аппаратов со встречными закрученными потоками (ВЗП).

Для дисковых вихревых камер с горизонтальной осью обнаружены две области

работы: докритическая (при малых скоростях газа), когда удерживающая способность зависит от расхода теплоносителя и закритическая (при больших скоростях газа), когда удерживающая способность практически не зависит от расхода теплоносителя.

В первой области основными силами, определяющими вынос частиц из слоя, являются центробежная сила и сила тяжести, а во второй области – центробежная сила и сила сопротивления потока, покидающего вихревую камеру. Для первой области получено соотношение:

$$q_0 = 0,103 \frac{\varepsilon_0 \rho_p^{1,5} d_p^3 R_*^{1,5} H^{1,5}}{\varphi_{тр} f_{вх}^{0,5} R^{0,5} V^{1,5}}, \quad (8)$$

а для второй области – соотношение:

$$q_0 = 191 \frac{\varepsilon_0 \rho_p^{1,5} d_p^{1,5} R_*^3 H^3}{\varphi_{тр} \xi^{1,5} f_{вх}^2 \rho^{0,5} R^{0,5}}. \quad (9)$$

Анализ зависимостей (8) и (9) подтвердил существование двух режимов работы вихревых аппаратов: докритического, когда  $q_0$  пропорционально расходу газа в степени 1,5, и автомодельного, при котором  $q_0$  не зависит от  $V$ . Следовательно, с увеличением расхода газа удерживающая способность вначале возрастает пропорционально  $V$  в степени 1,5 ( $q_0 \approx V^{1,5}$ ), достигая наибольшего значения в критической точке, после чего с увеличением  $V$  удерживающая способность остается постоянной, то есть наступает автомодельный режим.

При определенном расходе газа вихревая камера будет удерживать определенное количество дисперсного материала  $q$  (удерживающая способность камеры). Величина удерживающей способности является важнейшей характеристикой вихревой камеры, поскольку определяет среднее время пребывания дисперсного материала в аппарате ( $\tau_{ср}$ ) согласно соотношению:

$$\tau_{ср} = q/G, \quad (10)$$

где  $G$  – расход твердого материала при непрерывном процессе. Путем варьирования производительности по твердому материалу  $G$  и удерживающей способности камеры  $q$  можно добиться оптимального времени обработки материала в камере, достигнув, в частности, требуемой остаточной влажности материала при его сушке.

При рассмотрении математической модели гидродинамики дисперсного потока в дисковой вихревой сушилке с вертикальной осью [3] получено выражение для удерживающей способности камеры:

$$q = \frac{\pi \rho_r B D^2 \alpha^2 \left( \frac{D}{h_1} - \frac{C(1+A)}{K\alpha} \right)}{(A^2 - 1)C^2}, \quad (11)$$

где

$$C = \left( \frac{3}{8} \xi \frac{\rho_r D}{\rho_m \delta} \right)$$

и

$$A = \frac{(1 + f_x)}{(1 - f_x)}.$$

Анализируя уравнение (11), можно оценить влияние различных параметров на величину удерживающей способности камеры. Удерживающая способность камеры увеличивается пропорционально ширине камеры  $B$  и примерно пропорционально квадрату диаметра.

Важным выводом является независимость величины  $q$  от расхода воздуха. Эта особенность характерна только для камер с вертикальной осью, где сила тяжести не влияет на характер выноса материала из камеры, поскольку направлена перпендикулярно плоскости движения твердой и газообразной фаз.

При проведении и расчете процесса сушки в аппаратах фонтанирующего слоя с дополнительным закручивающим потоком газа большое значение имеет знание структуры потоков дисперсной фазы. Исходя из реальной картины движения материала в аппарате предложена комбинированная гидродинамическая модель структуры потоков твердой фазы.

Ядро фонтана и периферийная область дополнительных боковых струй описываются ячеечной моделью. Периферийная зона ниже действия боковых струй описывается моделью идеального вытеснения. Между зонами происходит циркуляция дисперсного материала.

Комбинированная модель состоит из уравнений материального баланса частиц трассера в потоках. Для ядра фонтана и периферийной зоны уравнения модели имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} v(C_1 - C_2) &= V_n \frac{dC_2}{d\tau}, \\ v(C_2 - C_3) &= V_n \frac{dC_3}{d\tau}, \\ \dots\dots\dots \\ v(C_{n-1} - C_n) &= V_n \frac{dC_n}{d\tau}, \\ v(C_n - C_{n+1}) &= V_n \frac{dC_{n+1}}{d\tau}. \end{aligned} \right\} (12)$$

$$-\frac{dC}{d\tau} = -\frac{v_2}{V} \frac{\partial C}{\partial V_a}. \quad (13)$$

Дифференциальное уравнение (13) имеет начальное и граничное условия:

$$\tau = 0, C = 0, V_a = 0, C = C_b.$$

Решая дифференциальные уравнения (12) и уравнение (13), после ряда математических преобразований получаем безразмерную функцию отклика для данного аппарата на импульсное возмущение по концентрации трассера:

Аналогично для зоны идеального вытеснения:

$$C(\theta) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{p^{i-1} (1+p)^{i(n-1)}}{\min(in-1)!} \left[ \theta - (i-1) \frac{V}{p} \right]^{(in-1)} \exp \left[ -\frac{(1+p)}{m} \left[ \theta - (i-1) \frac{V}{p} \right] \right] 1 \left\{ \theta - (i-1) \frac{V}{p} \right\}. \quad (14)$$

Начальным моментом первого порядка для функции (14) является среднее время пребывания частиц материала в аппарате –  $\tau$ .

Выражение для дисперсии функции (15) имеет вид:

$$\sigma_0^2 = 1 + \frac{V^2}{p} - \frac{n(n-1)m^2}{p+1}. \quad (15)$$

Анализ уравнения (15) показывает, что при большом значении параметра рецикла ( $p \rightarrow \infty$ ) безразмерная дисперсия  $\sigma_0$  стремится к единице, то есть при большой доле рецикла модель движения твердой фазы в аппарате переходит в модель идеального перемешивания.

## ВЫВОДЫ

1. Предложены методы инженерного расчета и выбора оптимального режима работы сушилок для широкопористых дисперсных материалов с критическим размером пор более 6 нанометров.

2. Разработанные физические и математические модели позволили вскрыть особенности гидродинамики движения и взаимодействия газовой и твердой фаз в

плоских вихревых аппаратах и определить важнейшие их характеристики ( $q_0$ ,  $m$ ,  $\tau_{cp}$ ).

3. Для тонкопористых материалов с размерами наиболее тонких пор до 5 нанометров на основании результатов исследования рекомендованы сушилки фонтанирующего слоя с закрученным потоком, в том числе с сушкой на инертном зернистом материале.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.
2. Сажин В.Б., Сажина М.Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические решения. – М., 2001.
3. Сажин Б.С., Кочетов Л.М., Отрубянников Е.В. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2009, № 1. С. 4.
4. Белоусов А.С., Сажин Б.С., Кочетов Л.М., Лопачев А.В., Сажин В.Б. Структура потоков двухфазной полидисперсной смеси в вихревой сушилке. Успехи в химии и химической технологии. – Т. XIX. №10 (58). 2005. С. 77...79.

Рекомендована кафедрой процессов, аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 15.06.10.

УДК 677.024: 519.15

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
АЛГОРИТМОВ ВЫДЕЛЕНИЯ РАПОРТОВ  
ИЗ ТОЧЕЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВТОРОГО КЛАССА**

Г.И. БОРЗУНОВ

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

E-mail: borzunov@mail.ru

*Статья содержит результаты экспериментального исследования зависимости в среднем случае времени выделения раппортов с помощью ранее опубликованных алгоритмов Rpt2, Rpt4 от уровня шума.*

*Article contains the results of an experimental research of dependence of repeats allocation on the average case of time with the help of before published algorithms Rpt2, Rpt4 from a noise level.*

**Ключевые слова:** метод статистического моделирования, алгоритм выделения раппортов, точечные изображения второго класса, ускорение алгоритма Rpt4, уровень шума.

В настоящей работе приводятся результаты вычислительного эксперимента по определению временной сложности ранее опубликованных алгоритмов Rpt2, Rpt4 [1] в ситуации, которую в теории анализа алгоритмов принято называть средним случаем [2]. Точечные изображения второго класса отличаются от изображений первого класса тем, что цвета отдельных точек, одинаково расположенных относительно левого верхнего угла раппорта, но принадлежащих разным раппортам оказываются различными. Эти различия, как правило, бывают весьма незначительными, имеют случайный характер и могут рассматриваться как шум, наложенный на истинное изображение. Такие изображения получаются чаще всего в результате сканирования или с помощью цифрового фо-

тографирования. Далее в работе используются следующие обозначения:  $A[K][K]$  – массив, в котором размещается точечное ахроматическое изображение, то есть элементы  $A$  принимают значения в пределах от 0 до 255;  $N$  – количество раппортов, которые укладываются в исходном изображении;  $Noise$  – дробное число, значение которого заключается в пределах от 0 до 1 и показывает, какая доля пикселей в изображении изменяется. При проведении вычислительного эксперимента использовались ахроматические точечные изображения, генерация которых выполнялась следующим образом. Осуществлялся ввод размерности точечного изображения  $K$  и количества раппортов в этом изображении  $N$ . Распределялась память для массива  $A[K][K]$ , предназначенного для размеще-

ния и хранения кодов точек изображения. После этого левая верхняя область этого массива  $A[K/N][K/N]$ , размер которой совпадал с раппортом генерируемого изображения, заполнялась случайными числами из диапазона от 0 до 255. Далее копиями этой области заполнялся весь массив  $A[K][K]$ . После этого каждая точка в  $A[K][K]$  с вероятностью Noise заменялась на некоторое случайное значение, равномерно распределенное от 0 до 255. Для сравнительного анализа экспериментальной временной сложности алгоритмов

Rpt2, Rpt4 в среднем случае были выполнены измерения числа сравнений (T2, T4) при выделении раппортов и времени (T2 с, T4 с), которое потребовалось для выполнения этой операции (табл. 1). Эти измерения выполнялись при Noise=0,02 и при числе повторений эксперимента в каждой точке, равном 4. В результате этого эксперимента была установлена зависимость временной сложности в среднем случае алгоритмов Rpt2, Rpt4 от параметров K и N.

Т а б л и ц а 1

№	N	K	Rpt2		Rpt4		Ускорение Rpt4		
			T2	T2 с	T4	T4 с	T2/ T4	T2 с/ T4с	
1	5	10	10947	0	899	0,0117184	12,17686	0	
2	5	20	136140	0,0156288	8848	0,003	15,38653	5,2096	
3	5	30	1575586	0,0937472	31264	0,0039072	50,39617	23,99345	
4	5	40	9392885	0,4999936	78159	0,0039072	120,1766	127,9672	
5	5	50	70075207	3,812505	145725	0,0078112	480,8729	488,0819	
6	5	60	230289086	10,01562	272510	0,0195328	845,0666	512,7591	
7	5	70	507441577	17,31251	422689	0,0234368	1200,508	738,6892	
8	5	80	1457284354	59,34374	642937	0,0351552	2266,605	1688,05	
9	5	90	3176871730	107,2813	921130	0,050784	3448,885	2112,502	
10	5	100	6420180834	200,9688	1219983	0,0624992	5262,517	3215,542	
11	5	110	12683986333	390	1655218	0,0937504	7663,031	4159,982	
12	5	120	22691947654	619,5	2239182	0,1171872	10134,03	5286,414	
13	10	20	135299	0,0117184	6440	0,003	21,00916	3,906133	
14	10	30	1605176	0,1015648	22279	0,0039072	72,04884	25,99427	
15	10	40	10063473	0,61328	51148	0,0039072	196,752	156,9615	
16	10	50	47971199	2,855469	102561	0,0078112	467,7333	365,5609	
17	10	60	159990033	9,257812	192391	0,0117184	831,5879	790,0236	
18	10	70	414839178	23,40235	297972	0,0156256	1392,209	1497,693	
19	10	80	974157448	54,125	421790	0,027344	2309,579	1979,41	
20	10	90	2063001319	113,2031	666507	0,0351552	3095,243	3220,095	
21	10	100	3849147294	210,7695	856651	0,0507808	4493,25	4150,575	
22	10	110	7551657142	408,0273	1202427	0,0624992	6280,346	6528,52	
23	10	120	12364898916	651,1914	1562858	0,0859392	7911,723	7577,35	
24	15	30	1636341	0,1093728	20910	0,003904	78,25638	28,01557	
25	15	40	10910661	0,6953152	50650	0,0039072	215,4129	177,9574	
26	15	50	40765268	2,410154	102932	0,0078144	396,0408	308,4247	
27	15	60	130956768	7,61719	191942	0,0117184	682,2726	650,0196	
28	15	70	348232094	19,73828	297383	0,0156224	1170,989	1263,46	
29	15	80	946307907	53,64844	422715	0,027344	2238,643	1961,982	
30	15	90	2038116460	111,8242	669275	0,0351584	3045,26	3180,583	
31	15	100	3782164934	204,0703	864133	0,0468736	4376,832	4353,63	
32	15	110	6996771242	376,332	1206414	0,0664064	5799,644	5667,104	
33	15	120	13027670443	699,5313	1565955	0,0859392	8319,313	8139,84	
34	20	40	10082512	0,640624	51862	0,0039072	194,4104	163,9599	
35	20	50	52371448	3,125002	125230	0,0117184	418,2021	266,6748	
36	20	60	137985031	7,820313	214543	0,0312512	643,1579	250,2404	
37	20	70	386984456	21,99609	280868	0,0156256	1377,816	1407,696	
38	20	80	826124822	45,42969	461659	0,027344	1789,47	1661,413	
39	20	90	1788272315	98,33594	583659	0,031248	3063,899	3146,951	
Средние значения коэффициентов ускорения Rpt4							2368,737	1981,621	

На рис. 1 в качестве примера приводятся графики зависимостей числа сравнений от параметра К при выделении рап-

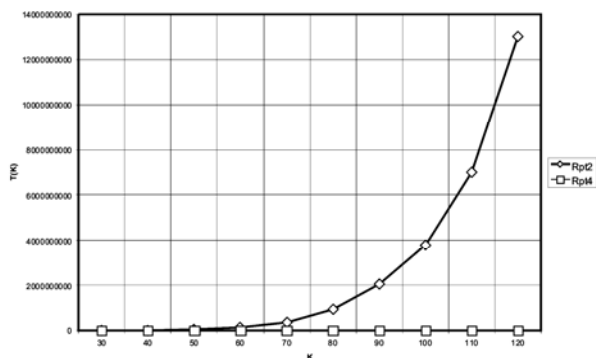


Рис. 1

портов с помощью алгоритмов Rpt2, Rpt4, если N=15 и Noise=0,02.

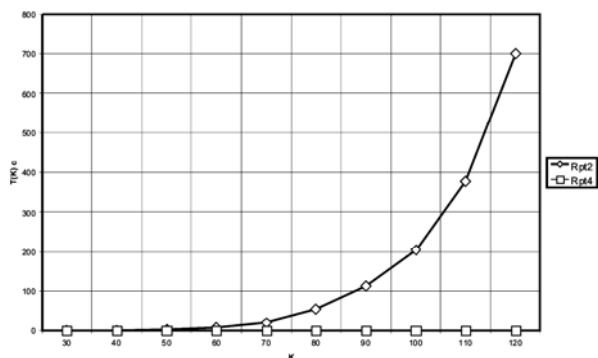


Рис. 2

На рис. 2 представлены зависимости времени выделения раппортов изображений от параметра К, если для выделения раппортов используются алгоритмы Rpt2, Rpt4, а число раппортов в изображениях и коэффициент, определяющий уровень "шума", имеют следующие значения: N=15 и Noise=0,02. Данные вычислительного эксперимента подтверждают результаты теоретического анализа алгоритмов Rpt2, Rpt4: поиск раппорта с помощью алгоритма Rpt4 значительно (на 3 порядка) быстрее стандартного поиска раппорта с помощью алгоритма Rpt2 для любых К. Сравнение графиков, приведенных на рис. 1, 2, приводит к такому же выводу. Поэтому алгоритм Rpt2 может применяться для обработки небольших изображений, например, для обработки изображений, размер-

ность которых не превосходит размерности 80×80. В этом случае выделение раппорта с использованием программной реализации алгоритма Rpt2 в среднем требует не более 60 с. Ввиду ограниченного применения алгоритма Rpt2 далее зависимость временной сложности выделения раппорта от уровня "шума" (параметра Noise) экспериментально исследовалась только для алгоритма Rpt4. Анализ этих результатов показал, что временная сложность выделения раппорта линейно растет с увеличением значения параметра Noise. При этом угол наклона прямой, соответствующей этой зависимости, определяется размерами обрабатываемого изображения: угол наклона увеличивается с увеличением значения параметра К, что наглядно представлено на рис. 3, 4.

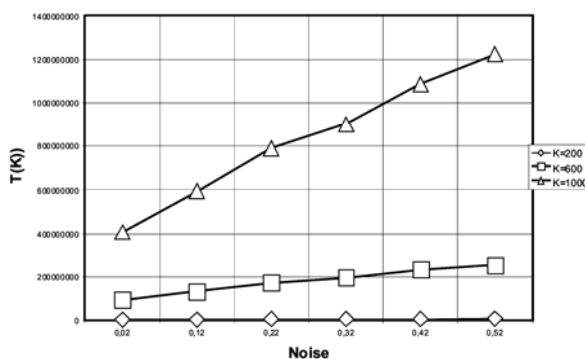


Рис. 3

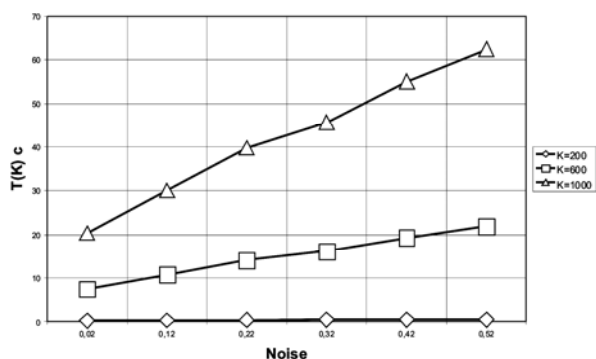


Рис. 4



На этих рисунках представлены зависимости числа сравнений (рис. 3) и времени (рис.4) в среднем случае при выделении раппортов с помощью алгоритма Rpt4 от уровня "шума" при N=100 и числе повторений эксперимента в каждой точке, равном 4. Полученные результаты объясняются тем, что усиление "шума" приводит к увеличению среднего значения функции несовпадения и, следовательно, к увеличению среднего времени вычисления этой функции. В реальной ситуации распределение изменений точек изображений может быть неравномерным. Тогда время поиска раппорта может оказаться большим, чем при равномерно распределенном "шуме". Действительно, пусть максимальное число изменений находится в левом верхнем углу изображения, а минимальное количество измененных точек – в его правом нижнем углу. Ввиду того, что поиск раппорта начинается с левого верхнего угла изображения, то при почти монотонном уменьшении значений функции несовпадения временная сложность выделения раппорта будет приближаться к худшему случаю. Кроме установленного увеличения временной сложности с ростом уровня "шума" в ходе вычислительного эксперимента с алгоритмом Rpt4 были выявлены случаи выделения в качестве раппортов фрагментов изображения, размеры которых превосходят в целое число раз размеры раппорта исходного изображения, на которое накладывался "шум". Такие завышения размеров раппортов происходили начиная с некоторого уровня "шума" и тем чаще, чем выше уровень "шума". Выделения в качестве раппортов фрагментов изображения указанного вида обусловлены принятым критерием нахождения поиска раппортов точечных изображений: прямоугольный фрагмент изображения является

раппортом тогда и только тогда, когда для него значение функции несовпадения оказывается минимальным. Для возможного уменьшения размеров выделенного с помощью алгоритма Rpt4 в качестве раппорта фрагмента точечного изображения можно этот фрагмент дополнительно обработать с использованием алгоритма Rpt2. При этом вновь выделенный фрагмент с использованием алгоритма Rpt2 принимается в качестве раппорта, если при этом функция несовпадения не превышает некоторый порог, значение которого выбирается экспериментально. Дальнейшее снижение временной сложности выделения раппортов может быть достигнуто с использованием средств параллельного программирования.

## ВЫВОДЫ

1. Ускорение алгоритма Rpt4 по сравнению с алгоритмом Rpt2 в среднем случае составляет 2368 при измерениях временной сложности в числах сравнений и 1981 – при измерении временной сложности в секундах.
2. Временная сложность выделения раппорта с помощью алгоритма Rpt4 линейно растет с увеличением уровня "шума".

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Borzunov G. I.* Study of algorithms for recognition of pixel image rappers// Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2009, № 3С. Р.101...103.
2. *Макконелл Дж.* Основы современных алгоритмов. – 2-е доп. изд.. – М.: Техносфера, 2004.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна. Поступила 04.02.10.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

М.А. ЛЫЦОВА, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)  
E-mail: ttp@igta.ru

*Рассмотрены различные методы кодирования текстильных изделий. Разработана единая матричная форма кодирования изделий. Приведена ее связь со штриховым кодированием.*

*Various methods of textile articles coding are considered herein. The uniform matrix form of articles coding is developed. Its communication with shaped coding is resulted.*

**Ключевые слова:** текстильные изделия, кодирование потребительских товаров, штриховой код.

В настоящее время предприятия текстильной и легкой промышленности, торговые организации, государственные учреждения используют несколько методик кодирования текстильных изделий.

В торговой классификации каждому текстильному изделию присваивается шестиразрядный числовой код (артикул) [1]. Каждая цифра артикула кодирует изделие в соответствии с выделенными классификационными признаками.

Методология кодирования текстильных изделий по учетной классификации представлена кодом Общероссийского классификатора продукции ОК 005-93 [2] также в виде цифрового кода. Код ОКП состоит из двух частей: классификационной (К-ОКП) и ассортиментной (А-ОКП). Код К-ОКП состоит из шести цифр, которые распределяют всю продукцию по пяти наиболее существенным признакам. Ассортиментная часть кода – четырехразрядная.

Код изделий по таможенной классификации [3] – десятиразрядный, цифровой. Текстильные товары сосредоточены в XI разделе товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности России (ТН ВЭД России), включающем 14 групп.

Таким образом, в соответствии с известной методологией кодирования [4] код по торговой классификации является се-

рийно-порядковым, код по учетной классификации и код по таможенной классификации отражают последовательный принцип кодирования. Отметим, что во всех перечисленных методологиях код нетканых текстильных изделий представлен вектором (в виде строки цифр) и основан на 3-4 классификационных признаках. В случае введения большего числа классификационных признаков код удлиняется, в результате чего возникают трудности с обеспечением системы кодирования, и усложняется идентификация объектов кодирования. Также в случае неоднозначной интерпретации классификационного признака (например, используются различные виды сырья) текстильному изделию сложно присвоить однозначный код в виде вектора-строки.

Предлагается ввести матричную форму кодирования, которая позволит увеличить число классификационных признаков и учитывать возможность наличия нескольких значений одного признака. Сущность матричной системы кодирования заключается в следующем. Предположим, что в некоторой классификации нетканых текстильных изделий содержится  $n$  классификационных признаков, в каждом из которых содержится не более, чем  $m$  значений. Обозначим

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й признак принимает значение } j, \\ 0, & \text{если } i - \text{й признак не принимает значение } j, \end{cases} \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Тогда код изделия из нетканого материала представляется в виде матрицы размера  $n \times m$ , элементами которой являются булевы переменные (1).

На практике чаще всего текстильному изделию из нетканых материалов невозможно поставить в соответствие однозначный код в виде вектора-строки вследствие того, что одному классификационному признаку можно поставить в соответствие не одно его значение. Например, когда используется несколько различных видов сырья или нетканое полотно подвер-

гается нескольким способам отделки. В этом случае матричная форма позволяет поставить в соответствие текстильному изделию из нетканых материалов однозначный код в виде матрицы определенного размера, элементами которой являются булевы переменные (1).

Рассмотрим абстрактную классификацию с расширенным числом классификационных признаков, представленную в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Признак ( $P_i$ )	Значение признака	Порядковый номер значения признака ( $j$ )
Среда использования	Личностная	1
	Общественная (бытовая)	2
	Производственная	3
	Ландшафтно-производственная	4
Назначение	Для одежды	1
	Для белья	2
	Для обуви	3
	Прочие личностные	4
	Для мебели	1
	Для гардин	2
	Для напольных покрытий	3
	Для покрывал	4
	Прочие бытовые	5
	Тарочные, обтирочные	1
	Изоляционные	2
	Фильтровочные	3
	Медицинские	4
	Для прочих технических целей	5
	Для строительных целей	1
	Для производственных целей	2
Геотекстиль	3	
Прочие производственные	4	
Вид сырья	Хлопчатобумажные	1
	Льняные	2
	Шерстяные	3
	Шелковые	4
	Искусственные	5
	Синтетические	6
	Прочие	7
Способ производства	Холстопршивные	1
	Нитепршивные	2
	Тканепршивные	3
	Иглопробивные	4
	Клеевые	5
	Прочие	6

Способ отделки	Суровые	1
	Отбеленные	2
	Крашенные	3
	С пропиткой	4
	Аппретированные	5
	Остриженные	6
	Прочие	7
Длительность использования	Одноразовые	1
	Краткосрочные	2
	Долгосрочные	3

Например, код конкретного текстильного изделия из нетканого материала может быть представлен следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Код в соответствии с (2) и табл. 1 расшифровывается следующим образом: по среде использования текстильное изделие из нетканого материала классифицируется как личностное, по назначению – для одежды и прочих личных целей, по виду сырья – хлопчатобумажное и синтетическое, по способу производства – иглопробивное, по способу отделки – крашеное и остриженное, по длительности использования – долгосрочное.

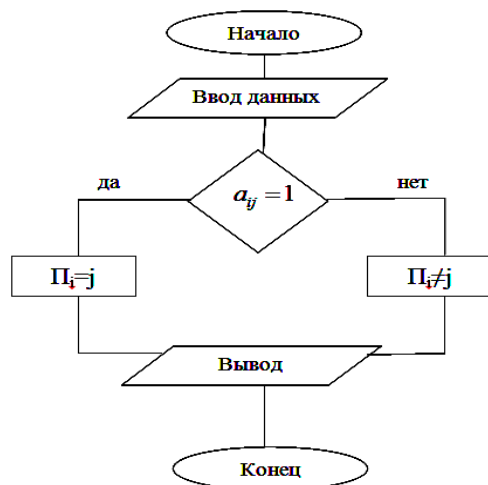


Рис. 1

Рассмотрим информационное обеспечение матричной системы кодирования текстильных изделий (на примере нетканых текстильных изделий). Алгоритм распознавания кода представлен на рис. 1.

Первый шаг алгоритма состоит в том, чтобы ввести матричный код. На втором шаге происходит построчный просмотр элементов матрицы. Если элемент  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца матрицы равен единице, то  $i$ -му признаку присваивается значение  $j$ , в противном случае не присваивается данное значение. На третьем шаге происходит вывод результатов, где формируется информация о соответствующем текстильном изделии.

Отметим также, что обязательным условием внешней и внутренней торговли потребительскими товарами, в том числе текстильными изделиями, является наличие штрихового кода на товаре. Штрихкод позволяет значительно экономить время при вводе и считывании информации о товаре, а также избежать ошибок, которые часто возникают при вводе данных вручную. В настоящее время наиболее распространенным является линейный штриховой код, однако в связи с ускоряющимся ростом объема информации получает распространение двумерный штрих-код, в том числе матричный двумерный штрих-код, который наиболее плотно упаковывает информацию.

Предложенная выше система матричного кодирования текстильных изделий вполне соотносится с существующими в настоящее время матричными двумерными штриховыми кодами – и в том и в другом случае каждой ячейке матрицы ставится в соответствие определенная информация. Поэтому предлагаемый мат-

ричный код товара может быть преобразован в двумерный штриховой код, который в дальнейшем используется для электронного считывания информации о товаре.

### ВЫВОД

На основе анализа существующих подходов в кодировании текстильных изделий [1...3], формирующих только код в векторной форме, для расширения функциональных возможностей классификации изделий предложено ввести матричную систему кодирования, апробированную на нетканых текстильных изделиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Прейскурант № 031. Розничные цены на нетканые текстильные материалы. – М.: Прейскурантиздат, 1982.
2. ОК 005–93. Общероссийский классификатор продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1993–2003.
3. Товарная номенклатура Внешнеэкономической деятельности [Электронный ресурс] / [www.tamognia.ru](http://www.tamognia.ru).
4. Николаева М.А. Товароведение потребительских товаров. Теоретические основы. – М.: Изд-во НОРМА, 1997.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 15.03.10.

---

УДК 677.017.31:678.029.46

### АНИЗОТРОПИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НИТОЧНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ КОМПОЗИТОВ

Г.В. БАШКОВА, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, А.П. БАШКОВ, Д.А. АЛЕШИНА, И.Ю. НАТЕРТЫШЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: milena55@yandex.ru

*В статье обосновывается целесообразность применения основовязаного трикотажа (тамбурного способа петлеобразования) как армирующего наполнителя композиционных материалов. Имея практически равную растяжимость при многоосевых деформациях, такая трикотажная структура технологичнее при формовании объемных деталей.*

*The article proves the expediency of the application of the warp knitted fabric (tambour method of looping) as the reinforcement for the composite materials. Possessing almost the equal elongation under the multi-axial deformations, such knitting structure is more beneficial from the technological point of view when the three-dimensional details are formed.*

**Ключевые слова:** анизотропия механических свойств, многоосевые нагрузки, армирующий трикотаж, волокнистый композит.

При формовании композитных материалов объемных форм важно, чтобы текстильный армирующий слой получал минимальные и равномерные деформации во всех направлениях, с сохранением целостности и стабильности структуры. Этим требованиям, на наш взгляд, более всего отвечает основовязаный трикотаж. В настоящей работе предлагается использовать изнаночный производный трикотаж тамбурного петлеобразования из льняной

пряжи, полученной из короткого волокна или отходов. Свойства трикотажа легко варьируются за счет введения дополнительных протяжек, набросков, сдваивания петель и прокладывания каркасных уточных нитей. Эти решения позволяют вырабатывать трикотаж широкого диапазона свойств и материалоемкости: от анизотропных до почти изотропных [1]. Использование льняных отходов позволит удешевить продукт и обеспечить хорошую аде-

зию текстильного каркаса с полимерной матрицей композита.

При объемной деформации можно считать, что элементарный участок полотна испытывает двунаправленные напряжения в плоскости (рис. 1). Двухосное напряженное состояние составляет 60...70 % общего напряженного состояния и требует учета деформируемости материала в двух направлениях [2].

В материалах с упорядоченной структурой, например в ткани, прослеживается анизотропность в двух направлениях: по основе и по утку [3]. В основовязаном трикотаже анизотропность будет сложнее, поскольку имеющиеся связи между нитями направлены во многих направлениях, а растяжимость структуры обеспечивается работой нитей не только на растяжение, но и на изгиб. Существенное влияние на деформационные свойства трикотажа оказывает трение между нитями при их взаимном смещении в узлах ячейки [4]. Кроме этого в трикотаже при снятии нагрузок значительно заметнее релаксационные процессы и явления гистерезиса. Все это дает основание со значительной долей вероятности считать, что в макрообъемах полотно будет однородно упруговязким, испытывающим упругие деформации от сил сжатия-растяжения  $R_{ij}$ , по нормали к поверхности элементарной площадки и частично необратимые касательные деформации сдвига, определяемые силами трения  $T_{ij}$  (рис. 1 – элементарные силы: а) – действующие на нити в текстильной структуре; б) – действующие на элементарную площадку полотна).

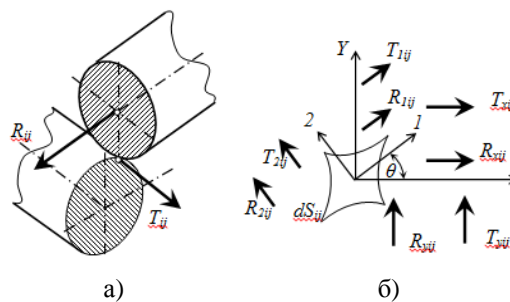


Рис. 1

При изменении направления деформации на угол  $\theta$  относительно координатных осей необходимо вести оси ортогоotropии площадки 1-2. Тогда упруговязкое состояние полотна в соответствии с законом Гука можно записать в векторно-матричном виде:

$$\{\varepsilon\} = [C]\{\sigma, \tau\},$$

или

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{1x} & C_{2x} \\ C_{1y} & C_{2y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x, \tau_x \\ \sigma_y, \tau_y \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $\{\varepsilon\}$  – относительные деформации полотна;  $[C]$  – матрица податливости;  $\{\sigma\}$  – нормальная компонента напряжения;  $\{\tau\}$  – касательная компонента напряжения.

Для расчета деформационных характеристик при изменении направления нагрузки на угол  $\theta$  можно пользоваться тригонометрическими зависимостями, обозначая их  $l = \cos\theta$ ,  $m = \sin\theta$ :

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l^2 & m^2 \\ m^2 & l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_X \\ R_Y \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l^2 & m^2 \\ m^2 & l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l^2 & m^2 \\ m^2 & l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Для областей развития упругих дефор-

маций сумма проекций сил на ось X имеет вид [5]:

$$\left( \sigma_x + \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} dx \right) dy - \sigma_x dy + \eta \left( \tau_{xy} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} dy \right) dx + dG_x = \rho dx dy \frac{dv_x}{dt}, \quad (3)$$

где  $dG$  – проекция внешней силы на ось  $x$ ;  $\rho$  – плотность волокнистой среды;  $\eta$  – коэффициент внутренней вязкости (внутреннего трения);  $dv_x/dt$  – проекция на ось  $x$  полной производной вектора скорости по времени с учетом локального и конвектив-

ного изменения вектора скорости, записывается в виде:

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}. \quad (4)$$

После подстановки (4) в уравнение (3) и приведения членов уравнения к единице объема с учетом  $\rho g = \gamma$  и преобразований получим:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \gamma + \eta \left[ \frac{\partial^2 v_x}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial^2 y} + \frac{1}{3\partial x} \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) \right] = \frac{\gamma}{g} \left( \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} \right). \quad (5)$$

Аналогично находятся уравнение, суммы проекций сил на ось  $y$ .

Решение дифференциальных уравнений (5) позволяет составить уравнения со-

стояния линейнодеформируемого тела с вязкопластическими свойствами для зоны упругих и линейных деформаций:

$$\sigma_x = \lambda \varepsilon + 2G_1 \varepsilon_x; \quad \sigma_y = \lambda \varepsilon + 2G_1 \varepsilon_y; \quad \tau_x = G_1 \gamma_x; \quad \tau_y = G_1 \gamma_y, \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{E}{3(1-2\mu)} - \frac{2}{3} G_1; \quad G_1 = \frac{E}{2(1+\mu)}, \quad (7)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_x + \varepsilon_y, \quad \varepsilon_x = \frac{\partial U_x}{\partial x}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial U_y}{\partial y}, \quad (8)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $E$  – модуль упругости;  $\partial U_x, \partial U_y$  – проекции линейного перемещения при деформации по осям координат.

Для области предельного состояния среды, после которого деформации необратимы, предполагается существование общей зависимости для выражения интенсивности касательных напряжений

$$T = (H_0 + \sigma_1) \operatorname{tg} \psi + \eta S, \quad (9)$$

где  $H_0$  – связность;  $\sigma_1$  – среднее нормальное напряжение;  $\operatorname{tg} \psi$  – коэффициент тре-

ния;  $S$  – интенсивность скоростей деформации сдвига.

Тогда из уравнения (9) получаются механические уравнения состояния вязкопластической деформации полотна в первом приближении:

$$\left. \begin{aligned} H_0 &\cong C_\omega \operatorname{ctg} \rho; \quad \operatorname{tg} \psi \cong \operatorname{tg} \rho, \\ \sigma_1 &= k_1 \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right), \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где  $k$  – модуль объемной вязкости.

Интенсивность скоростей деформации сдвига определяется зависимостями вида:

$$S = \sqrt{\frac{2}{3}} \left[ \phi_{xy}^2 + \frac{3}{2} \eta_{1xy}^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \quad \phi_{xy}^2 = \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2; \quad \eta_{1xy} = \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x}. \quad (11)$$

Величина  $\eta_{1xy}$  – определяет угловые скорости деформации сдвига.

Таким образом, используя зависимости (1), (2), а также (6)...(8), можно рассчитать деформации трикотажного полотна при



многоосевых нагрузках. Задача сводится к корректному определению величин коэффициента Пуассона  $\mu$ , модуля упругости  $E$  и удлинения образца  $\partial U_x, \partial U_y$ .

Значения удлинения и модуля упругости для экспериментального образца основовязаного тамбурного трикотажа были получены при его испытаниях на универсальной измерительной установке Инстрон 1122 при скорости деформирования 200 мм/мин и базовой длине образцов  $L=100$  мм. В ходе испытаний была получена зависимость удлинения  $\epsilon, \%$ , от нагрузки  $P, H$ , представленная на рис. 2, в табл. 1 (значения растяжимости, удлинения и усилия при разрыве основовязаного полотна) и в табл. 2 (средние значения коэффициента деформационной жесткости  $E_n$ ).

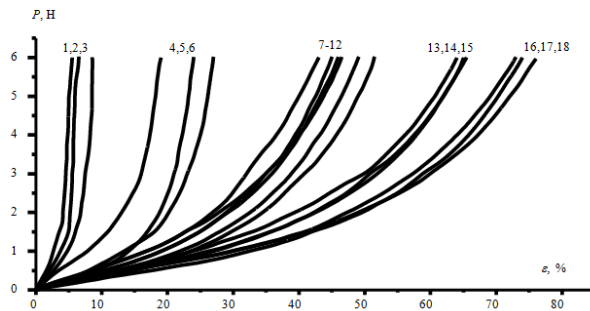


Рис. 2

Эксперимент показал, что для зон не усиленного утком полотна отношение растяжимостей вдоль и поперек основы стабильно для всех образцов и находится в пределах 1,3...1,7, что дает возможность утверждать о равномерности распределения нагрузки на все элементы структуры. Для сравнения – у ткани этот показатель в пределах 1,9...3,1 [1].

Таблица 1

Перечень образцов (направление растягивающих усилий)	Растяжимость $\epsilon_2$ при нагрузке $3H$ , %			Среднее значение $\epsilon_2$ , %	Удлинение при разрыве $\epsilon_{max}$ , %			Среднее значение $\epsilon_{max}$ , %	Усилие при разрыве $P_p, H$			Среднее значение $P_p, H$
	образец 1	образец 2	образец 3		образец 1	образец 2	образец 3		образец 1	образец 2	образец 3	
Полотно без утка (вдоль основы)	57,0	58,0	60,1	<b>58,7</b>	139,0	155,0	163,0	<b>152,3</b>	140,0	155,0	110,0	<b>135,0</b>
Полотно без утка (поперек основы)	32,5	35,1	35,1	<b>34,2</b>	111,0	114,0	116,0	<b>114</b>	215,0	225,0	225,0	<b>221,7</b>
Полотно с утком из акрила (вдоль основы)	50,6	51,6	52,6	<b>51,6</b>	122,0	138,0	138,0	<b>132,7</b>	180,0	170,0	160,0	<b>170,0</b>
Полотно с утком из акрила (поперек основы)	16,0	21,0	23,0	<b>20,0</b>	62,0	79,0	71,0	<b>70,7</b>	260,0	180,0	215,0	<b>218,0</b>
Полотно с утком из льна (вдоль основы)	35,0	37,8	42,6	<b>38,5</b>	122,0	132,0	130,0	<b>128</b>	160,0	165,0	165,0	<b>163,0</b>
Полотно с утком из льна (поперек основы)	4,5	5,5	7,5	<b>5,8</b>	15,0	23,0	18,0	<b>18,7</b>	790,0	490,0	650,0	<b>643,0</b>

Диаграмма растяжимости основовязаного полотна (рис. 2 – 1, 2, 3 – зона повышенного усиления поперек основы; 4, 5, 6

– зона среднего усиления поперек основы; 7, 8, 9 – зона без усиления утком поперек основы; 10, 11, 12 – зона повышенного

усиления вдоль основы; 13, 14, 15 – зона среднего усиления вдоль основы; 16, 17, 18 – зона без усиления утком вдоль основы) показывает, что пока нагрузка на образец не достигла известного предела, растяжимость  $\varepsilon$  прямо пропорциональна растягивающей силе  $P$  и обратно пропорциональ-

на площади поперечного сечения  $F$  образца, то есть соответствует закону Гука:

$$\varepsilon = \frac{P}{FE}. \quad (12)$$

По этой зависимости были рассчитаны значения  $E$  (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Перечень образцов (направление растягивающих усилий)	Среднее значе- ние $\varepsilon_1$ , %	Значе- ние $E_1$ при на- грузке 1,5 Н, Н/м	Среднее значение $\varepsilon_2$ , %	Значе- ние $E_2$ при на- грузке 3 Н, Н/м	Среднее значение $\varepsilon_3$ , %	Значение $E_3$ при нагрузке 6 Н, Н/м
Полотно без утка (вдоль основы)	42,7	140,52	58,7	102,21	74,2	80,86
Полотно без утка (поперек основы)	23,7	<b>253,16</b>	34,2	<b>175,44</b>	44,7	<b>134,23</b>
Полотно с утком из акрила (вдоль основы)	35,4	169,49	51,6	116,28	64,7	92,74
Полотно с утком из акрила (попе- рек основы)	15,4	<b>389,61</b>	20,0	<b>300,00</b>	23,0	<b>260,87</b>
Полотно с утком изо льна (вдоль основы)	27,8	215,83	38,5	155,84	49,0	122,45
Полотно с утком изо льна (поперек основы)	3,6	<b>1666,67</b>	5,8	<b>1034,48</b>	6,8	<b>882,35</b>

## В Ы В О Д Ы

1. Предложена методика расчета деформаций трикотажного полотна при многоосевых нагрузках, позволяющая прогнозировать его деформационные свойства.

2. Теоретический анализ и экспериментальные исследования показали, что растяжимость основовязаного трикотажа при многоосевых нагрузках почти одинакова в разных направлениях. Это создает преимущества при формировании композитных материалов сложной формы.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Баикова Г.В.* Трикотажная структура как интегрированная волокнистая система, армирующая композиты // *Соврем. наукоемкие технологии*

и перспект. мат. текст. и легк. пром-сти // *Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: ПРОГРЕСС-2010.* – Иваново: ИГТА, 2010. С. 61.

2. *Тканые конструкционные композиты /* Под ред. Т.-В. Чу и Ф. Ко.; пер. с англ./ под ред. Ю.М. Тарнопольского и В.Д. Протасова. – М.: Мир, 1991.

3. *Zheng J.* Measuring Technology of the Anisotropic Tensile Properties of Woven Fabrics // *Text. Res. Journal.* – v.78, 2008, №12. P.1116...1123.

4. *Баикова, Г.В., Баиков А.П., Алешина Д.А., Натертышев И.Ю.* // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2009, №2. С. 77...81.

5. *Седов Л.И.* Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1972.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 25.11.10.

## ПОСТРОЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОЙ СРЕДИННОЙ ПОВЕРХНОСТИ МАЛОРАСТЯЖИМОГО ЛИСТА

А. Г. УСОВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

E-mail: usovusov@gmail.ru

*На основе предложенной автором модели срединной поверхности малорастяжимого листа как многогранной поверхности рассматривается процесс построения поверхности изогнутого полотна как результат решения оптимизационной задачи.*

*On the basis of the model of a median surface of the low-stretchable sheet as a many-sided surface offered by the author, the process of construction of a writhed canvas surface as a result of the optimising problem decision is considered.*

**Ключевые слова:** малорастяжимый лист полотна, компьютерное построение, оптимизационная задача, целевая функция, изогнутая и скрученная полоска драпа, скатерть на круглом столе.

Рассматриваются некоторые вопросы построения срединной поверхности изогнутого листа текстильного полотна на основе теории тонких упругих оболочек [1]. Изгиб считается превалирующим видом деформации, так что растяжениями срединной поверхности можно пренебречь. Моделью чистого изгиба листа можно пользоваться при исследовании процессов укладки полотен, перемещения листов с помощью захватов, а также при исследовании расположения и форм складок в различных ситуациях. Целью настоящей работы является обоснование и демонстрация применимости предлагаемого метода построения срединной поверхности на конкретных примерах.

Основным упругим параметром при исследовании изгиба оболочки служит жесткость при изгибе, которую, в соответствии с традицией теории оболочек, будем обозначать как и цилиндрическую жесткость символом  $D$ . Жесткость при изгибе текстильного полотна зависит от гораздо более многих факторов, чем, например, цилиндрическая жесткость однородной металлической пластины. При теоретическом расчете изгибной жесткости тканого

материала учитывается его макроструктура: плотности нитей по утку и основе, рапорт и прочее [2]. Будем предполагать изгибную жесткость заданной величиной, зависящей от направления изгиба.

Если срединная поверхность оболочки нерастяжима, она представляет собой развертывающуюся поверхность. Область, занимаемая листом ткани, может содержать плоские, цилиндрические, конические участки или участки поверхности касательных. Участки разделяются общими прямолинейными образующими – сепаратрисами.

Построение изогнутой поверхности состоит из трех основных этапов: построения начального плана изгиба на плоской развертке, построение начальной многогранной поверхности, аппроксимирующей гладкую изогнутую поверхность, построение оптимальной поверхности, соответствующей минимуму потенциальной энергии оболочки.

Составление плана изгиба выглядит как построение на плоской развертке недеформированного листа прямых образующих, которым предназначено быть ребрами многогранника. Рассмотрим задачу

определения формы полоски шинельного драпа размерами 5x10 см, заделанной коротким краем вдоль утка в вертикальный клещевой зажим. Предположим, что изогнутая поверхность может иметь конические участки, но не будет содержать вершин конусов. Начальная (нулевая) образующая будет, очевидно, проходить через захваченный край (ось  $Ox$  на рис. 1).

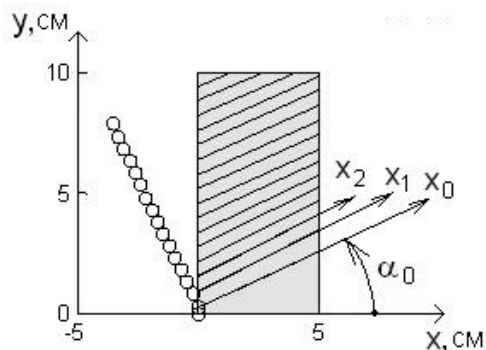


Рис. 1

Изогнутую поверхность будем строить как многогранную поверхность, состоящую из 17 граней. Задаем начальные углы между образующими:  $\Delta\alpha_1^0$  – угол между начальной и первой образующей;  $\Delta\alpha_2^0$  – угол между первой и второй образующей и т.д. В расчете этим величинам были присвоены нулевые значения, так что начальной направляющей служила ось  $Oy$ . В результате поиска оптимальной поверхности найдены:  $\Delta\alpha_1 = 0,4315$ ;  $\Delta\alpha_2 = 0,0420$ ... Начальная направляющая, полученная при этом, отмечена на рис. 1 кружками.

Предполагая, что первая грань, заключенная между начальной и первой образующими, не поворачивается относительно захвата, задаем начальные углы поворота граней друг относительно друга:  $\Delta\beta_1^0$  – угол поворота второй грани относительно первой и остальные углы. В результате оптимизационного поиска получаем  $\Delta\beta_1 = -0,3935$ ;  $\Delta\beta_2 = -0,360$ , ... Построенная поверхность изогнутой полоски изображена на рис. 2 (символом «х» отмечены центры тяжести граней).

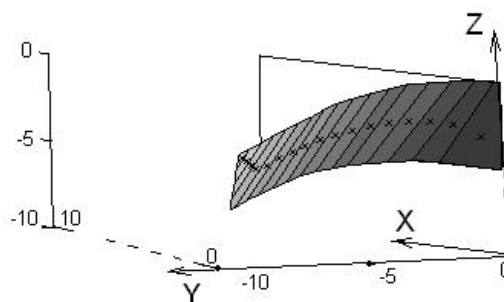


Рис. 2

При расчете учтена анизотропия изгибной жесткости. Найдены значения изгибной жесткости имевшегося образца драпа в разных направлениях относительно утка. Значения углов замера от утка до основы (в радианах): 0; 0,39; 0,79; 1,18; 1,57. Соответствующие значения изгибной жесткости (в  $\text{кг}\cdot\text{см}^2/\text{с}^2$ ): 125; 1,225; 1,2; 1,3; 1,4. Промежуточные значения получены интерполированием. Контрольные значения изгибной жесткости получены путем обработки результатов экспериментов по цилиндрическому изгибанию полосок опытного материала, вырезанных в разных направлениях. Обработка происходила с использованием программы поиска оптимальной поверхности, при этом целевая функция составлена из потенциальной энергии деформированной оболочки и «штрафа» за отклонение координат контрольных точек модели поверхности от их экспериментальных значений.

Потенциальная энергия изогнутого полотна вычислялась как сумма энергий, отнесенных к отдельным граням:

$$U_0 = \sum_{n=1}^N (U_n^f + U_n^g),$$

где  $U_n^f$  – энергия упругих сил, отнесенных к  $n$ -й грани;  $U_n^g$  – потенциальная энергия грани в поле сил тяжести. Средняя плоская поверхность недеформированного листа в захвате служит поверхностью нулевого уровня потенциальной энергии. Поскольку проектируемая развертываемая поверхность имеет только

одну ненулевую главную кривизну  $K$ , потенциальную упругую энергию  $n$ -й грани примем в виде:

$$U_n^f = 0,5D \iint_{F_n} K_n^2 dx dy,$$

где  $F_n$  – область многоугольника грани. Для общего случая разворачивающейся поверхности как поверхности касательных главная кривизна  $K$  в некоторой ее точке есть нормальная кривизна направляющей, проходящей через эту точку [3]:

$$K = -\frac{\kappa}{\nu k}.$$

Здесь  $\kappa$  и  $k$  – кручение и кривизна горловой линии поверхности касательных,  $\nu$  – дуговой параметр, отсчитываемый от горловой линии вдоль образующей до рассматриваемой точки. Из приведенной формулы, с учетом особенностей направляющих разворачивающейся поверхности [4], получаем, что приближенная величина нормальной кривизны в окрестности  $n$ -го ребра выстилаваемой поверхности может быть найдена как:

$$|K_n^0| = \left| \frac{\Delta\beta_n}{\Delta s_\sigma} \right|,$$

где  $|\Delta s_\sigma|$  – длина дуги направляющей, находящейся на расстоянии  $\sigma$  от начальной направляющей. Обозначив через  $S$  дуговую координату начальной направляющей, получим:

$$|K_n^0| = \left| \frac{\Delta\beta_n}{\Delta s + \sigma\Delta\alpha_n} \right|.$$

В качестве средней кривизны для  $n$ -й грани примем среднее арифметическое значение кривизны в окрестностях примыкающих к данной грани образующих.

Потенциальная энергия  $n$ -й грани в поле сил тяжести равна произведению ее

веса на высоту, на которую перемещается центр тяжести грани.

Рассмотрим построение поверхности изгиба круглого листа ткани радиусом  $R$ , свисающего в виде скатерти с круглого горизонтального стола радиуса  $r$ . Такую модель изучают при расчете дисковым методом коэффициента драпируемости материала, и ищут площадь горизонтальной проекции изогнутой скатерти [5]. Анализируя строение развертки, находим, что она должна включать в себя многоугольник, описанный около окружности стола, плоские лепестки, отгибающиеся вниз, и конические области с общими с многоугольником вершинами. Для изотропного идеально драпирующегося материала развертка является фигурой, обладающей осевой симметрией  $m$ -го порядка. Каждой свисающей скатерти с определенным соотношением плотности и изгибной жесткости соответствует свое число  $m$ , при котором она обладает минимальной потенциальной энергией. Для изотропного материала порядок симметрии  $m$  увеличивается с уменьшением жесткости, лепестки и конусные зоны выглядят как выпуклые и вогнутые складки.

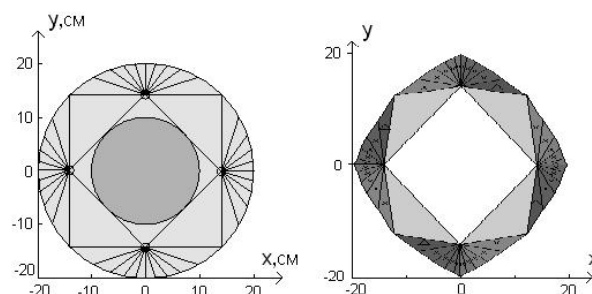


Рис. 3

На рис. 3 изображена развертка скатерти из шинельного драпа радиусом 20 см, наброшенной и прижатой к столу радиусом 10 см, в предположении, что жесткость на изгиб во всех направлениях та же, что и в направлении основы. Рядом изображена горизонтальная проекция свисающей скатерти.

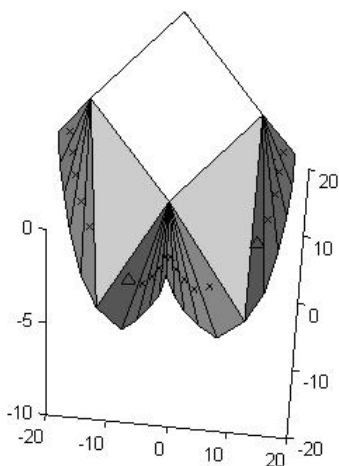


Рис. 4

На рис. 4 изображена пространственная модель скатерти. Анизотропная модель будет иметь две плоскости симметрии. Углы раствора смежных конусов будут разными, и лепестки будут разносторонними. Модель может быть доработана добавлением малых растяжений материала, наблюдаемых при образовании складок [6].

Отметим, что существуют и безмоментные модели складок [7].

Приведенные примеры демонстрируют применимость модели изогнутого текстильного полотна в виде многогранной

поверхности для исследования его изгибов вообще и для определения механических свойств полотна в частности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новожиллов В. В., Черных К. Ф., Михайловский Е. И. Линейная теория тонких оболочек. – Л.: Политехника, 1991.
2. Смирнова Н. А., Козловский Д. А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 2. С. 12...15.
3. Норден А. П. Краткий курс дифференциальной геометрии. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958.
4. Рашиевский П. К. Курс дифференциальной геометрии. – Изд. 4-е. – М.: Едиториал УРСС, 2003.
5. Кукин Г. Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). – М.: Легпромбытиздат, 1992.
6. Смирнов А. В., Брут-Бруляко А. Б. Экспериментальные исследования драпируемости льняных тканей// Тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф.: Лен – 98. – Кострома: КГТУ, 1998. С. 104...106.
7. Иванова О. В., Смирнова Н. А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6. С.79...82.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики. Поступила 25.04.10.

УДК 667.064.530.376

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ВЯЗКОУПРУГОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ

П.Ю. ТЕР-МИКАЭЛЯН, М.В.ШАБЛЫГИН, В.Ш. САРКИСОВ

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

E-mail: office@msta.ac.ru

*В предлагаемой модели для описания нелинейной вязкоупругости комплексной нити вязкоупругие свойства компонентов нити – мононитей – описываются трехэлементными механическими моделями с различными упругими и вязкими характеристиками, учитывающими наличие упругой и высокоэластической деформации мононитей при их растяжении.*

*In the offered model for the description of the complex thread nonlinear viscoelasticity the viscoelastic properties of a thread components – monothreads – are described by three-element mechanical models with the various elastic and viscous characteristics noting the presence of the elastic and high-elastic deformation of monothreads under their stretching.*

**Ключевые слова:** комплексные нити, нелинейная вязкоупругость, гипотеза о подобии кривых ползучести, область неразрушающего действия напряжения, дифференциальные уравнения.

В работе [1] для описания нелинейной вязкоупругости комплексных нитей из гибкоцепных полимеров (капроновая нить, лавсановая нить) в области малых деформаций применялась модель, в которой упругие и вязкие характеристики моонитей, являющиеся компонентами комплексной нити, определялись с применением принципа напряженно-временной аналогии. Однако, как следует из [2], применение данных принципов для описания ползучести комплексных нитей, например, для нити фенилон, характеризующихся только увеличением параметра скорости  $d\varepsilon/dlgt$ , с возрастанием времени  $t$  проведения эксперимента не представляется возможным (рис.1 – схематическое изображение кривых ползучести в координатах  $\varepsilon-lgt/t_1$ , где  $t_1$  – постоянная, выбор которой определяется интервалом времени проведения эксперимента;  $\sigma_1 < \dots < \sigma_i < \dots < \sigma_n$  – напряжения). Поэтому возникает необходимость в разработке моделей для описания нелинейной вязкоупругости таких нитей.

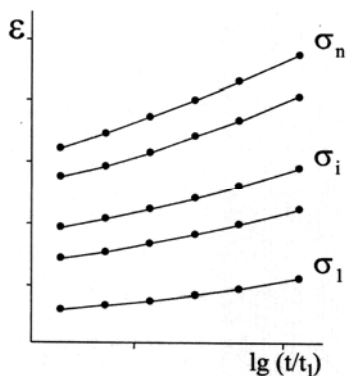


Рис. 1

В настоящей статье приводится модель для описания нелинейной вязкоупругости комплексных нитей с применением гипотезы о подобии кривых ползучести [3,с.323] с математической формулировкой, которая имеет вид:

$$\varepsilon_B = \varphi(\sigma)\psi(t, T), \quad (1)$$

где  $\varepsilon_B$  – высокоэластическая деформация;  $\varphi(\sigma)$  – функция, зависящая от напряжения;  $\psi(t, T)$  – функция, зависящая от времени  $t$  и температуры  $T$ :

$$\psi(0, T) = 0.$$

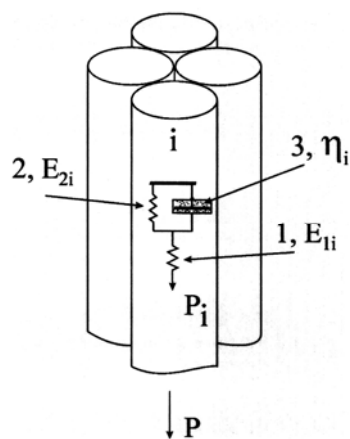


Рис. 2

Для описания нелинейной вязкоупругости комплексных нитей с применением гипотезы о подобии кривых ползучести рассмотрим модель, приведенную на рис.2 (схематическое изображение комплексной нити). В данной модели вязкоупругость компонент комплексной нити в области малых деформаций описывается трехэлементными механическими моделями, которые для моделирования деформации всей нити соединены параллельно (рис.3 – схематическое изображение соединения механических моделей).

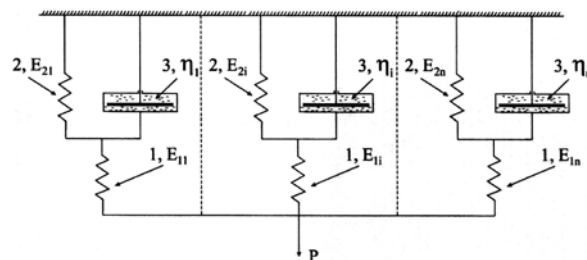


Рис. 3

Каждая из моделей учитывает наличие упругой и высокоэластической деформации в соответствующих компонентах нити. Упругий элемент 1 *i*-й механической модели моделирует упругую деформацию *i*-й монопилы, реализующейся мгновенно после приложения (снятия) нагрузки. Модуль упругости элемента 1- $E_{1i}$ . Высокоэластическая деформация *i*-й монопилы, зависящая от времени пребывания монопилы под нагрузкой и обусловленная обратимыми активационными процессами, протекающими в монопиле в процессе ее деформации, моделируется упругим элементом 2 и вязким элементом 3. Модуль упругости упругого элемента 2 *i*-й механической модели –  $E_{2i}$ . Коэффициент вязкости среды *i*-й механической модели –  $\eta_i$ .

Из условия равновесия для *i*-й механической модели имеем:

$$\sigma_i = \sigma_{1i} = \sigma_{2i} + \sigma_{3i}, \quad (2)$$

где  $\sigma_i$  – напряжение, обусловленное приложенной силой  $P$ ;  $\sigma_{1i}$  – напряжение, возникающее в первом элементе;  $\sigma_{2i}$  – напряжение, возникающее во втором элементе;  $\sigma_{3i}$  – напряжение, возникающее в третьем элементе.

Суммарная деформация  $\varepsilon_i$  *i*-модели складывается из упругой деформации модели  $\varepsilon_{yi} = \varepsilon_{1i} = \frac{\sigma_{1i}}{E_{1i}}$  и высокоэластической деформации  $\varepsilon_{bi}$ :

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_i}{E_{1i}} + \varepsilon_{bi}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{bi} = \varepsilon_{2i} = \varepsilon_{3i}$ ;  $\varepsilon_{2i}$  – деформация элемента 2;  $\varepsilon_{3i}$  – деформация элемента 3. Из уравнения (3) следует:

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_i - \frac{\sigma_i}{E_{1i}}. \quad (4)$$

Учитывая, что скорость высокоэластической деформации  $\frac{d\varepsilon_{bi}}{dt}$  связана с напряжением  $\sigma_{3i}$  равенством  $\sigma_{3i} = \eta \frac{d\varepsilon_{bi}}{dt}$ , где  $\eta$

– коэффициент вязкости, а напряжение возникающее в элементе 2, равно  $\sigma_{2i} = E_{2i}\varepsilon_{2i}$ , из уравнений (2) и (4) выводится дифференциальное уравнение механической модели для описания процесса растяжения *i*-й монопилы, учитывающее активизирующее действие напряжения на процесс деформации и ряд других факторов:

$$\sigma_i = E_{2i} \left( \varepsilon_i - \frac{\sigma_i}{E_{1i}} \right) + \eta_i \frac{d\varepsilon_{bi}}{dt}, \quad (5)$$

где  $\eta_i = \eta_i(\Delta U(\sigma_{Pi}), t, \varepsilon_{nvi}, T)$  – коэффициент вязкости,  $t$  – текущее время,  $E_{1i}$  и  $E_{2i}$  – упругие характеристики;  $\varepsilon_{nvi}$  – уровень предварительной высокоэластической деформации;  $\Delta U(\sigma_{Pi})$  – энергия активации, определяемая из экспериментов на ползучесть, соответствующая напряжению  $\sigma_{Pi}$ ;  $T$  – температура испытания. Рассматривая монопилу как реологическое твердое тело, допустим, что при растяжении *i*-й монопилы в изотермических условиях при  $\varepsilon_{nvi} = 0$  для коэффициента вязкости  $\eta$  монопилы выполняется правило логарифмической аддитивности, то есть

$$\eta = C\eta_1(N)\eta_2(\Delta U(\sigma_{Pi}))\eta_3(M), \quad (6)$$

где  $C = \text{const}$ ,  $N = N_0\psi(t)$ ;  $N_0$  – число активационных центров при  $t = 0$ ;  $\psi(t)$  – функция, зависящая от времени;  $M$  – средняя молекулярная масса монопилы.

Из зависимости (6), при  $M = \text{const}$ , следует, что

$$\eta = C_1 f(\sigma_{Pi})\psi(t), \quad (7)$$

где  $C_1 = CN_0\eta_3(M)$ ;  $\eta_2(\Delta U(\sigma_{Pi})) = f(\sigma_{Pi})$ ;  $f(0) = 1$ .



Из (7) вытекает, что зависимость коэффициента вязкости среды  $i$ -й механической модели от напряжения и времени должна иметь следующий вид:

$$\eta_i(\sigma_{\Pi i}, t) = C_{1i} f_i(\sigma_{\Pi i}) \psi_i(t). \quad (8)$$

Допустим, что упругие характеристики  $i$ -й модели  $E_{1i}$ ,  $E_{2i}$  изменяются в процессе растяжения модели по следующим законам:  $E_{1i} = E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})$ ,  $E_{2i} = E_{20i} f_i(\sigma_{\Pi i})$ , где  $E_{10i}$  и  $E_{20i}$  – постоянные. Следует отметить,

$$\sigma_i = E_{20i} f_i(\sigma_{\Pi i}) \left( \varepsilon_i - \frac{\sigma_i}{E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})} \right) + C_{1i} f_i(\sigma_{\Pi i}) \psi_i(t) \frac{d\varepsilon_{Bi}}{dt}. \quad (9)$$

После умножения правой и левой частей равенства (9) на  $m_i$ , а затем деления на

$$\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i m_i}{f_i(\sigma_{\Pi i})} = \sum_{i=1}^n m_i \left[ E_{20i} \left( \varepsilon_i - \frac{\sigma_i}{E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})} \right) + C_{1i} \psi_i(t) \frac{d\varepsilon_{Bi}}{dt} \right]. \quad (10)$$

Для установления зависимости  $\sigma_i$  от  $\sigma$  воспользуемся формулой  $\sigma_i = P_i/s_i$  где  $P_i$  – сила, приложенная к  $i$ -й мононити;  $s_i$  – площадь поперечного сечения  $i$ -й мононити. Уравнение равновесия модели, с учетом приведенной формулы для напряжения  $\sigma_i$ , представим в виде:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n m_i \sigma_i, \quad (11)$$

где  $m_i = s_i/S$ ;  $S$  – площадь поперечного сечения комплексной нити.

Из условия совместности упругой деформаций  $\varepsilon_{yi} = \varepsilon_{yj}$  и закона Гука следует:

$$\sigma_j = \sigma_i \frac{E_{10j} f_j(\sigma_{\Pi j})}{E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})}.$$

После подстановки последнего равенства в уравнение (11) и проведения преоб-

что, поскольку энергия активации  $\Delta U(\sigma_{\Pi i})$  не зависит от режимов достижения заданного  $\sigma_{\Pi i}$  и определяется из экспериментов на ползучесть, то введение зависимостей для  $E_{1i}$ ,  $E_{2i}$  и  $\eta_i$  от  $\sigma_{\Pi i}$  означает, что величины данных характеристик при нагружении не зависят от режимов достижения заданного напряжения  $\sigma_{\Pi i}$ . С учетом равенства (8) и приведенных зависимостей для  $E_{1i}$  и  $E_{2i}$  дифференциальное уравнение (5), после проведения подстановок, приводится к виду:

$f_i(\sigma_{\Pi i})$  и проведения суммирования получаем:

разований получим зависимость для  $\sigma_i$ :

$$\sigma_i = \frac{\sigma E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})}{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})}. \quad (12)$$

Из уравнения (10) с использованием уравнения

$$\frac{d\varepsilon_{Bi}}{dt} = \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{1}{E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})} \frac{d\sigma_i}{dt}$$

(уравнение следует из условия совместности деформаций:  $\varepsilon = \varepsilon_i = \varepsilon_{yi} + \varepsilon_{Bi}$  и закона Гука) и зависимости (12) выводится дифференциальное уравнение модели для описания вязкоупругих свойств комплексной нити, включающее в себя вязкоупругие характеристики компонент нити:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{\varepsilon \sum_{i=1}^n m_i E_{20i}}{\sum_{i=1}^n m_i C_{1i} \psi_i(t)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})} \frac{d\sigma}{dt} + \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^n m_i E_{20i}}{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i}} \right) \frac{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i}}{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i} f_i(\sigma_{\Pi i})} \frac{\sigma}{\sum_{i=1}^n m_i C_{1i} \psi_i(t)}. \quad (13)$$

Разрешая (13) относительно  $\varepsilon$  при напряжении  $\sigma = \text{const}$ , получим уравнение

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i} f_i(\sigma_i)} \left\{ 1 + \frac{\sum_{i=1}^n m_i E_{10i}}{\sum_{i=1}^n m_i E_{20i}} \left[ 1 - \exp \left( - \int_0^t \frac{\sum_{i=1}^n m_i E_{20i}}{\sum_{i=1}^n m_i C_{1i} \psi_i(\xi)} d\xi \right) \right] \right\}. \quad (14)$$

В (14) индекс "П" при символе  $\sigma$  опущен.

Из уравнения (14) выводится уравнение для  $\varepsilon$ , которое по своей структуре аналогично уравнению (1), что позволяет использовать уравнения модели (14) для описания ползучести исследуемых объектов с применением гипотезы о подобии кривых ползучести.

ползучести модели, которое представим в виде:

Для описания ползучести реальных комплексных нитей с использованием упругих и вязких характеристик компонент нити, характеризующихся кривыми ползучести, приведенными на рис. 1, положим, что  $E_{10i} = E_{10j} = E_{10}$ ,  $E_{20i} = E_{20j} = E_{20}$ ,  $C_{1i} = C_{1j} = C_1$ ,  $f_i(\sigma_i) = f_j(\sigma_j) = f(\sigma)$ ,  $\psi_i(\xi) = \psi_j(\xi) = \psi(\xi)$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots, j, \dots, n$ . Тогда уравнение (14) приводится к виду:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_{10i} f(\sigma)} \left\{ 1 + \frac{E_{10}}{E_{20}} \left[ 1 - \exp \left( - \int_0^t \frac{E_{20}}{C_1 \psi(\xi)} d\xi \right) \right] \right\}. \quad (15)$$

Для установления взаимосвязи  $E_{10}$ ,  $f(\sigma)$ ,  $\frac{E_{10}}{E_{20}}$  и  $\frac{E_{20}}{C_1 \psi(t)}$  с упругими и вязкими характеристиками мононити, определяемыми из экспериментов на ползучесть, рассмотрим уравнение ползучести модели (15) и уравнение ползучести, описывающее реальные кривые мононити:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} F(\sigma) [1 + a\phi(t)], \quad (16)$$

где  $E$  – модуль упругости мононити;  $a = \text{const}$ ;  $\phi(t)$  – функция, зависящая от времени  $t$ ;  $\phi(0) = 0$ ;  $F(\sigma)$  – функция, зависящая от напряжения.

Из уравнений (15) и (16) следует, что

$$E_{10} = E, f(\sigma) = F^{-1}(\sigma), \quad (17)$$

$$\frac{E_{10}}{E_{20}} = a, \frac{E_{20}}{C_1 \psi(t)} = \frac{\phi'(t)}{1 - \phi(t)}.$$

Полученные формулы (17) позволяют определять упругие и вязкие характеристики механических моделей, используя кривые ползучести мононитей. После определения упругих и вязких характеристик механических моделей по кривым ползучести мононитей с применением (17) становится возможным определение функций и постоянных входящих в уравнение ползучести модели (14) и в дифференциальное уравнение модели (13). Следует отметить, что изложенный подход с учетом введения

в математическое описание механической модели зависимости коэффициента вязкости от уровня предварительной высокоэластической деформации нити позволяет применить дифференциальное уравнение (13) и для описания и прогнозирования деформационных свойств комплексной нити, проявляемых при многоступенчатом режиме нагружения, по известным кривым ползучести мононитей.

## ВЫВОДЫ

Разработана модель для описания нелинейной вязкоупругости комплексной нити в области неразрушающего действия напряжения, в которой вязкоупругость

компонентов нити описывается с применением гипотезы о подобии кривых ползучести.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тер-Микаэлян П.Ю., Саркисов А.Ш., Саркисов В.Ш. // Сб. научн. тр.: Физикохимия полимеров (синтез, свойства и применение). – Тверь: ТГУ, 2008, вып. 14. С. 57...68.
2. Тер-Микаэлян П.Ю., Шаблыгин М.В., Саркисов В.Ш. // Химические волокна. – 2008, №6. С.40...43.
3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1968.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 21.05.10 .

УДК 677.052

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРЯДИЛЬНО-КРУТИЛЬНОГО ВЕРЕТЕНА  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ НИТЕЙ**

*В. А. КОПНИН, Г.К. БУКАЛОВ, И.В. СУСОЕВА*

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

*Статья посвящена исследованию вопроса о риске выхода из строя проходного веретена ВПК 32-65-140 прядильно-крутильной машины ПК-100МЗ в производстве комбинированных нитей.*

*Article is devoted to the research of a question on the mark of the failure of working spindle ВПК 32-65-140 of spinning-twisting machine PK-100M3 at the production of the combined threads.*

**Ключевые слова:** надежность прядильно-крутильного веретена, производство комбинированных нитей, безотказная работа оборудования, нагрузка, частота вращения.

Для оценки надежности машины ПК-100МЗ определяли экономический риск выхода из строя прядильно-крутильного веретена машины ВПК 32-65-140, который рассчитывали по формуле:

$$R=(1 - P) Y, \quad (1)$$

где P – вероятность события, что веретено ВПК 32-65-440 в рабочем режиме проработает 10000 ч; Y – экономический ущерб от выхода из строя веретена, руб.

Оценку долговечности веретена проводили методом ускоренных испытаний [1].

Для этого предварительно определяли коэффициент ускорения:

$$k_y=n_{в.ус}/n_{в.раб}, \quad (2)$$

где  $n_{в.ус}$ ,  $n_{в.раб}$  – соответственно частоты вращения веретена в рабочем режиме и при ускоренных испытаниях;  $n_{в.раб}$  согласно технологическому регламенту равняется 3750 об/мин, а  $n_{в.раб}$  – частота вращения 7000 об/мин, выбрана перед подходом ко второй критической скорости:

$$k_y = 7000/3750 = 1,87.$$

Экспериментальные исследования проводили на базе испытательной лаборатории АО "Коломнатекмаш". При полной нагрузке (1,225 кг) пять веретен типа ВПК 32-65-140 вращались с частотой 7000 об/мин. Веретена отработали 5300 ч, после чего эксперимент был прекращен, так как начали греться подшипниковые узлы, причем одно веретено вышло из строя из-за разрушения обоймы подшипника.

Затем согласно [1] определяли время безотказной работы оборудования в нормальном режиме:

$$T_{\text{норм}} = T_{\text{ус}} k_y, \quad (3)$$

где:  $T_{\text{ус}}$  и  $T_{\text{норм}}$  – соответственно время безотказной работы оборудования при ускоренных испытаниях и при нормальном режиме:

$$T_{\text{норм}} = 5300 \cdot 1,87 = 10000 \text{ ч.}$$

В заключение оценивали вероятность данного события, то есть то, что веретено ВПК 32-65-440 в рабочем режиме отрабатывает 10000 ч:

$$P = (1 - q)^{\frac{1}{N \cdot x}} = 0,81, \quad (4)$$

где  $q$  – коэффициент Стьюдента, для данного случая  $q = 0,8$ ;  $N$  – количество объектов, подвергнутых испытанию,  $N=5$  (по эксперименту);  $n$  – запас по ресурсу,  $n=1,3$ ;  $x$  – утяжеление,  $x=1,842$ .

УДК 677.054

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОСВЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН\*

*Е.Н.КРУГЛОВА, М.А.СТАШЕВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: ttp@igta.ru

*Приведены сравнительные испытания прямого и косвенного методов определения воздухопроницаемости тканых полотен.*

*Comparative trials of direct and indirect methods of determination of the woven cloths air permeability are resulted herein.*

**Ключевые слова:** прямой и косвенный методы, определение воздухопроницаемости, тканые полотна.

Показатель воздухопроницаемости текстильных материалов входит в состав единичных показателей качества в соответст-

Таким образом, вероятность  $P$ , вычисленная по формуле (4), будет равна 0,81.

Расчет ущерба от выхода веретена из строя определен по стандартной методике:

$$Y = 501,53 \text{ руб.}$$

После подстановки данных уравнения (4) и величины ущерба  $Y$  в (1) получаем:

$$R = (1 - P)Y = (1 - 0,81) \cdot 501,53 = 95,29 \text{ руб.}$$

## ВЫВОДЫ

Определен основной показатель надежности прядельно-крутильного веретена ВПК 32-65-140 под нагрузкой 1,225 кг и при частоте вращения 3750 об/мин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РД 50-434-83. Ускоренные испытания. Основные положения. – М.: Стандарты, 1984.

Рекомендована кафедрой промышленной экологии и безопасности. Поступила 18.05.10.

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Б.Н. Гусева.

териалов в пакет при конфекционировании и выборе режимов влажно - тепловой обработки швейных изделий.

Для определения показателей воздухопроницаемости в Российской Федерации в качестве стандартного метода определен ГОСТ 12088 [2]. Технические средства (приборы марок (ATL-2 (FF-12)), Венгрия и (ВПТМ.2, ВПТМ.2М, УПВ-2), Россия), поддерживающие данный метод, основаны на принципе пропускания определенного объема воздуха через пробу при создании под ней соответствующего давления. Для небольших швейных предприятий покупка дорогих приборов может оказаться экономически невыгодной, и по этой причине назрела необходимость разработки экспресс-метода, основанного на другом принципе измерения.

Предлагаемый способ измерения [3] состоит из совокупности операций, связанных с формированием пробы размером 10×10 см, расположении ее на поверхности сканера, сканировании и распознавании строения изображения ткани. В этом положении осуществлялся просмотр всех строк и столбцов изображения пробы, и определялась функция интенсивности отраженного светового потока как по горизонтали, так и по вертикали, что соответствовало направлениям нитей утка и основы. В дальнейшем компьютерная программа осуществляла усреднение значений функций и определение месторасположения и размеров пор на изображении пробы путем наложения сетки из прямоугольников, соответствующих порам на ткани. Далее программа позволяла рассчитать сумму площадей нанесенных прямоугольников, что соответствует площади сквозных пор ( $S_{пор}$ ) и площади всей пробы ( $S_{пр}$ ). Показатель поверхностной пористости ( $R_s$ ) в процентах определяли на основании выражения

$$x = R_s = (S_{пор} / S_{пр}) \cdot 100.$$

Для установления взаимосвязи метода определения показателей воздухопрони-

цаемости [2] и экспресс-метода нахождения показателей пористости с помощью компьютерного изображения [3] проводили их сравнительный анализ. В качестве объекта исследования использовали хлопчатобумажные ткани полотняного переплетения арт. С51ШВ. Первоначально были осуществлены испытания на разных участках одного образца ткани постоянной поверхностной плотности, которые отражали одну из характеристик качества процесса измерения, а именно – испытания на сходимость экспериментальных результатов. Оценку сходимости осуществляли одновременно по двум методам измерений с использованием следующих показателей:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \bar{x} &= \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i) / n, \\ \Delta \bar{y} &= \sum_{j=1}^m (\bar{y} - y_j) / m, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $x$ ,  $y$  – показатели соответственно пористости и воздухопроницаемости;  $n$ ,  $m$  – число испытаний по данным показателям,  $n = m = 30$ .

В результате получили значения  $\Delta \bar{x} = 4,5$  и  $\Delta \bar{y} = 30,2 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , что показывает на высокую сходимость результатов испытаний.

На следующем этапе с целью построения графика взаимосвязи данных, полученных по двум методам измерений, проводили испытания для хлопчатобумажных тканей различной поверхностной плотности (от 340 до 360 г/м<sup>2</sup>).

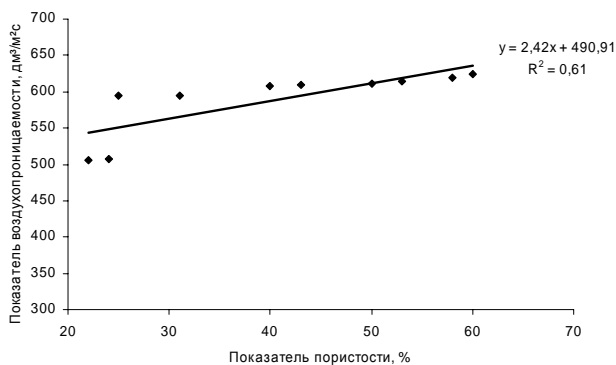


Рис. 1

По точкам, полученным в результате проведенных экспериментов (рис.1), была построена тарировочная кривая в виде  $y = 2,42x + 490,91$ , которая позволяет при известных значениях показателя пористости (x) получать значения показателя воздухопроницаемости (y) и наоборот.

## ВЫВОДЫ

Проведены сравнительные испытания прямого [2] и косвенного [3] методов определения воздухопроницаемости тканых полотен, в результате которых определена их сходимость и функциональная взаимосвязь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25295–91. Одежда верхняя пальтово - костюмного ассортимента. Общие технические условия. – Введ. 30.08.1991, переизд. 01.04.2003.
2. ГОСТ 12088–77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. Взамен ГОСТf 12088–66; введ. 1979-01-01.
3. Пат. 2366946 РФ, МПК G 01 N 33/36. Способ определения показателей заполнения и пористости тканых полотен по компьютерному изображению / Круглова Е.Н., Сташева М.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н.; заявитель и патентообладатель ИГТА; заявл. 30.07.07; опубл. 10.09.09 - Бюл. №25.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 31.03.10.

УДК 677.017

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

С.Б. БЕЛКИНА, Г.М. ЧЕРНЫШЕВА

(Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина)  
E-mail: office@msta.ac.ru

*В работе исследованы трикотажные полотна, предназначенные для детского белья. С целью выявления наилучшего качества трикотажного полотна детского назначения проведена комплексная оценка качества.*

*The knitted fabrics intended for a children underwear are probed in the paper. For the purpose of revealing of the best quality of a knitted fabric of children's function the complex evaluation test is carried out.*

**Ключевые слова:** трикотажные полотна для детских изделий, комплексная оценка качества, ограниченное число показателей.

В качестве объектов исследования были выбраны трикотажные полотна, пред-

назначенные для детских изделий, характеристика которых приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование	Переплетение	Состав волокон	Линейная плотность нитей, текс	Плотность, число петель на 100 мм		Поверхностная плотность нитей, [г/м <sup>2</sup> ]
				П <sub>в</sub>	П <sub>г</sub>	
1. Верхнетрикотажное полотно арт.3188	Ластик 1×1	50% - шерстяные 50% - вискозные	42,4	31	30	330
2. Рейтузное полотно арт.7112	Ластик 1×1	70% - шерстяные 30% - вискозные	45,3	82	60	446
3. Верхнетрикотажное полотно арт.8609	Гладь	20% - шерстяные 80% - лавсановые	39,4	74	51	297
4. Верхнетрикотажное полотно . арт.8235	Гладь	70% - вискозные 30% - ацетатные	35,6	40	43	125
5. Верхнетрикотажное полотно арт.3094	3-цветный жаккард	50% - вискозные 50% - лавсановые	43,1	115	75	330

На первом этапе была проведена экспертная оценка весомости ограниченного числа показателей, которая позволила сделать выводы, что в минимальном комплексе наиболее значимых остались такие по-

казатели, как усадка после мокрых обработок, устойчивость к истиранию по плоскости, воздухопроницаемость.

Результаты исследования этих показателей приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ полотна	Стойкость к истиранию, циклы при массе груза 1,0 кг	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	Усадка, %	
			по длине	по ширине
1	5348	638	1,7	3,2
2	6637	902	1,8	6,1
3	4363	798	1,8	3,7
4	5772	1164	1,5	2,0
5	1342	477	1,7	5,5

Анализируя полученные данные, видим, что наибольшей стойкостью к истиранию обладает полотно варианта 2, наименьшей – полотно варианта 5, что объясняется поверхностной плотностью полотен; наибольшей воздухопроницаемостью обладает полотно варианта 4, а наименьшей – варианта 5, что объясняется значением плотности – для 5-го варианта она составляет 302 г/м, а для 4-го – 125 г/м; анализируя данные по усадке, можно сказать, что она больше по ширине трикотажного полотна. По длине трикотажные полотна обладают практически одинаковой усадкой. По ширине наибольшая усадка у

полотна варианта 2, а наименьшая – у полотна варианта 4, что объясняется волокнистым составом.

С целью выявления наилучшего трикотажного полотна детского назначения из исследуемых была проведена комплексная оценка качества.

Для вычисления комплексных показателей качества использовали формулы, приведенные в [1], для арифметического комплексного показателя (К), для геометрического комплексного показателя (G), для гармонического комплексного показателя (H).



Т а б л и ц а 3

Номер образца	Показатели качества комплексные			Место
	$K_j$	$G_j$	$H_j$	
1	2,50	2,18	1,87	3
2	2,32	2,00	1,76	2
3	3,25	3,22	3,20	4
4	2,12	1,78	1,52	1
5	4,81	4,79	4,77	5

Таким образом, из табл. 3 видно, что наилучшим трикотажным полотном детского назначения является полотно варианта 4, а наихудшим – полотно варианта 5.

### ВЫВОДЫ

Квалиметрический подход к оценке качества трикотажных полотен предполагает применение комплексного показателя качества, который в некоторой числовой величине отражает меру приближения свойств продукции к некоторому идеаль-

ному материалу, обладающему набором необходимых потребительских свойств.

### ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 06.05.10.

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

<i>Иванников А.И., Пирогов К.М.</i> Концепция информационного обеспечения текстильного кластера Ивановского региона .....	5
---	---

**Первичная обработка. Сырье**

<i>Вихарев С.М., Федосова Н.М.</i> Моделирование процесса переработки льняного сырья путем применения теории случайных процессов .....	8
<i>Енин М.С., Маянский С.Е., Пашин Е.Л.</i> Моделирование движения свободного участка пряжи льносырца по кромке тыльной планки барабана при одностороннем трепании .....	12
<i>Корабельников А.Р., [Корабельников Р.В.]</i> Повышение эффективности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке .....	16

**Прядение**

<i>Симонян В.О., Андропова Е.В.</i> Критерии SCI типовых сортировок хлопка .....	21
<i>Столяров Анатолий А., Павлов Ю.В., Столяров Алексей А.</i> Аналитическое и экспериментальное определение оптимального угла перегиба нити в нитепроводнике кольцевой прядильной машины .....	25

**Ткачество**

<i>Николаев С.Д., Малецкий В.В.</i> Новые способы совмещения нескольких переплетений .....	30
--	----

**Отделка**

<i>Карев А.С., Чешкова А.В., Белякова Т.Н., Захарова И.М., Воронин А.М.</i> Влияние влажности короткого льняного волокна на процесс ферментно-механической котонизации .....	34
<i>Меленчук Е.В., Захарченко А.С., Козлова О.В.</i> Технология крашения текстильных материалов пигментами .....	37

**Технология нетканых материалов**

<i>Иванов О.М., Павлова Е.С.</i> Анализ влияния технологических параметров процесса флокирования на его производительность .....	41
--	----

**Трикотажное производство**

<i>Цитович И.Г., Галушкина Н.В.</i> Формализованное описание трикотажных полотен регулярных структур как материального объекта .....	45
--	----

**Швейное производство и дизайн**

<i>Ткач Д.Г.</i> Проектирование и производство сюжетного печатного текстиля во Франции в XIX веке .....	52
---	----

**Текстильные машины и агрегаты**

<i>Лохманов В.Н., Жариков Е.И.</i> Оптимизация допусков на входные и выходные параметры процесса механической обработки деталей текстильных машин .....	56
<i>Маринин А.Н., Фомин Ю.Г., Свиридов И.А.</i> Оценка деформации эластичного покрытия наборного вала ...	60

## Автоматизация технологических процессов

<i>Власов Е.И., Устинов Д.А.</i> Система сбора информации о состоянии нити на кольцепрядильной машине .....	64
---	----

## Экология и протеплоэнергетика

<i>Сажин Б.С., Сажина М.Б., Кочетов Л.М., Лопаков Александр В., Лопаков Алексей В.</i> Особенности гидродинамики вихревых сушилок для волокнообразующих полимеров .....	68
---	----

## Информационные технологии

<i>Борзунов Г.И.</i> Исследование методом статистического моделирования алгоритмов выделения раппортов из точечных изображений второго класса .....	72
<i>Лысова М.А., Гусев Б.Н.</i> Информационное обеспечение системы кодирования текстильных изделий .....	76

## Механика нити и полотен

<i>Башкова Г.В., Чистобородов Г.И., Башков А.П., Алешина Д.А. Натертьишев И.Ю.</i> Анизотропия структуры и свойств ниточных наполнителей композитов .....	80
<i>Усов А.Г.</i> Построение деформированной срединной поверхности малорастяжимого листа .....	85
<i>Тер-Микаэлян П.Ю., Шаблыгин М.В., Саркисов В.Ш.</i> Построение модели вязкоупругости комплексных нитей .....	88

## Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Копнин В.А., Букалов Г.К., Сусоева И.В.</i> Определение надежности прядильно-крутильного веретена при производстве комбинированных нитей .....	94
<i>Круглова Е.Н., Сташева М.А.</i> Исследование косвенного метода определения воздухопроницаемости тканых полотен .....	95
<i>Белкина С.Б., Чернышева Г.М.</i> Комплексная оценка качества трикотажных полотен .....	97

## CONTENTS

### Economics and Production Planning

<i>Ivannikov A.I., Pirogov K.M.</i> The Concept of Information Support of the Ivanovo Region Textile Cluster. ....	5
--	---

### Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Viharev S.M., Fedosova N.M.</i> Modelling of the Process of the Flax Raw Materials Processing through the Application of the Random Processes Theory .....	8
<i>Enin M.S., Majansky S.E., Pashin E.L.</i> Modelling of Movement of a Strand Flax Free Section on an Edge of the Drum Back Stave at a Unilateral Scutching Process .....	12
<i>Korabelnikov A.R., [Korabelnikov R.V.]</i> Increasing of Efficiency of Preparation of a Short-Staple Flax Fibre to the Thinning and Fettling .....	16

### Spinning

<i>Simonjan V.O., Andronova E.V.</i> SCI Criteria of Cotton Typical Assortings .....	21
<i>Stoljarov Anatoly A., Pavlov Ju.V., Stoljarov Alexey A.</i> Analytical and Experimental Determination of an Optimum Angle of a Thread Kink in a Thread Guide of a Ring Spinning Machine .....	25

### Weaving

<i>Nikolayev S.D., Maletsky V.V.</i> New Methods of Combination of Several Weavings .....	30
---	----

## Finishing

<i>Karev A.S., Cheshkova A.V., Beljakova T.N., Zaharova I.M., Voronin A.M.</i> Influence of Humidity of a Short Flax Fibre on the Process of Enzymatic-Mechanical Cottonizing .....	34
<i>Melenchuk E.V., Zaharchenko A.S., Kozlova O.V.</i> Technology of Dyeing of Textile Materials by Pigments .....	37

## Technology of Non-Wovens

<i>Ivanov O.M., Pavlova E.S.</i> The Analysis of Influence of Technological Parametres of the Flocullating Process on Its Productivity .....	41
--	----

## Knitting

<i>Tsitovich I.G., Galushkina N.V.</i> The Formalized Description of Knitted Fabrics of Regular Structures as a Material Object .....	45
---	----

## Sewing and Design

<i>Tkach D.G.</i> Designing and Production of Figure Subject Printed Textile in France in the XIX-th Century. ....	52
--	----

## Textile Machines and Aggregates

<i>Lohmanov V.N., Zharikov E.I.</i> Optimisation of Tolerances on Input and Output Parametres of the Process of Machining of Textile Machines Details .....	56
<i>Marinin A.N., Fomin Ju.G., Sviridov I.A.</i> Estimation of Deformation of the Elastic Coating of the Type-Setting Shaft .....	60

## Automation of Technological Processes

<i>Vlasov E.I., Ustinov D.A.</i> System of Gathering of the Information on a Thread State on a Ring Spinner ...	64
---	----

## Ecology and Industrial Heat Engineering

<i>Sazhin B.S., Sazhina M.B., Kochetov L.M., Lopakov Alexander V., Lopakov Alexey V.</i> Features of Hydrodynamics of Vortex Drying Machines for Fibre-Forming Polymers .....	68
---	----

## Information Technologies

<i>Borzunov G.I.</i> Research by the Method of Statistical Modelling of Algorithms of Repeats Allocation from Pixel Images of the Second Class .....	72
<i>Lysova M.A., Gusev B.N.</i> Information Support of the System of Textile Articles Coding .....	76

## Mechanics of Threads and Fabrics

<i>Bashkova G.V., Chistoborodov G.I., Bashkov A.P., Alyoshin D.A., Natertyshev I.Ju.</i> Anisotropy of the Structure and the Properties of the Composites' Reinforcement Made of Yarn .....	80
<i>Usov A.G.</i> Construction of the Deformed Median Surface of the Low-Stretchable Sheet .....	85
<i>Ter-Mikaeljan P.Ju., Shablygin M.V., Sarkisov V.Sh.</i> Construction of the Model of Complex Threads Viscoelasticity .....	88

## Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Kopnin V.A., Bukalov G.K., Susoeva I.V.</i> Determination of the Spinning-Twisting Spindle Reliability by the Combined Threads Manufacture .....	94
<i>Kruglova E.N., Stasheva M.A.</i> Research of the Indirect Method of Determination of the Woven Cloths Air Permeability .....	95
<i>Belkina S.B., Tchernysheva G.M.</i> Complex Evaluation Test of Knitted Fabrics .....	97

*Вниманию авторов!*

*Редакция принимает статьи и сопроводительные документы к ним, направленные только обычными письмами в адрес редакции журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности": 153000, г. Иваново, просп. Ф.Энгельса, 21, к. Г.352. Редакция журнала, ответственному секретарю.*

*Статьи и документы к ним должны быть оформлены согласно Правилам для авторов, которые публикуются в конце номера журнала.*

**Корреспонденция, направленная заказными письмами, не рассматривается.**

### ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал "Технология текстильной промышленности" серии "Известия вузов", руководствоваться следующими правилами.

1. Редакция принимает только статьи, содержащие оригинальный материал, соответствующий профилю журнала, нигде не опубликованные и не переданные в редакции других изданий. В статье должно быть представлено четкое изложение полученных автором результатов без повторения данных в тексте статьи, таблицах и рисунках.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным.

3. Объем статей с учетом таблиц не должен превышать 6 страниц машинописного текста, напечатанного через два интервала с соблюдением требований ГОСТа 7.3–77. "Оригиналы текстовые, авторские и издательские". Текст статьи присылать в двух экземплярах, один из которых должен быть первым. С целью ускорения публикации статей редакция принимает статьи и рисунки на электронных носителях, текстовый редактор Word (формат \*.doc, \*.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат \*.psx, \*.bmp, \*.jpg).

4. В список литературы, помещаемый в конце статьи, включать только опубликованные работы, на которые имеются ссылки в статье. Библиографическое описание составляется в соответствии с ГОСТом 7.1–84. "Библиографическое описание документа".

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13x18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без гляцевания) формата не менее 9x12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, E-mail. Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов), место работы и должность на английском языке.

8. Плата с аспирантов (аспирант – дневной формы обучения, выступающий единым автором работы) за публикацию статей не взимается.

9. С целью ускорения публикаций статей переписку, связанную с исправлениями материалов, желательно осуществлять по электронной почте: E-mail: [ttp@igta.ru](mailto:ttp@igta.ru)

РЕДАКЦИЯ.