

**Министерство образования  
Российской Федерации**

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД**

**№ 1 (259)  
2001**

**Издание Ивановской государственной текстильной академии**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

Заместители главного редактора: *Д.Н. АКБАРОВ, Ф.Ф. БЕЗДУДНЫЙ, В.В. ВЕСЕЛОВ, М.Н. ГЕРАСИМОВ, Б.Н. ГУСЕВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, В.Л. МАХОВЕР, С.Д. НИКОЛАЕВ, А.К. РАСТОРГУЕВ, Б.С. САЖИН.*

Члены редколлегии: *Х.А. АЛИМОВА, Н.М. АШНИН, В.Н. БЛИНИЧЕВ, Р.З. БУРНАШЕВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, А.Ф. ДАВЫДОВ, В.М. ЗАРУБИН, С.М. КИРЮХИН, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Г.К. КУЗНЕЦОВ, Н.В. ЛУСТГАРТЕН, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, И.А. МАРТЫНОВ, Р.Г. МАХКАМОВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, А.В. СЕНАХОВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, В.А. УГЛОВ, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, В.П. ЩЕРБАКОВ, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

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

*Тел.: (0932) 35-78-87. Факс: (0932) 415088.*

*E-mail: root@igta.asinet.ivanovo.su*

*http://education.ivanovo.ru/IGTA*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 10.01.2001. Подписано в печать 12.03.2001. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 15,34 усл.-печ. л.; 15,59 усл. кр.-отт.; 22,55 уч.-изд. л. Заказ 2621.

Тираж 450 экз.

---

Ивановская областная типография Министерства Российской Федерации  
по делам печати, радиовещания и средств массовых коммуникаций.  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.

УДК 658.153

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ***Т. Н. ЛЕВКОВСКАЯ, О. Н. МИХАЛЬКОВА***(Костромской государственной технологической университет)**

В настоящее время актуальной проблемой является проблема обоснования оптимальной величины оборотных средств с учетом особенностей объекта.

В данной статье для предприятий льняной промышленности сформулированы требования, которым должна удовлетворять модель определения оптимального уровня потребности в оборотных средствах. Учитывая особенности льняной промышленности (массовое многопереходное производство, большой удельный вес незавершенного производства, значительный производственный цикл), модель должна:

описывать весь кругооборот оборотных средств. – Это требование предполагает, что в модели следует учитывать все составляющие оборотного капитала, находящиеся в процессе кругооборота. В противном случае модель не будет полностью отражать ситуации;

учитывать ежедневные изменения потребности предприятия в оборотных средствах. – Недостатком всех ранее существ-

вующих моделей нормирования оборотных средств являлся тот факт, что они не были ориентированы на каждодневное отслеживание наличия оборотных средств и потребности в них. Следовательно, предлагаемая модель должна устранить этот недостаток. Минимальный промежуток времени, для которого производится расчет в нашей модели – один календарный день;

ориентировать только на источники реальной информации. – Это самое важное требование, поскольку без точной и полной информации ни одна модель (даже самая хорошая) не сможет дать безошибочный результат;

давать возможность получения числового решения.

Нами разработан алгоритм расчета оптимальной величины оборотных средств для предприятий льняной промышленности, который представлен на рис. 1.

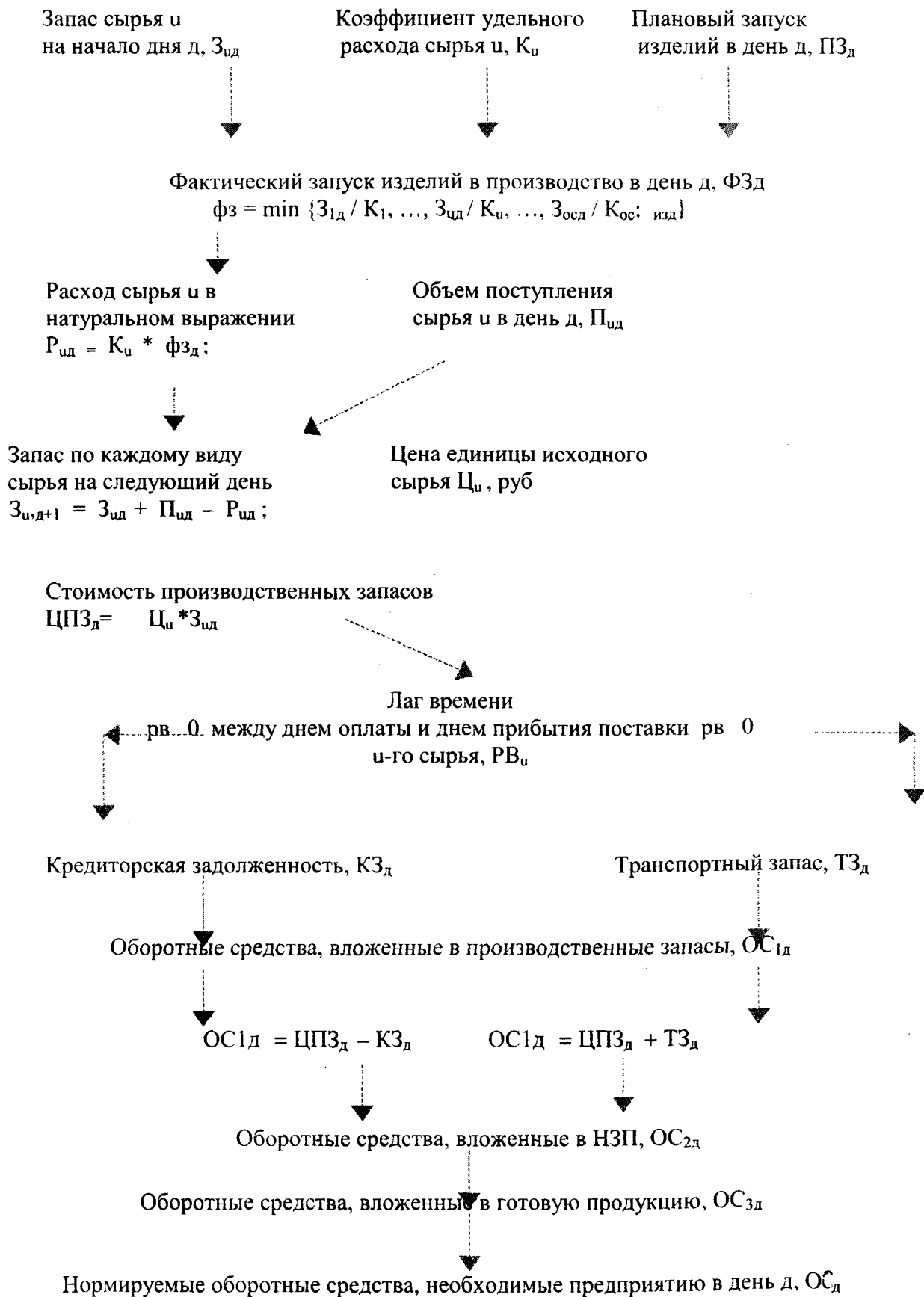


Рис. 1

Апробация предложенной модели на предприятиях льняной промышленности позволила заключить следующее:

1. Экспресс-модель расчета оптимального уровня оборотных средств занимает важное место среди методов и приемов управления оборотным капиталом, активно используемых в настоящее время предприятиями, на которых эта модель уже апробирована.

2. Модель проста в применении, так как современные электронные технологии и предложенный нами алгоритм расчета позволяют значительно уменьшить как трудоемкость самого расчета норматива, так и улучшить показатели функционирования самой организации (увеличить коэффициент оборачиваемости оборотных средств при значительном снижении длительности производственного цикла).

3. Разработанная модель достаточно универсальна. Ее апробация на ряде текстильных предприятий показала, что последняя адекватна организационно-техническим, экономическим и финансовым особенностям организаций, а возникающие незначительные отклонения от исходного варианта модели легко могут

быть устранены работниками этих предприятий.

4. Модель позволяет в оперативном режиме отслеживать ежедневные изменения потребности в оборотных средствах, что особенно важно для точного определения размера необходимых денежных средств для закупки сырья и материалов.

5. В данной модели рассматривались все составляющие оборотных средств и по каждой из них можно было отследить ее динамику.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бунич П.Г. и др. Экономико-математические методы управления оборотными средствами. – М.: Финансы, 1973.

2. Либерман А.М. Организация и планирование производства на предприятиях текстильной промышленности: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

3. Лычагин М.В., Мироносецкий Н.Б. Моделирование финансовой деятельности предприятия. – Новосибирск: Наука, 1986.

Рекомендована кафедрой бухгалтерского учета и аудита. Поступила 27.11.00.

УДК 535.8:677.017.333:620.163.082.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА НА ТКАНЫХ СЕТЧАТЫХ ПОЛОТНАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ ПАДЕНИЯ СВЕТА

П.Г. ШЛЯХТЕНКО

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Дифракционные методы, основанные на освещении участка материала монохроматическим световым пучком и исследовании фраунгоферовой дифракционной картины на экране, помещенном за исследуемым материалом фокальной плоскости объектива, являются наиболее перспективными для контроля геометрических параметров тканых материалов. Эти методы, неразрушающие и практически безынерционные, позволяют вести контроль параметров материала непосредственно в процессе его производства [1].

Вопросы строения ткани на основе изучения подобных дифракционных картин при нормальном освещении исследуемого материала рассмотрены в [2...4].

В настоящей работе исследована зависимость вида дифракционных картин для различных тканых сетчатых полотен от величины угла падения света на образец ткани. Необходимость ее проведения продиктована предположением, что при косом освещении образца в параметрах дифракционной картины могут найти свое отражение параметры изгиба нитей [5].

На рис.1 изображена схема экспериментальной установки. Свет от малоомощного He-Ne лазера 1 падает на телескопический объектив 2, который фокусирует свет в центре экрана 3. Непосредственно за объективом установлен держатель с исследуемой тканью 4, который можно поворачивать относительно вертикальной оси  $u$  и

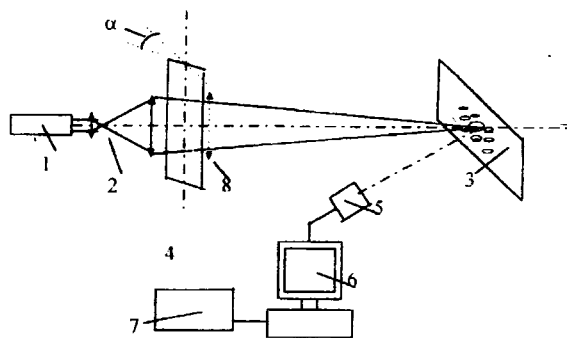


Рис. 1

устанавливать под любым углом  $\alpha$  падения света на образец. Образец ткани перед экспериментом устанавливался в держателе так, чтобы уточная или основная нити совпадали с осью  $u$ . Дифракционная картина, наблюдаемая на экране с помощью камеры машинного зрения 5, вводилась в память компьютера 6. Стандартные программы, заложенные в компьютере, позволяли обрабатывать изображение (инверсия, изменение контраста изображения и его яркости), выводить его на дисплей и проводить распечатку изображения на принтере 7. Для реализации возможности наблюдения и регистрации увеличенного изображения исследуемого участка материала на экране в рейтер, расположенный

на оптической оси, устанавливалась собирающая линза 8.

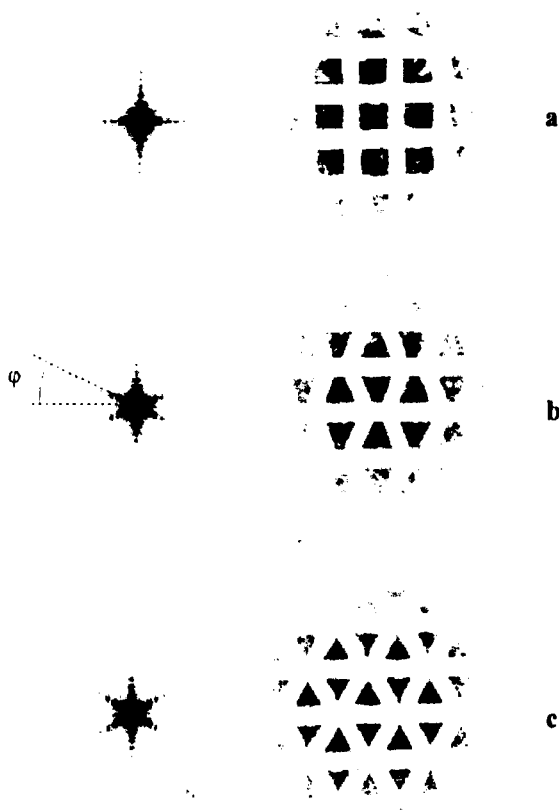


Рис. 2

На рис. 2-а, б, с представлены с левой стороны – экспериментальные компьютерные негативные изображения дифракционных картин для образца тканой металлической сетки с полотняным переплетением (диаметр уточной нити  $D_y=0,36$  мм; расстояние между нитями  $b_y=0,96$  мм; диаметр основной нити  $D_o=0,4$  мм;  $b_o=1$  мм), а с правой – соответствующие изображения освещенного участка исследуемого образца полотна. Рис. 2-а соответствует случаю нормального падения света на образец ( $\alpha=0$ ), рис. 2-б – при  $\alpha=30^\circ$ , рис. 2-с – при  $\alpha=45^\circ$ .

Из данных рис. 2 можно сделать следующие выводы.

1. При нормальном падении света дифракционная картина (рис.2-а) обладает симметрией относительно осей  $x$  и  $y$  и аналогична картинам, исследованным ранее в [3]; при этом изображение исследуемого участка полотна представляет взаимно ортогональную наложенную друг на

друга систему уточных и основных нитей так, что светопропускающие промежутки между нитями являются прямоугольниками.

2. Дифракционные картины, полученные при косом освещении образца (рис.2-б и с), остаются симметричными, но в них вместо горизонтальной линии максимумов, идущей вдоль оси  $x$ , появляются X-образные линии максимумов, пересекающие центр картины под углами  $\varphi$  и  $-\varphi$  относительно оси  $x$  (рис.2-б и с). Форма соответствующих светопропускающих участков полотна в его изображении при этом изменяется с ростом угла  $\alpha$  падения света от равнобедренной трапеции (рис.2-б) к равнобедренному треугольнику (рис.2-с).

3. Из сравнения пар на рис.2-а, б и с видно, что направления линий максимумов в дифракционных картинах во всех случаях перпендикулярны направлению сторон светопропускающих прямоугольников (а), трапеций (б) или треугольников (с) в соответствующих изображениях исследуемых участков ткани.

4. Величина угла  $\varphi$ , под которым дополнительные линии дифракционных максимумов пересекают ось  $x$ , растет с ростом значения угла  $\alpha$  (рис.2-б и с).

Для того, чтобы проверить, зависят ли эти результаты от природы полотняного переплетения, эксперимент повторяли для образца ( $D_o=0,78$  мм; удвоенный уток  $D_y=0,34$  мм; лавсановая мононить). Из всесторонних исследований, проведенных с этим видом полотна, следует, что все выводы, сделанные выше для металлического полотна, справедливы и в этом случае.

На рис.3-а, б, с и d приведены с левой стороны – экспериментальные компьютерные негативные изображения дифракционных картин для образца тканой металлической саржи 1/2 ( $D_y=0,2$  мм;  $b_y=0,4$  мм;  $D_o=0,22$  мм;  $b_o=0,56$  мм), а с правой – соответствующие изображения освещенного участка исследуемого образца полотна. Образец ткани помещался в держателе таким образом, чтобы направление вертикальной оси, вокруг которой

мог поворачиваться образец, совпадало с направлением хода уточной нити.

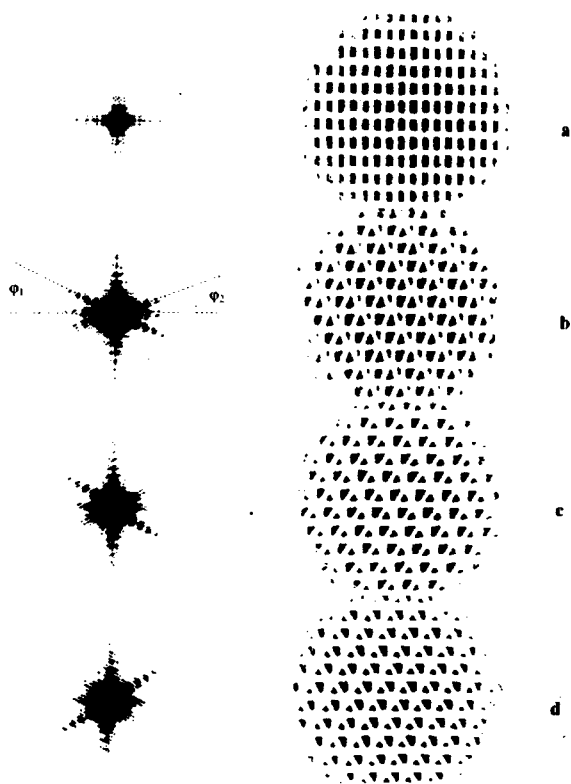


Рис. 3

Рис.3-а соответствует случаю нормального падения света на образец ( $\alpha=0$ ), б – при  $\alpha=30^\circ$ , с – при  $\alpha=45^\circ$ , d – для того же образца саржи и в тех же условиях ( $\alpha=45^\circ$ ), но при его освещении с противоположной стороны.

Из данных рис.3 можно заключить следующее.

1. При нормальном освещении саржи ( $\alpha=0$ ) симметрия дифракционной картины (рис.3-а, слева) соответствует качественно симметрии картины от полотняного переплетения, рассмотренного выше.

2. Дифракционные картины, полученные при косом освещении образца (рис.3-б и с), в общем случае асимметричны и резко отличаются от соответствующих дифракционных картин, полученных ранее для ткани полотняного переплетения, тем, что в них присутствуют одновременно как горизонтальная линия максимумов, так и X-образные линии максимумов, пересе-

кающие центр картины в общем случае под разными углами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  относительно оси x. Это обстоятельство разрешает контролировать вид переплетения (полотняное или саржевое) по типу симметрии соответствующей дифракционной картины. Форма соответствующих светопропускающих участков саржи в его изображениях (рис.3-б, с, справа) более сложная, чем для полотна (рис.2-б, с, справа), является одновременной комбинацией из прямоугольных трапеций и неравносторонних треугольников разной площади.

3. Из сравнения пар на рис.3-а, б и с видно, что, как и в случае полотняного переплетения (рис.2-а, б, с), для саржевого направления линии максимумов в дифракционных картинах во всех случаях перпендикулярны направлению сторон светопропускающих прямоугольников (рис.3-а), трапеций или треугольников (рис.3-б, с) в соответствующих изображениях исследуемых участков ткани.

4. Величины углов  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ , под которыми дополнительные линии дифракционных максимумов пересекают ось x, растут с ростом значения угла  $\alpha$  (рис.3-б и с). При этом при больших углах падения света на образец интенсивность линии максимумов, идущих под углом  $\varphi_2$ , резко уменьшается (рис.3-с), так что в дифракционной картине остаются практически только три линии максимумов – вертикальная, горизонтальная и линия, идущая под углом  $\varphi_1$ .

5. Резкое различие симметрии дифракционных картин (рис.3-с и d) указывает на возможность контроля этим методом вида поверхности саржевой ткани (лицевая или изнаночная).

Аналогичные измерения проведены для синтетического образца саржи 1/2 (лавсановая монополь,  $D_0=0,51$  мм;  $D_y=0,44$  мм) и показано, что все основные особенности, отмеченные выше, присущи и этому образцу ткани, то есть не зависят от вида нитей.

На основе предложенной автором теоретической модели дифракции для ткани полотняного переплетения при косом освещении, связывающей наблюдаемые в дифракционных картинах особенности с



влиянием изгиба нитей и в приближении интеграла Френеля-Кирхгофа, проведен расчет для структуры, подобной на рис. 2-b справа, и получено качественное соответствие между теоретической и экспериментальной картинами. Для случая синусоидальной аппроксимации изгиба нитей в полотняном переплетении отрезками прямых, параллельных синусоиде в точках, где ее значение обращается в ноль, найдена аналитическая формула, позволяющая рассчитывать высоту волны изгиба  $\delta$  нитей в ткани:

$$\delta = \frac{2l_0 \operatorname{tg} \varphi}{\pi \sin \alpha} \quad (1)$$

Из симметрии расположения нитей основы и утка в ткани полотняного переплетения следует, что формула (1) правомочна для оценки изгиба как точной, так и основной нитей.

В случае использования ткани саржевого переплетения несмотря на отсутствие теоретической модели дифракции также, видимо, возможно использование (1) для приблизительной оценки высоты волны изгиба нитей для такого переплетения. Действительно, формула (1) была получена из геометрической модели, в соответствии с которой величина высоты волны изгиба нити в полотняном переплетении определяется одним периодом синусоиды, описывающей ход нити в этом переплетении. Этот же период определяет основную составляющую высоту волны изгиба нити и в саржевом переплетении.

На рис.4-а, б приведены компьютерные негативные изображения: а – основной и б – уточной нитей для саржи, использованной в экспериментах, результаты которых представлены на рис.3. Изображения получены на той же установке (рис.1) с линзой 8, когда в качестве объекта исследования использовалась соответствующая металлическая нить, вырезанная из исследуемой саржи. Из данных рис.4 видно, что изгиб уточной нити больше, чем основной, и не описывается одной синусоидой, но может быть в первом приближении аппроксимирован как последовательное че-

редование периода синусоиды, равного расстоянию между основными нитями,

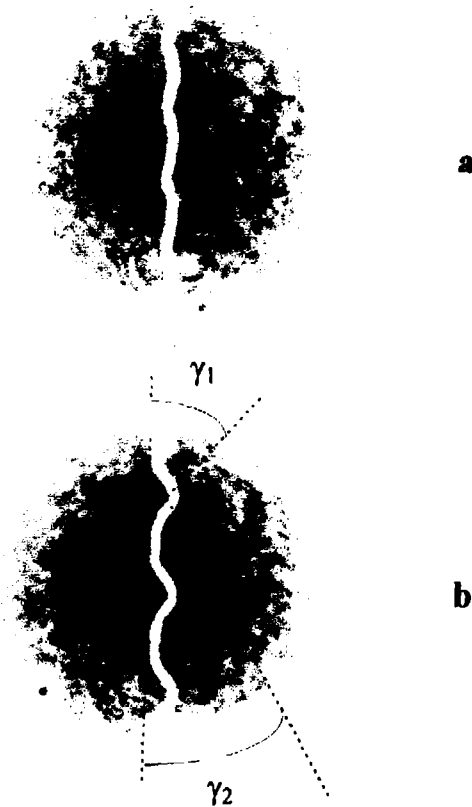


Рис. 4

разделенного прямым отрезком равной длины (рис.4-б). Наклон отрезков синусоиды и прямолинейные участки определяют величину наклона сторон трапеций и треугольников в изображениях на рис.3-б и с, а следовательно, направление и ход основных линий максимумов в соответствующих дифракционных картинах.

Различие в величине углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , по мнению автора, вызвано различием в углах наклона синусоиды  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  на рис.4-б для использованного образца проволоочной сетки.

Различие в интенсивностях линий максимумов, идущих под углами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  (рис.3-б, с и d), связано с различной длиной сторон треугольников и трапеций в соответствующих изображениях светопропускающих отверстий, перпендикулярных направлению этих линий и различной площадью этих отверстий [1].

Вид переплетения	$\delta_y$	$\Delta\delta_y$	$\delta_{ум}$	$\Delta\delta_{ум}$	$\delta_o$	$\Delta\delta_o$	$\delta_{ом}$	$\Delta\delta_{ом}$
Полотняное	0.51	0.03	0.52	0.04	0.15	0.03	0.20	0.04
Саржевое	0.31	0.02	0.30	0.04	0.08	0.03	0.11	0.04

Примечание. Высота волны изгиба нитей в мм.

В табл. 1 приведены результаты измерения высоты волн изгибов уточной нити ( $\delta_y$ ) и основной ( $\delta_o$ ) для образцов тканей, представленных на рис. 2 и 3, проведенные по формуле (1) при  $\alpha=30^\circ$ , результаты прямого измерения высоты волн изгибов нитей под микроскопом ( $\delta_{ум}$ ,  $\delta_{ом}$ ), а также соответствующие значения погрешностей, рассчитанных при доверительной вероятности 0,95. Для ткани саржевого переплетения в качестве угла  $\varphi$  в формулу (1) подставлялось значение  $\varphi=(\varphi_1+\varphi_2)/2$ .

Из сравнения данных табл.1 можно сделать вывод о том, что результаты прямых измерений высоты волн изгибов нитей по утку и основе в пределах ошибки практически совпадают с результатами измерений этих параметров по предлагаемому методу.

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований показано, что симметрия дифракционных картин, наблюдаемых при косом освещении образцов тканей полотняного и саржевого переплетений, существенно различна, что позволяет отличать эти виды ткани по симметрии расположения линий основных максимумов в соответствующих дифракционных картинах.

2. Установлена резкая асимметрия дифракционных картин, полученных от образцов ткани саржевого переплетения при косом падении света на лицевую или изнаночную ее поверхности, что позволяет различать эти стороны по дифракционной картине.

3. На основании проведенных измерений предложен оптический дистанционный метод и аналитическая формула, позволяющие проводить численную оценку величины высоты волн изгиба основной и уточной нитей в тканях с полотняным и саржевым переплетением без разрушения ткани. На образцах тканых металлических сеток осуществлено контрольное сопоставление результатов прямых измерений этих величин, проведенных под микроскопом, с результатами измерений по предлагаемому методу. Показано, что в пределах ошибки измерений эти результаты практически совпадают. Полученные данные могут быть использованы при создании оптических систем автоматического контроля параметров тканей в процессе их производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973. С.352.
2. Сухарев М.И. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №5. С.12...16.
3. Раздвильчук Л.И., Дружинин Н.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990, №2. С.9...12.
4. Шляхтенко П.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №4. С.45...49.
5. Грановский Т.С., Мшвениерадзе А.П. Структура и анализ тканей. – М.: Легпромбытиздат, 1988. С.95.

Рекомендована кафедрой физики. Поступила 22.11.00.

УДК 677.021

**РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЯ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА В МАССЕ**

*В.И.ЖУКОВ, Р.В.КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.П.СОРКИН*

(Костромской государственный технологический университет)

Определение упругой и остаточной деформации для каждого значения усилия сжатия волокнистого материала в массе можно проводить опытным путем [1], однако это связано с выполнением достаточно трудоемких экспериментов.

Для расчетного определения компонент деформации возможно использование метода касательной, если имеется диаграмма напряжений при сжатии волокнистого материала, которую можно получить на основе экспериментального исследования. Поскольку в данной работе рассматривается образец массы волокон, в котором последние перепутаны между собой и образуют своеобразную пространственную сетку, для аналитического описания диаграммы напряжений целесообразно воспользоваться статистической теорией высокоэластичности [2], рассматривающей деформацию молекулярной сетки, состоящей из длинных гибких образований. Согласно этой теории напряжение связано с деформацией уравнением [3, с.125]:

$$\sigma = K \left( \lambda - \frac{1}{\lambda^2} \right), \quad (1)$$

где  $\sigma$  – одноосное напряжение;  $K$  – параметр материала;  $\lambda$  – кратность сжатия.

В случае сжатия образца волокон в массе в какой-либо форме

$$\lambda = H/H_0 = V/V_0, \quad (2)$$

где  $H, V$  – высота и объем образца при напряжении  $\sigma$ ;  $H_0, V_0$  – начальные значения высоты и объема.

Поскольку при использовании диаграммы напряжений в качестве меры деформации применяется ее относительная величина  $\epsilon$ , в уравнении (1) необходимо произвести замену, выразив кратность через относительную деформацию по формуле

$$\begin{aligned} \lambda &= H/H_0 = (H_0 - \Delta H)/H_0 = \\ &= 1 - \Delta H/H_0 = 1 - \epsilon, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\Delta H$  – величина абсолютной деформации образца при напряжении  $\sigma$ .

Подставив в (1) значение  $\lambda$ , получим уравнение, связывающее напряжение с относительной деформацией:

$$\sigma = K \left( (1 - \epsilon) - \frac{1}{(1 - \epsilon)^2} \right). \quad (4)$$

Применение выражения (4) для аппроксимации опытных данных, найденных по методике [1] для льняного очеса в области напряжений от 0 до 200 Н/м<sup>2</sup>, показало, что существуют некоторые отличия между экспериментальными и расчетными значениями напряжения  $\sigma$ , особенно в области малых напряжений. Лучшие результаты (с величиной корреляционного отношения

$\eta^2 = 0,991...0,996$ ) получены при использовании уравнения

$$\sigma = K \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \quad (5)$$

Вид такого графика диаграммы напряжений представлен на рис. 1.

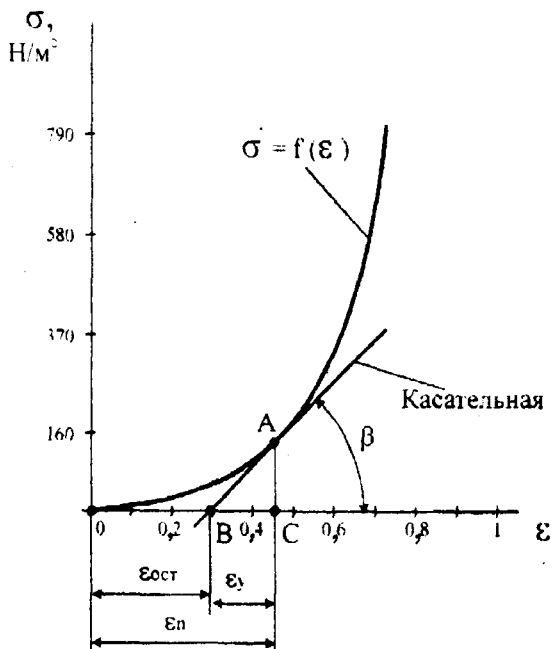


Рис. 1

Для разложения полной относительной деформации  $\varepsilon$  порции волокнистого материала на относительную упругую  $\varepsilon_y$  и относительную остаточную  $\varepsilon_{ост}$  можно предложить расчетный метод, опирающийся на использование свойств касательной к кривой диаграммы напряжений (рис. 1).

Рассматривая процесс увеличения полной относительной деформации от нуля до величины, соответствующей точке А на диаграмме напряжений, можно заметить, что процесс нагружения испытуемого образца характеризуется плавным, постепенным увеличением напряжения. Допустим, что в точке А процесс нагружения был приостановлен, а затем нагрузка была снята. Поскольку волокнистый материал обладает упругой составляющей деформации, то процесс разгрузки должен описываться графиком, который, во-первых, должен проходить через данную точку, соответствующую параметрам последнего

нагружения (точка А), во-вторых, являться прямой линией, так как линейность зависимости напряжения от относительной деформации является характерной чертой упругой деформации. Снятие нагрузки с образца соответствует на графике (рис. 1) перемещению по прямой линии в направлении от точки А к точке В.

При повторном нагружении вначале будет преодолеваться сила упругости испытуемого образца до тех пор, пока не будет достигнуто напряжение, при котором в предыдущем опыте нагружение было прекращено (на графике рис. 1 этому соответствует перемещение из точки В в точку А по прямой линии). Дальнейший рост деформации приведет к продолжению нелинейного увеличения напряжения испытуемого образца с процессами, аналогичными описанным выше. Таким образом, в точке А должны совпасть обе линии: разгрузки АВ и нагружения ВА с последующим плавным переходом в линию графика диаграммы напряжений. Все это означает, что прямая линия разгрузки и нагружения должна являться касательной в точке А.

Перемещение вдоль горизонтальной оси от уровня точки А до уровня точки В — отрезок СВ — соответствует величине относительной упругой деформации, а величина отрезка ОВ — величине относительной остаточной деформации. Выполнение соответствующих действий на диаграмме можно считать графическим методом разложения полной деформации на упругую и остаточную составляющие.

В целях реализации расчетного метода требуется использование математических выражений для описания функции диаграммы напряжений и касательной, являющейся геометрическим образом первой производной в точке этой функции.

Выполняя математические преобразования в соответствии с описанной выше методикой, применяя для описания касательной уравнение прямой линии, одновременно подставляя выражение функции (5) и ее первой производной, получаем выражение для относительной упругой составляющей деформации:

$$\begin{aligned} \varepsilon_y = BC &= \frac{AC}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\sigma(\varepsilon)}{\frac{d\sigma(\varepsilon)}{d\varepsilon}} = \\ &= \frac{K\varepsilon(1-\varepsilon)^3}{(1-\varepsilon)^2 K(1+\varepsilon)} = \frac{\varepsilon(1-\varepsilon)}{1+\varepsilon} \quad (6) \end{aligned}$$

и относительной остаточной составляющей деформации:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{ост}} = \varepsilon - \varepsilon_y &= \varepsilon - \frac{\sigma(\varepsilon)}{\frac{d\sigma(\varepsilon)}{d\varepsilon}} = \\ &= \varepsilon - \frac{\varepsilon(1-\varepsilon)}{1+\varepsilon} = \frac{2\varepsilon^2}{1+\varepsilon}. \quad (7) \end{aligned}$$

Таким образом, для получения данных о компонентах деформации при любом напряжении (нагрузке) достаточно наличия диаграммы напряжений и выполнения расчетов по формулам (6) и (7).

При сравнении расчетных значений упругой и остаточной составляющих деформации и данных, полученных экспериментально, была установлена достаточно высокая степень близости значений функций на уровне величины корреляционного отношения  $\eta^2 = 0,967 \dots 0,994$ .

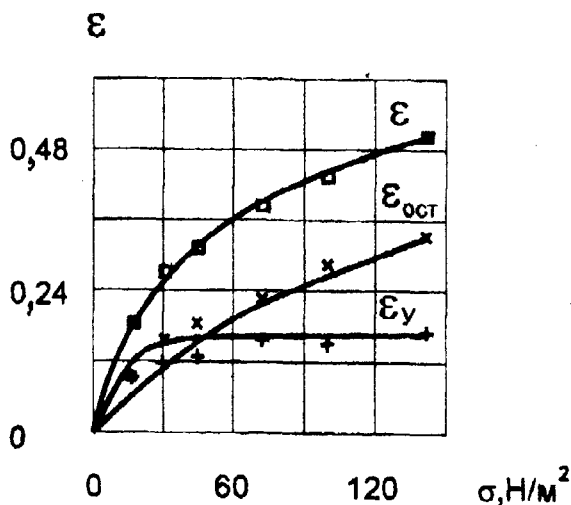


Рис. 2

На рис.2 изображены графики зависимостей полной  $\varepsilon$ , относительной остаточной  $\varepsilon_{\text{ост}}$  и относительной упругой  $\varepsilon_y$  составляющих деформаций в функции напряжения  $\sigma$ , полученные расчетным путем для условий эксперимента с льняным очесом влажностью 10%. Значения компонент деформации, установленные экспериментально, отмечены условными значками ( $\square$  – полная;  $\times$  – остаточная;  $+$  – упругая).

Из графиков на рис.2 следует, что экспериментальные значения близки к расчетным. Графики для образцов порций волокон с влажностью 5, 10 и 15% имеют подобный вид.

Необходимо отметить, что достаточно высокая степень близости расчетных и экспериментальных значений была достигнута лишь для значений, соответствующих малым напряжениям: до  $200 \text{ Н/м}^2$ .

## ВЫВОДЫ

1. Получено уравнение зависимости напряжения от относительной деформации сжатия волокнистого материала для льняного очеса в массе в диапазоне напряжений до  $200 \text{ Н/м}^2$  и влажности до 15%.

2. Предложен расчетный метод определения относительной упругой и относительной остаточной деформаций волокнистого материала в массе с использованием диаграммы напряжений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков В.И. // Вестник Костромского государственного технологического университета. – Кострома, 1999, №1.
2. Wall F. T. // J. Phys. Chem.,-10, 132, 485, 1942;11, 527, 1943.
3. Балясов П.Д. Сжатие текстильных волокон в массе и технология текстильного производства. – М.: Легкая индустрия, 1975.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 16.11.00.

## РАНЖИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО УРОВНЮ ИЗМЕНЕНИЯ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ПРЯДЕЙ

А.Б.ЛАПШИН, Е.Л.ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)

Обеспечение эффективной дифференциации технологических воздействий в процессе трепания льна как одного из основных направлений технологического регулирования является важной практической задачей. Известные способы дифференциации реализованы, главным образом, на основе обобщения результатов [1]. В настоящее же время методики сравнительного анализа различных приемов дифференциации отсутствуют. Поскольку одним из критериев дифференциации является сохранение определенного уровня натяжения в пряди при ее перемещении вдоль трепального барабана [1, с.117], цель данной работы заключается в изучении влияния комплекса конструктивных параметров процесса трепания на относительную изменчивость силы натяжения.

Из [2, с.320; 3, с.104; 4 и 5] следуют зависимости

$$T = T_0 A \exp(k_0 \alpha) + \left( \frac{m a_c (r+h)}{k_0} - m V^2 + \frac{B}{2(r+h)^2} \right) \cdot (A \exp(k_0 \alpha) - 1), \quad (1)$$

$$V = \frac{dL}{dt}, a_c = \frac{dV}{dt}, k_0 = kr/(r+h), \quad (2)$$

$$A = \frac{\cos \gamma_1 + k_0 \sin \gamma_1}{\cos \gamma_2 - k_0 \sin \gamma_2}, \quad (3)$$

$$\cos \gamma_1 = 1 - 1/q, \cos \gamma_2 = A_1 / (A_1 + 1),$$

$$A_1 = (q - 1) \exp(k_0 \alpha), \quad (4)$$

$$q = 2T_0 (r+h)^2 / B, \quad (5)$$

$$T_0 = 0,5 m \omega^2 R^2 (l_c / R).$$

$$\cdot (4k_p \cos 0,5v - \sin 0,5v + l_c / R - 2), \quad (6)$$

где  $T_0$ ,  $T$  – силы натяжения в сечениях набегания и сбегания слоя на рабочей кромке;  $T_0$  – сила натяжения пряди за счет подбильной решетки;  $m$ ,  $2h$ ,  $B$  – соответственно линейная плотность, толщина и жесткость слоя сырца;  $r$  – радиус кромки;  $R$ ,  $\omega$  – радиус и угловая скорость вращения трепальных барабанов;  $k$ ,  $k_p$  – коэффициенты сопротивления движению слоя на рабочей кромке и на подбильной решетке;  $l_c$  – длина пряди на подбильной решетке;  $v$  – угол поворота барабана, отсчитываемый от момента удара била по слою;  $\alpha$  – угол охвата прядью рабочей кромки;  $z$  – число бил на барабане;  $L$  – длина распрямленных между рабочими кромками участков пряди от точки ее закрепления до данной рабочей кромки;  $S$  – межосевое расстояние барабанов;  $l$  – вылет рабочей кромки относительно плоскости подбильной решетки;  $\varphi$  – угол несимметричной взаимной установки барабанов;  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $A$ ,  $q$ ,  $a_c$ ,  $V$ ,  $k_0$  – вспомогательные величины.

Результирующий угол охвата  $\alpha$  определяли по формуле

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_b, \quad (7)$$

где  $\alpha_r$  – угол охвата, характеризуемый геометрическими параметрами трепальной секции: радиусом и межосевым расстоянием

ем барабанов, числом бил на них;  $\alpha_b$  – угол охвата за счет вылета бильной планки;

$$\alpha_b = \arctg\left(2uv\sqrt{1+u^2}\right), u = l/x_p, \quad (8)$$

где  $x_p$  – расстояние от подбильной решетки до бильной планки.

Величины  $S$  и  $\varphi$  (табл.1) не участвуют в формулах (1...8), но применяются при определении угла  $\alpha_r$  в (7) при обобщении методики [6].

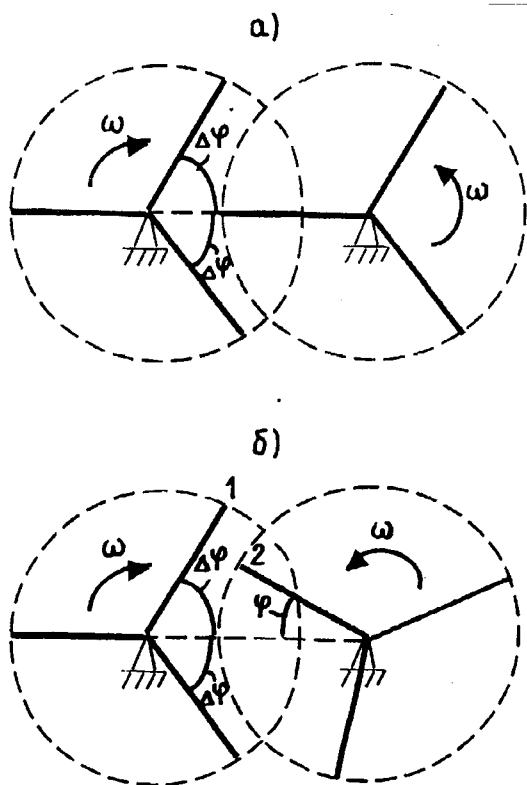


Рис. 1

Поясним введение в расчеты угла  $\varphi$ . Рассмотрим схему поперечного разреза трепальной секции, например, для трехбильных барабанов (рис.1). Во всех существующих трепальных машинах взаимное расположение барабанов (независимо от того, находятся ли оси барабанов в одной горизонтальной плоскости или нет) устанавливается следующим симметричным

образом: если било одного барабана находится в плоскости осей барабанов, то била другого барабана располагаются симметрично этой плоскости под углом  $\Delta\varphi$  (рис.1-а), где  $\Delta\varphi = \pi/z$ . Нарушить это правило можно введением угла  $\varphi$  несимметричной взаимной установки барабанов (рис.1-б), при этом расстояние между кромками 1 и 2, одновременно взаимодействующими с прядью, уменьшается, а соответствующие углы охвата увеличиваются и поэтому сила натяжения в пряди также увеличивается. Такого эффекта можно добиться не только введением угла  $\varphi$ , но и изготовлением бил одного из барабанов по винтовой линии вдоль машины или с помощью специальных направляющих козырьков. Подобные конструктивные приемы реализации этого технологического эффекта позволяют рассматривать его как новый фактор дифференциации процесса трепания.

Таким образом, в теоретический анализ введен комплекс конструктивных параметров процесса трепания, влияющих на силу натяжения в слое сырца, относительная изменчивость которой оценивалась коэффициентом вариации.

Для ранжирования изучаемых параметров введем следующие диапазоны их варьирования:  $2 \leq z \leq 6$ ;  $1,3 \leq S/R \leq 1,7$ ;  $0,245 \leq R \leq 0,37$ , м;  $0,75 \leq r \leq 2,5$ , мм;  $10 \leq l \leq 25$ , мм;  $0 \leq \varphi \leq (\pi/(2z))$ . Методика определения значимости каждого из этих параметров состояла в следующем. Один из шести параметров варьировали по всему принятому диапазону (десять точек,  $m_0=10$ ). Далее по формулам (1...8) в каждой точке вычислялась сила натяжения, все остальные параметры считались постоянными в середине диапазона. Затем вычисляли коэффициент вариации  $CV_i$ ,  $i=1, \dots, 6$  по (11) и (12) и определяли удельный вес каждого из этих коэффициентов:

$$\Delta_{CV}^j = 100CV_j / \left( \sum_{i=1}^6 CV_i \right).$$

Результаты расчетов по этой методике представлены в виде диаграмм на рис.2 и 3 для разных зон длины барабана (А, В, С – соответственно входная, серединная и выходная зоны обработки) при различной

частоте вращения трепальных барабанов  $n=360$  об/мин (рис.2). и  $n=240$  об/мин (рис. 3)  $\omega = \pi n/30$ .

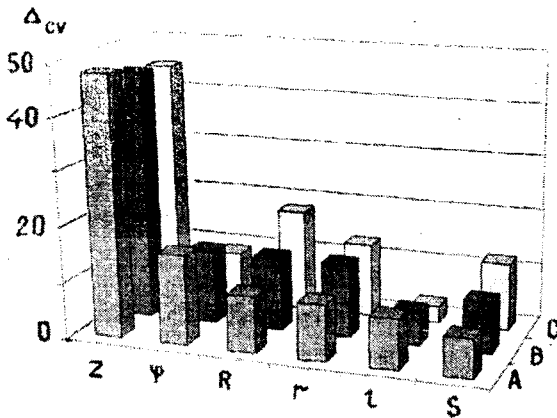


Рис. 2

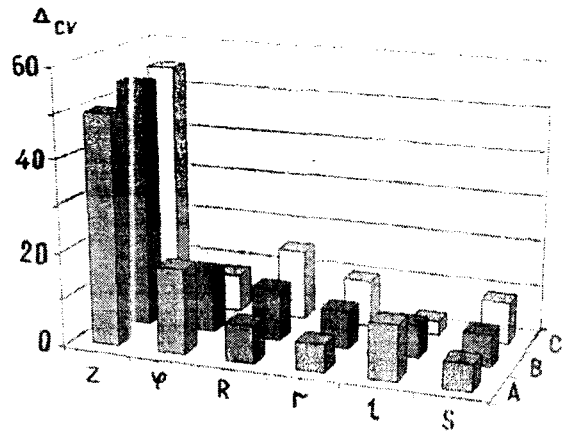


Рис. 3

При расчетах приняты конструктивные и технологические параметры, характерные для каждой из зон обработки [5]. В зоне В осреднялись и конструктивные, и технологические параметры. Результаты расчетов (рис.2, 3) показывают, что наиболее значимым фактором по относительной изменчивости силы натяжения является число бил на барабане,  $\Delta_{cv}=45...55\%$ . Теоретическое обоснование приема дифференциации с использованием этого фактора приведено в [5]. В начале обработки вторым по значимости фактором является степень несимметричности взаимного расположения барабанов (угол  $\phi$ ),  $\Delta_{cv}=16...18\%$ . По мере обработки удельный вес этого фактора снижается до  $\Delta_{cv}=8...9\%$  (зона С). Это обстоятельство заставляет учитывать изменение  $\phi$  прежде всего в зонах А и С. Значимость таких факторов, как радиус барабана, радиус рабочей кромки и межосевое расстояние барабанов, по мере обработки увеличивается и становится соответственно на второе, третье и четвертое место в конце обработки. Влияние вылета рабочей кромки за

плоскость подбильной решетки по мере обработки снижается с 9...12 % до 3%. Таким образом, анализ показал, что наиболее эффективными параметрами дифференциации являются  $z$ ,  $\phi$  и  $R$ , сохраняющие свою эффективность и в серединной зоне барабана. В конце обработки изменению  $\phi$  можно уделить меньше значения, а вместо него целесообразнее использовать изменение по параметрам  $R$  и  $r$ .

Влияние конструкции подбильной решетки в теоретическом анализе учитывается через коэффициент сопротивления  $k_p$  движению слоя на подбильной решетке. Если по аналогичной методике ранжировать полный комплекс конструктивных ( $z$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $r$ ,  $l$ ,  $\phi$ ) и технологических ( $\omega$ ,  $m$ ,  $h$ ,  $k$ ,  $k_p$ ) параметров, то получим результаты, приведенные в табл.1, из которой следует, что значимость влияния подбильной решетки на изменчивость силы натяжения в ходе всего процесса обработки является стабильной и составляет  $\Delta_{cv}=4...6\%$  (это значительно меньше, чем при изменении ранее упомянутых конструктивных параметров).



№ п/п	Δсв. %		
	А	В	С
1	z(27)	z(26)	z(27)
2	k(22)	k(22)	k(20)
3	φ(10)	ω(11)	ω(12)
4	ω(9,4)	φ(7,8)	R(8,4)
5	l(6,0)	R(6,6)	r(5,7)
6	k <sub>p</sub> (5,6)	r(5,5)	S(5,6)
7	R(5,5)	k <sub>p</sub> (5,3)	h(5,0)
8	m(4,9)	m(5,0)	m(4,8)
9	r(4,6)	S(4,3)	k <sub>p</sub> (4,8)
10	S(3,5)	l(3,7)	φ(4,4)
11	h(1,5)	h(2,8)	l(2,3)

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика ранжирования комплекса конструктивных и технологических параметров процесса трепания по относительной изменяемости силы натяжения в слое. Наиболее значимый фактор – число бил на барабане. Вследствие этого изменение количества бил по длине барабана является самым эффективным (среди прочих) приемом дифференциации.

2. Установлено, что по длине барабана (то есть по зонам обработки сырца) изучаемые параметры изменяют свой удельный вес по влиянию на изменчивость силы натяжения в прядях.

3. Наибольшее внимание при проектировании конструкций трепальных барабанов следует уделять конструкторским решениям, обеспечивающим дифференцированное по длине барабана изменение числа бил, угла асимметричности, радиуса рабочей кромки, вылета бильной планки относительно плоскости подбильной решетки и радиуса закругления кромки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

2. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

3. *Каган В.М.* Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

4. *Огибалов П.М., Рабинович А.Л., Федотов Н.М.* // Прикладная математика и механика. – 1939, №3, т.3. С.111...123.

5. *Латишин А.Б.* Математическое моделирование процесса трепания для обоснования конструкции барабана с переменным числом бил: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1994.

6. *Латишин А.Б., Верижникова Н.М.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №6. С.14...16.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 05.10.00.

УДК 677.021

## ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНЫХ СИЛ ТРЕНИЯ И ПОПЕРЕЧНОГО СЖАТИЯ ВОЛОКОН В ЛЕНТЕ

*Н.И. ЗУБАРЕВА, Н.Е. ЛЮСОВА, А.Ф. КАПИТАНОВ*

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

Зависимость сил статического трения  $f$  от сил сжатия  $\sigma_0$ , приходящихся на единицу длины волокна (удельных сил), изучена ранее [1]. Однако для прогнозирования результатов силового воздействия на волокна необходима база данных, учитывающая многообразие различных изначально и меняющихся при обработке структуры и свойств волокон и продукта.

Объектом исследования являлась лента (IV переход ленточных машин ровничного ассортимента)  $T=5$ ктекст состава: шерсть мериносовая  $64^k - 70^k$  I – II длины, сорнопожелтевшая 59,41%; лавсановое волокно 34,95%; обраты полшерстяные 3,95%; концы ленты чистошерстяные 1,35%; концы лавсана 0,34%, выработанная по технологии АОЗТ «Краснохолмский камвольный комбинат». Часть образцов ленты обрабатывалась 0,2%-ной водной эмульсией коприна (процент нанесения эмульсии к массе волокна составил 3%).

На первом этапе эксперимента для нахождения удельной силы поперечного сжатия  $\sigma_0$  использовали метод [2], позволяющий определить эту характеристику от плотности полуфабриката  $\gamma$  при различной степени его сжатия. Образцы ленты дли-

ной  $L=100$ мм закладывались в П-образный паз с прозрачными стенками и подвергались сжатию с помощью грузов различной массы  $G$ . Каждый опыт сопровождался измерениями высоты  $h$  сжатого образца ленты и его массы  $M$ .

Объем образца ленты в сжатом состоянии определяли по формуле

$$V=L h K, \quad (1)$$

где  $K$  – расстояние между боковыми стенками паза, а его плотность – по формуле

$$\gamma=M/V. \quad (2)$$

Напряжение сжатия находили из соотношения

$$\sigma = G/S, \quad (3)$$

где  $S$  – площадь соприкосновения образца ленты со сжимающей его грузовой пластиной ( $S=K L$ ).

Полученные результаты эксперимента и расчетов приведены в табл. 1.

Вариант	Масса образца, мг	Измеренные и расчетные параметры	G, мг				
			40 700	55 700	105 700	155 700	205 700
			$\sigma$ , мН/мм <sup>2</sup>				
			0,148	0,202	0,384	0,566	0,747
1	15 920	h, мм	125,6	112,8	89,6	76,4	69,6
		$V \cdot 10^3$ , мм <sup>3</sup>	339,12	304,56	241,92	206,28	187,92
		$\gamma$ , мг/мм <sup>3</sup>	0,047	0,052	0,066	0,077	0,085
2	16 444	h, мм	141,2	127,4	101,6	88,0	78,6
		$V \cdot 10^3$ , мм <sup>3</sup>	381,24	343,98	274,32	237,60	212,22
		$\gamma$ , мг/мм <sup>3</sup>	0,043	0,048	0,060	0,069	0,077

Примечание. Условный номер варианта: 1 и 2 – образцы ленты соответственно неэмульсированные и эмульсированные.

Напряжение поперечного сжатия образцов ленты количественно равно сумме сил сопротивления этой деформации волокон, содержащихся в объеме прямоугольного параллелепипеда с основанием, например, 1мм<sup>2</sup> и высотой h. Пусть число волокон в этом объеме n, а коэффициент распрямленности  $\eta$ . Тогда на 1мм длины волокна приходится удельная сила сжатия  $\sigma_0$ :

$$\sigma_0 = \frac{\sigma \eta}{n \cdot l} \quad (4)$$

где  $l/\eta$  – длина волокна (мм) на участке образца ленты длиной в 1мм.

В условиях проведения эксперимента зависимости между  $\gamma$  и  $\sigma_0$  имели форму

$$\sigma_0 = a \gamma^b, \text{ мН/мм.} \quad (5)$$

Значения эмпирических коэффициентов, рассчитанных при коэффициенте распрямленности волокон ленты  $\eta=0,85$ , следующие:

	a	b
вариант 1	0,00126	2,7027;
вариант 2	0,00214	2,7987.

Полученные зависимости изображены на рис.1, где представлены гистограммы распределения характеристик элементов конфигураций волокон: X, Y,  $\ell$ ,  $\beta$ .

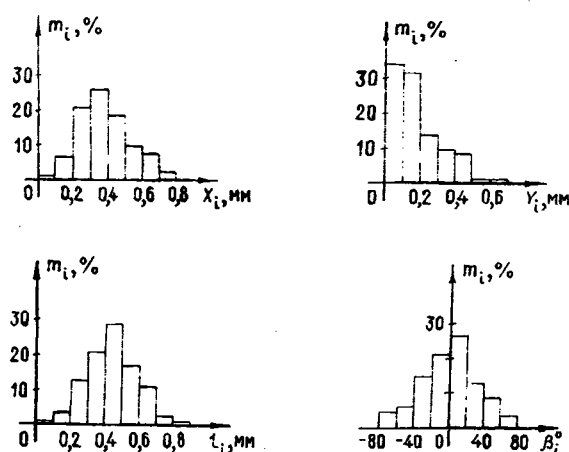


Рис. 1

На втором этапе эксперимента определяли удельную статическую силу  $f$  трения (на 1мм длины волокна). Для этой цели использовали разрывную машину типа РМ-30, снабженную специальными зажимами. Известно [3], что

$$f = \frac{P}{0,25n'l} \quad (6)$$

где  $P$  – абсолютная разрывная нагрузка ленты (определялась при зажимной длине образца 275мм);  $n'$  – число волокон в ее поперечном сечении ( $n' = T_{л} / T_{в}$ , где  $T_{л}$ ,  $T_{в}$  – соответственно линейная плотность ленты и волокна);  $\bar{l}$  – средняя длина волокон в ленте.

Для определения по формуле (5) удельной силы  $\sigma'_0$  поперечного сжатия волокна в ленте находили плотность  $\gamma_{л}$  последней при различных величинах крутки  $K_p$ :

$$\gamma_{л} = \gamma_{в} K_3, \quad (7)$$

где  $\gamma_{в}$  – плотность волокон, составляющих ленту ( $\gamma_{в} = 1,34 \text{ мг/мм}^3$ );  $K_3$  – коэффициент заполнения поперечного сечения ленты:

$$K_3 = \frac{n' d_{в}^2}{D_{л}^2}, \quad (8)$$

где  $d_{в}$  – средний диаметр волокон в ленте;  $D_{л}$  – средний диаметр ленты.

Экспериментальные данные\* ( $K_p$ ,  $D_{л}$ ,  $P$ ) и расчетные ( $f$ ,  $K_3$ ,  $\gamma_{л}$ ,  $\sigma'_0$ ) представлены в табл.2.

Таблица 2

Вариант	$K_p$	$D_{л}$ , мм	$P$ , Н	$f$ , мН/мм	$K_3$	$\gamma_{л}$ , мг/мм <sup>3</sup>	$\sigma'_0 \cdot 10^{-7}$ , мН/мм
1	2	15,4	5,39	0,0208	0,0217	0,0291	0,89
	4	11,5	12,06	0,0464	0,0389	0,0522	4,31
	6	9,5	19,12	0,0736	0,0570	0,0764	12,10
	8	7,6	24,71	0,0952	0,0891	0,1194	40,30
	10	6,3	28,34	0,1092	0,1297	0,1738	111,00
2	2	12,0	9,61	0,0370	0,0358	0,0479	4,34
	4	9,6	11,96	0,0460	0,0559	0,0749	15,20
	6	8,1	14,42	0,0556	0,0785	0,1051	39,10
	8	6,5	19,22	0,0740	0,1218	0,1633	134,00
	10	5,0	28,15	0,1084	0,2059	0,2759	582,00

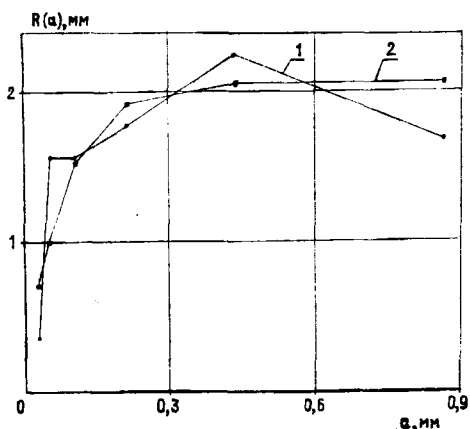


Рис. 2

На рис.2 приведены зависимости  $f = \varphi(\sigma'_0)$  при скоростях 200, 500 и 800мм/мин (зависимость размаха  $R(a) = L_{\max}(a) - L_{\min}(a)$ ).

Полученные результаты показывают: эмульсирование как способ изменения свойств волокон, составляющих продукт, может вызывать повышение сопротивляемости сжатию при одноосной деформации (первый этап исследования); понижение сопротивляемости сжатию при уплотнении продукта с помощью крутки (второй этап исследования). В первом случае  $\gamma_1 > \gamma_2$ , во

\* Скорость приложения растягивающего усилия 500 мм/мин.

втором  $\gamma_{л1} < \gamma_{л2}$ , однако  $f_1 > f_2$ , что связано с особенностями воздействия эмульсии на свойства волокон (прежде всего жесткости на изгиб и кручение).

## ВЫВОДЫ

1. На основе моделирования поперечного сжатия ленты получены зависимости между плотностью продукта и удельной силой поперечного сжатия, которые позволяют через величины плотности продукта в рабочих зонах машин определять удельную силу поперечного сжатия в этих зонах.

2. Выявлено, что эмульсирование продукта уменьшает или увеличивает его сопротивляемость поперечному сжатию и соответственно параметры фрикционного

процесса  $\sigma'_0$  и  $f$  в зависимости от способа поперечного сжатия.

3. Установлено, что с увеличением скорости приложения, растягивающей образец нагрузки, удельная статическая сила трения увеличивается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилова С.А. Разработка технологии эмульсирования химического жгута на штапелирующих машинах. Дис. ... канд.техн.наук.,—М.: МГТА, 1998.
2. Капитанов А.Ф., Моревич В.В., Мошечков В.Б. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1993, №6. С.28 ... 31.
3. Протасова В.А. и др. Прядение шерсти и химических волокон. — М.: Легпромбытиздат. — 1988.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 31.05.00.

УДК 677.051.16

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИХ ПИЛЬЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

*А.В. АВETИСЯН, Г.А. ХОСРОВЯН, А.И. ЛЮБИМОВ*

*(Ивановская государственная текстильная академия)*

Исследование траекторий движения сорных примесей имеет большое значение для определения режима наилучшей очистки полуфабриката при его разъединении, поскольку позволяет, в частности, определить места установки сороудаляющих устройств.

В известной теории [1] рассматривалась модель, где движение сорной частицы в начальный момент после удара о зуб гарнитуры происходило по прямой, являющейся касательной к окружности, очерчиваемой кончиком зуба, то есть в ней пренебрегали величиной угла при вершине зуба. Кроме того, расчетные результаты основывались на кинематических аспектах

изменения положения сорных частиц в пространстве, а не на решении уравнений механики.

В [2] принималось, что сорная частица в результате удара приобретает скорость, направленную под углом к касательной к окружности пильчатого барабана в точке их взаимодействия.

Проведем анализ ударного взаимодействия сорной частицы с рабочей гранью зуба гарнитуры и дальнейшего движения ее в области соровыделения с помощью уравнений механики.

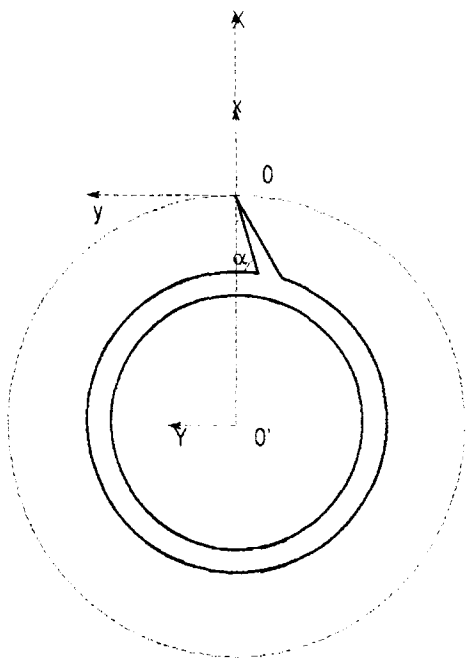


Рис. 1

Введем систему координат  $Oxy$ , связанную с вращающимся пильчатым барабаном (рис.1). Отметим, что центр системы  $Oxy$  совмещен с вершиной зуба гарнитуры. Ось  $Ox$  направим по радиусу пильчатого барабана. Центр системы координат  $O'X'Y'$  свяжем с центром пильчатого барабана. Направление оси  $O'X'$  совместим с направлением оси  $Ox$ . Обозначим через  $\alpha$  угол наклона передней грани зуба гарнитуры (рис.1).

При соударении двух движущихся тел коэффициент восстановления называется отношением модуля нормальной составляющей относительной скорости точки контакта тел после удара к ее модулю до удара. Теоретические и экспериментальные исследования в области механики взаимодействия сорных частиц с зубом гарнитуры позволяют сделать вывод, что для моделирования величины скорости частицы после удара  $\vec{v}_2$  допустимо применить соотношение

$$v_2 = k_{уд} v_1, \quad (1)$$

где  $k_{уд}$  – коэффициент восстановления при ударе;  $v_1$  – скорость частицы до удара.

Исследуем процесс движения сорной частицы в узле дискретизации под воздействием радиального воздушного потока [3].

Ускорение сорной частицы является суммой трех составляющих:

$$\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_{кор},$$

где  $\vec{a}_e, \vec{a}_r, \vec{a}_{кор}$  – соответственно переносное, относительное и кориолисово ускорения.

Переносное ускорение в случае, когда происходит равномерное вращение барабана, имеет вид

$$\vec{a}_e = \vec{\omega}(\vec{\omega}\vec{r}),$$

где  $\vec{\omega}$  – вектор угловой скорости барабана;  $\vec{r}$  – радиус-вектор положения центра масс сорной частицы во вращающейся системе координат.

Обозначим через  $u_k$  и  $v_k$  проекции скорости сорной частицы в момент пересечения окружности  $R_6 - h_3$ , а вектор полной скорости сорной частицы в этот момент времени – через  $v_k$ .  $\alpha_k$  – угол между вектором радиальной составляющей скорости  $u_k$  и полным вектором скорости  $v_k$ .

На рис. 2 изображено расположение вектора скорости частицы  $\vec{v}_{кб}$  относительно вращающегося барабана, с которым связана система координат  $O'rq$ . Значения составляющих компонент скорости  $\vec{v}_{кб}$  вычисляются по формулам

$$u_{кб} = u_k,$$

$$\vec{v}_{кб} = v_k - v_6,$$

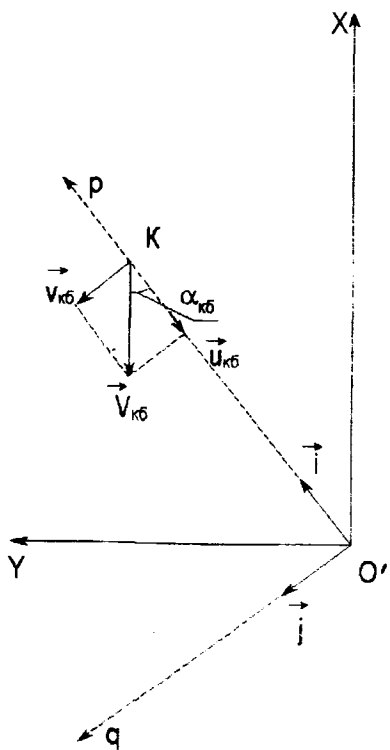


Рис. 2

а значение угла  $\alpha_{кб}$  определяется из соотношения

$$\alpha_{кб} = \arctg(v_{кб} / |u_{кб}|).$$

Обозначим через  $v_{вит}$  скорость витания частицы.

Кориолисово ускорение

$$\bar{a}_{кор} = 2(\bar{\omega} \bar{v}_{кб}),$$

где  $\bar{v}_{кб}$  – вектор скорости сорной частицы до столкновения с корпусом пыльчатого барабана.

Проведя соответствующие операции с векторами, найдем, что

$$\bar{a}_e = \bar{\omega}(\bar{\omega} \bar{r}_k) = -\omega^2 \bar{R}_{кл},$$

$$\bar{a}_{кор} = 2(\bar{\omega} \bar{v}_{кб}) = 2 \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & 0 & \omega \\ u_{кб} & v_{кб} & 0 \end{vmatrix} = -2\omega \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} \\ u_{кб} & v_{кб} \end{vmatrix} = -2\omega(\bar{i} v_{кб} - \bar{j} u_{кб}) = -2\omega v_{кб} \bar{i} - 2\omega u_{кб} \bar{j},$$

где  $R_k = R_б - h_3$  – радиус корпуса барабана;  $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$  – единичные орты, вращающиеся с угловой скоростью  $\bar{\omega}$  прямоугольной системы координат;  $\bar{r}_k$  – радиус-вектор положения точки на цилиндрической поверхности корпуса барабана.

Таким образом,

$$\begin{aligned} \bar{a} &= -\omega^2 R_k \bar{i} + \bar{a}_r - 2\omega v_{кб} \bar{i} + \\ &+ 2\omega u_{кб} \bar{j} = \bar{a}_r + h_1 \bar{i} + h_2 \bar{j}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $h_1 = -\omega^2 R_k - 2\omega v_{кб}$ ;  $h_2 = 2\omega u_{кб}$ .

Второй закон Ньютона для сорной частицы массой  $m_c$  записывается в общей форме:

$$m_c(\bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_{кор}) = \bar{F}_a,$$

где  $\bar{F}_a$  – аэродинамическая сила, действующая на сорную частицу массой  $m_c$  со стороны воздушного потока со скоростью  $v_{от}$ .

Величина аэродинамической силы определяется по формуле из [2]:

$$\bar{F}_a = m_c g v_{отн}(\bar{v}_{от} - \bar{v}_k) / v_{вит}^2, \quad (3)$$

где  $\bar{v}_{от}$  – скорость воздушного потока, направленная под углом  $\pi - \beta$  к радиальному направлению (рис. 2);

$$\bar{v}_K = (u_K, v_K);$$

$$\bar{v}_{отн} = -((v_{от} \cos \beta - u_K)^2 + (v_{от} \sin \beta - v_K)^2)^{-0.5};$$

$\bar{v}_{вит}$  – скорость витания сорной частицы.

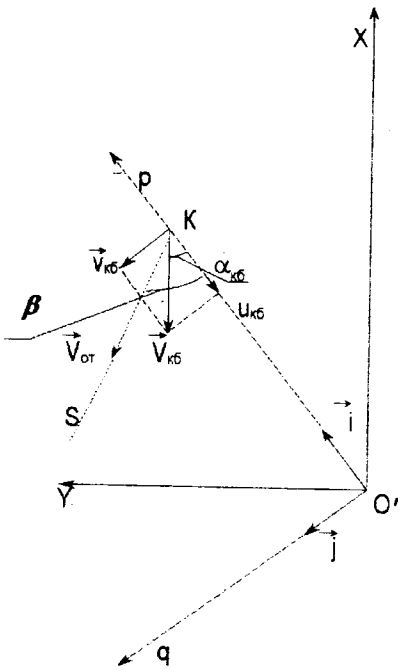


Рис. 3

Спроектируем векторное соотношение (3) на направление  $s$  вектора  $\bar{v}_a = \bar{v}_{от}$  (рис. 3):

$$(\bar{F}_a)_s = m_c g v_{вит}^{-2} v_{отн} (\bar{v}_a - \bar{v}_K)_s. \quad (4)$$

Приняв во внимание (3), найдем

$$m_c (\bar{a})_s = m_c (\bar{a}_r)_s + m_c h_1 (\bar{i})_s + m_c h_2 (\bar{j})_s.$$

Поскольку

$$m_c (\bar{a})_s = (\bar{F}_a)_s,$$

то

$$\begin{aligned} m_c g v_{вит}^{-2} v_{отн} (\bar{v}_a - \bar{v}_K)_s = \\ = m_c (\bar{a}_r)_s + m_c h_1 (\bar{i})_s + m_c h_2 (\bar{j})_s. \end{aligned} \quad (5)$$

Так как

$$(\bar{v}_a - \bar{v}_K)_s = v_a + u_K \cos \beta - v_K \sin \beta,$$

$$(\bar{i})_s = -\cos \beta,$$

$$(\bar{j})_s = \sin \beta,$$

в результате имеем следующее уравнение, связывающее основные характеристики процесса удаления сорных частиц через канал:

$$\begin{aligned} m_c g v_{вит}^{-2} v_{отн} (v_a + u_K \cos \beta - v_K \sin \beta) = \\ = m_c (\bar{a}_r)_s - m_c h_1 \cos \beta + m_c h_2 \sin \beta. \end{aligned} \quad (6)$$

Разделив правую и левую части (6) на  $m_c$ , получим

$$\begin{aligned} g v_{вит}^{-2} v_{отн} (v_a + u_K \cos \beta - v_K \sin \beta) = \\ = (\bar{a}_r)_s - h_1 \cos \beta + h_2 \sin \beta. \end{aligned} \quad (7)$$

Условием захвата сорной частицы всасывающим факелом будем считать равенство нулю величины проекции ускорения на ось  $s$ . Поэтому для нахождения величины  $v_a$  воспользуемся соотношением

$$\begin{aligned} g v_{вит}^{-2} v_{отн} (v_a + u_K \cos \beta - v_K \sin \beta) + \\ + h_1 \cos \beta - h_2 \sin \beta = 0. \end{aligned} \quad (8)$$



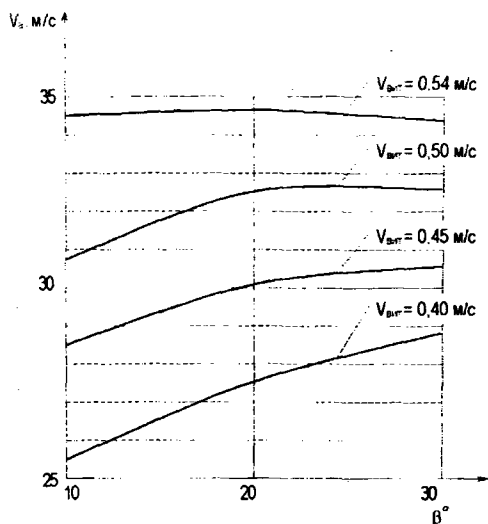


Рис. 4

На рис. 4 представлена номограмма зависимости величины  $v_a$  от  $\beta$  при различных значениях  $v_{\text{бвр}}$ .

## ВЫВОДЫ

Получена математическая модель для расчета процесса движения сорных приме-

УДК 677.022.954

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОБРЫВНОСТИ НИТИ

К.Ю. ПАВЛОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Отметим, что за меру обрывности нити принято брать число обрывов на единицу оборудования в единицу времени ( $O_B$ ). Этот показатель и в настоящее время широко применяется для контроля обрывности на текстильных предприятиях. Определяется он следующей формулой:

$$O_B = \frac{n}{t \cdot v}, \quad (1)$$

сей в зоне сорыва при дискретизации полуфабриката и разработана математическая модель процесса улавливания сорных частиц при дискретизации полуфабриката в предложенных узлах.

Теоретические расчеты и компьютерное моделирование показали, что частота вращения дискретизирующего барабана не влияют на некоторые параметры очищающего устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Niitsu J. // Journal of Textile Machinery Society of Japan. – 14, № 153, 1961. P. 319...328.
2. Хосровян Г.А., Красик Я.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 5.С. 26...29.
3. Патент № 2128737 РФ. Узел дискретизации пневмомеханической прядильной машины / Г.А. Хосровян и др. – Оpubл. 1999. Бюл. № 10.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 01.12.00.

где  $n$  – количество обрывов за время  $t$ ;  $v$  – количество веретен, на которых регистрируется обрыв.

Основное преимущество данного показателя, заключающееся в простоте определения, не дает однако возможности объективно оценивать реальную картину уровня обрывности при работе фабрик, смен и участков; не отражает в достаточной степени состояние технологического процесса ухода за оборудованием и организацию

труда, и не позволяет тем самым установить единые нормативы по обрывности для различных номеров пряжи. С целью учета этих факторов в некоторых исследованиях предлагается определять обрывность не на единицу оборудования, а на единицу выработанной продукции, то есть на единицу длины. В этом случае обрывность  $O_M$  на 1 м определяется как

$$O_M = \frac{n}{G}, \quad (2)$$

где  $n$  – число обрывов на машине за время наблюдения;  $G$  – фактическая выработка машины за время наблюдения, м.

С математической точки зрения показатель  $O_M$  существенно ничем не отличается от показателя  $O_B$ . Как видно из (1) и (2), между  $O_M$  и  $O_B$  легко установить связь. Так, при одинаковом числе  $n$  обрывов имеет место

$$O_B t_B = O_M G. \quad (3)$$

Тогда

$$O_B = \frac{O_M G}{t_B}$$

или

$$O_M = \frac{O_B t_B}{G}. \quad (4)$$

В других исследованиях приводятся два показателя обрывности, первый  $O_t$  из которых определяется как средний промежуток времени между обрывами на определенном количестве веретен:

$$O_t = \frac{t}{n} K_1,$$

а второй

$$O_B = \frac{G}{n} K_2,$$

как средняя длина нити между обрывами.

Здесь  $K_1$  – коэффициент, приводящий показатель  $O_t$  к 100 или 1000 веретен;  $K_2$  – коэффициент, приводящий показатель  $O_B$  к 100 или 1000 метров. Последние два показателя – величины, обратные по отношению к  $O_B$  и  $O_M$ . Единицей наблюдения в этом случае является отдельный обрыв, тогда как в показателе  $O_B$  – это отдельный промежуток времени, а в показателе  $O_M$  – отдельный отрезок выработанной пряжи.

В [1] для характеристик обрывности предложен показатель  $P_O$  вероятности обрыва. Установим связь между этим показателем и приведенным выше показателем обрывности, которые реально используются на текстильных предприятиях ( $O_B$  и  $O_M$ ).

Вероятность обрыва – это отношение обрывоопасных участков нити, на которых имеет место обрыв, к общему количеству участков на рассматриваемой длине. На основании приведенных в [1] доказательств длина участка обрыва составляет 1 см. При расчете обрывности по формуле (2) получим общее количество участков, среди которых количество обрывоопасных участков в этом случае равно количеству обрывов или обрывности на машине –  $O_M$ .

Используя формулу (3) и принимая во внимание, что  $\frac{G}{t_B} = V$  – скорость выпуска пряжи, имеем

$$O_B = P_O V$$

или

$$O_B = 3,6 P_O V \cdot 10^6 \text{ ч}^{-1} \text{ на } 1000 \text{ веретен.} \quad (5)$$

Аналогичные результаты получены в [2].

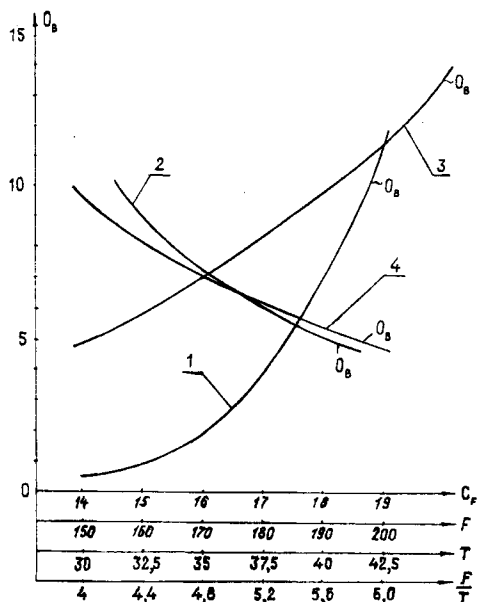


Рис. 1

Анализ формулы (5) показывает, что обрывность на машине в расчете на 1000 вер./ч находится в линейной зависимости от вероятности обрыва и скорости выпуска. Используя (5) и результаты исследований из [1], получаем зависимость (рис. 1) обрывности от значений коэффициента вариации (кривая 1), разрывной нагрузки (2), натяжения нити (3) и запаса прочности  $\frac{F}{T}$  нити (4).

Как видно из графиков, представленных на рис. 1, с ростом коэффициента вариации и натяжения нити обрывность возрастает, а с увеличением разрывной нагрузки  $F$  и запаса прочности нити  $\frac{F}{T}$  обрывность снижается.

Следует отметить, что абсолютное значение теоретически рассчитанной обрывности нити ниже уровня обрывности, имеющего место на практике. Это можно

объяснить тем, что в расчетах принималось распределение разрывной нагрузки нити и натяжение, которые подчиняются закону распределения. Другие факторы, влияющие на изменение разрывной нагрузки и на натяжение нити, не учитывались.

В действительности же имеют место гармонические колебания натяжения и разрывной нагрузки (разладка отдельных узлов машины и т.д.), а также случайные рывки и выбросы (заклинивание бегунка, наличие соринки в зоне формирования пряжи и т.п.) – все это ведет к увеличению обрывности. Расчетный показатель, предлагаемый в данной работе, эти факторы не учитывает. Он может быть использован для сравнительной оценки и характеристики технологического процесса, способа производства пряжи, например, при создании более совершенных технологий и разработке нового оборудования.

## ВЫВОДЫ

Установлена связь между показателем вероятности обрыва и реальным показателем обрывности, применяемым на текстильных предприятиях, то есть количеством обрывов на 1000 вер./ч. Полученное соотношение не только показывает действительный уровень обрывности, но и позволяет оценить ожидаемую обрывность при разработке новых технологий и оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ю., Павлов Ю.В. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №1. С. 135...137.
2. Гришин П.Ф. Об обрывности на веретенах // Сб. науч. тр. по прядению нити. – 1973.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 10.03.00.

УДК 677.024.001.18

**АНАЛИЗ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ  
МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ, СТРУКТУРОЙ ПАКОВКИ  
И СВОЙСТВАМИ НИТЕЙ ПРИ ПЕРЕМАТЫВАНИИ  
НА ОСНОВЕ БИНАРНОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ**

*С.Д.НИКОЛАЕВ, И.Н.ПАНИН, М.В.НАЗАРОВА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,  
Димитровградский институт технологии, управления и дизайна,  
Камышинский технологический институт)

При исследовании перематывания нитей и пряжи приходится сталкиваться с многообразием факторов, воздействующих на данный технологический процесс, и многообразием связей между этими факторами. В [1,2] для этих целей предлагалось использовать бинарную причинно-следственную теорию информации, основанную на предпосылках Шеннона.

В настоящей работе решалась задача установления взаимосвязи между технологическими параметрами перематывания нитей на паковку, их параметрами строения и свойствами. В [3] применяли всего 4...6 факторов. Использовать большее их количество практически невозможно ввиду сложности выполнения расчетов. Поэтому нами составлена программа расчета на ПЭВМ на языке программирования СИ, способная рассчитать любую матрицу.

Изучались два вида мотальных паковок: первая – обычная крестовой намотки, получаемая на мотальных машинах М-150; вторая – паковки, полученные на специальном стенде-автомате с постоянным углом сдвига витков. Паковки имели различный сырьевой состав: нить комплексная с добавками электропроводящего волокна (ЭПВ) 80 текс, бобины сомкнутой и крестовой намоток; хлопчатобумажная нить 40 текс, бобины сомкнутой и крестовой

намоток; лавсановая нить 25 текс, бобины сомкнутой и крестовой намоток.

При исследовании брали следующие факторы: разрывную нагрузку  $P_p$  нити, Н; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{P_p}$  по разрывной нагрузке; разрывное удлинение  $L_p$ , мм; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{L_p}$  по разрывной нагрузке; диаметр  $D$  бобины, мм; линейную плотность  $T$  пряжи, текс; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_T$  по линейной плотности; удельную плотность  $\rho$  намотки бобин,  $г/см^3$ ; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_\rho$  по удельной плотности намотки бобин; угол  $\psi$  сдвига витков, град; угол  $2\alpha$  скрещивания витков, град; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{2\alpha}$  по углу скрещивания витков; коэффициент  $f$  тангенциального сопротивления; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_f$  по коэффициенту тангенциального сопротивления; число циклов  $n_n$  до разрушения нити при истирании, количество циклов; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{n_n}$  по величине числа циклов до разрушения нити при истирании; число циклов  $n_p$  до разрушения нити при многократной нагрузке, количество циклов; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{n_p}$  по величине числа циклов до разрушения нити при многократной нагрузке; жесткость нити,  $C=P_p/L_p$ , Н/мм.

В [1...3] получено, что по значению энтропии можно определить направленность причинно-следственных связей между исследуемыми факторами. Установление таких связей помогает при контроле и оптимизации технологических процессов обращать внимание на факторы, в наибольшей степени влияющие на выходные функции.

Однако в [1...3] отмечено, что истинное влияние факторов друг на друга можно оценить по частным коэффициентам причинного влияния. Для определения на-

званных коэффициентов необходимо решить систему нелинейных уравнений, состоящую из большого количества уравнений (при 4 факторах – это 6 уравнений, при 5 факторах – 10 уравнений, при 6 факторах – 15 уравнений и т.д.). Для решения таких систем нами использован один из известных пакетов прикладных программ "Eureka".

В результате расчетов получены значения энтропии исследуемых факторов, представленные в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Фактор	Сомкнутая намотка			Обычная намотка		
		комплексная нить	хлопчато-бумажная	лавсановая	комплексная нить	хлопчато-бумажная	лавсановая
1	D	3,495	3,495	3,495	3,495	3,495	3,495
2	T	3,495	3,018	3,729	3,495	2,500	3,495
3	$\sigma_T$	2,942	2,267	2,260	2,826	2,817	2,675
4	$\psi$	3,495	3,670	3,493	1,625	1,589	1,907
5	$2\alpha$	1,716	1,816	1,875	1,716	2,038	1,981
6	$\sigma_{2\alpha}$	1,589	1,625	1,589	3,495	1,816	3,459
7	Q	2,768	2,160	2,758	1,589	1,980	1,944
8	$\sigma_Q$	2,990	2,138	2,246	1,462	1,462	1,398
9	f	3,002	2,468	2,923	2,388	3,107	2,901
10	$\sigma_f$	3,186	2,836	3,455	2,541	3,472	3,025
11	$P_p$	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398
12	$\sigma_{P_p}$	1,525	1,462	1,525	1,525	1,462	1,625
13	$L_p$	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398
14	$\sigma_{L_p}$	1,525	1,462	1,462	1,462	1,462	1,462
15	$n_p$	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398
16	$\sigma_{n_p}$	1,525	1,462	1,462	1,589	1,462	1,398
17	$n_n$	1,398	1,398	1,462	1,398	1,398	1,462
18	$\sigma_{n_n}$	1,525	1,462	1,398	1,462	1,398	1,462
19	C	3,201	3,285	3,443	3,129	2,820	3,561

Анализ данных значений позволяет построить графы причинно-следственных связей в процессе перематывания пряжи (ориентированный граф причинно-следственных связей 19 факторов имеет громоздкий вид и вследствие этого в статье не приводится) и сделать следующие выводы.

Для бобин с сомкнутой намоткой:

- максимальную энтропию имеют такие факторы, как угол сдвига витков, диаметр бобины и линейная плотность утка; угол сдвига в конечном итоге является причиной всех других факторов (параметров структуры и свойств исследуемых нитей);

- минимальное значение энтропии имеют свойства нитей (разрывная нагрузка, разрывное удлинение, стойкость нитей к многократным нагрузкам и истиранию); в конечном итоге мы всегда стремимся к тому, чтобы получить нить с наперед заданными свойствами, которые и определяют поведение нитей в дальнейших технологических процессах ;

- параметры формируемой структуры определяют основные свойства исследуемых нитей; это вытекает из того, что энтропия параметров структуры паковок больше энтропий показателей свойств нитей;

- неравномерность всех параметров структуры и свойств нитей (за исключением угла скрещивания нитей на бобине) является причиной параметров структуры и свойств нитей, так как энтропии показателей неравномерности выше; это еще раз свидетельствует о важной роли в технологических процессах не столько абсолютных значений показателей, сколько значений их неравномерности;

- угол скрещивания витков, наоборот, является причиной неравномерности, это связано с тем, что угол скрещивания витков для бобин сомкнутой намотки непостоянная величина и он является следствием других параметров структуры;

- удельная плотность намотки нитей на бобине зависит от многих факторов, прежде всего, от угла сдвига витков, диаметра нити на паковке, линейной плотности нити

и их неравномерности, вида волокнистого состава (коэффициента трения и его неравномерности);

- угол сдвига витков и удельная плотность намотки являются причинами угла скрещивания витков, что существенно важно; на обычной машине угол скрещивания витков, оставаясь постоянной величиной, и зависящий от соотношения скоростей перематывания в поступательном и вращательном движениях, создает в паковке определенные "воздушные промежутки", которые уменьшают массу паковки и создают большую неравномерность удельной плотности по мере изменения диаметра; в данной же паковке угол скрещивания витков "подвижен", он принимает такие значения, которые позволяют получить максимально возможную массу при определенном объеме паковки;

- значение энтропий у всех свойств нитей и их неравномерностей практически одинаковые; это свидетельствует о том, что свойства нитей не зависимы друг от друга, и еще раз объясняет тот факт, что необязательно нити с лучшими полуцикловыми характеристиками будут иметь наилучшие показатели при многократном растяжении и истирании.

Для обычной бобины:

- параметры структуры паковки зависят от целого ряда факторов: диаметра паковки, линейной плотности нити, коэффициента пропорциональности  $s$ , коэффициента трения и неравномерностей по этим характеристикам; в отличие от бобин сомкнутой намотки ни один из важнейших параметров структуры (угол скрещивания витков, угол сдвига витков, удельная плотность наматывания) не имеет максимального значения энтропии;

- удельную плотность намотки на обычной бобине предопределяет угол скрещивания витков: в связи с тем, что угол скрещивания витков в данном случае зависит от соотношения скоростей в поступательном и вращательном движениях, его значение по мере формирования паковки стабильно; неравномерность удельной плотности нитей в данном случае яв-

ляется следствием удельной плотности намотки нити на бобину;

– в отношении комплексной нити угол сдвига витков и угол скрещивания определяют плотность намотки, а для хлопчатобумажной и лавсановой паковок угол скрещивания витков и удельная плотность намотки определяют угол сдвига витков; но во всех случаях угол сдвига витков является следствием угла скрещивания; для формирования нормальной паковки необходимо для обычной бобины образовывать различные углы сдвига витков (конструктивно это осуществляется за счет работы электропрерывателя);

– как и для бобин сомкнутой намотки, энтропия всех свойств нитей имеет минимальные значения; следовательно, все параметры структуры являются причиной и определяют свойства нитей на паковках; аналогичны причинно-следственные связи между свойствами и характеристиками неравномерности этих свойств, неравномерность свойств нитей является причиной средних значений свойств нитей;

– как и для бобин сомкнутой намотки, энтропии всех свойств примерно равны между собой, что говорит об отсутствии

причинно-следственных связей между отдельными показателями свойств.

Приведенный анализ показывает различие в причинно-следственных связях между параметрами структуры и свойствами нитей в бобинах обычной и сомкнутой намотки. В бобинах обычной намотки угол скрещивания витков является более стабильным и от этого фактора зависят в дальнейшем остальные параметры структуры; при этом бобина формируется в более сложных условиях, нежели при образовании сомкнутой намотки, когда первичным является угол сдвига витков. Это принципиальное отличие и приводит к различию во внешнем виде паковки. Бобины сомкнутой намотки имеют более компактную форму, они более вместимы.

Проведем анализ и установим причинно-следственные связи между 4 факторами: углом скрещивания, углом сдвига витков, удельной плотностью намотки, выносливостью нитей к многократным нагрузкам.

Результаты расчета информации, парных и частных коэффициентов причинного влияния приведены в табл. 2.

Таблица 2

Причинно-следственная связь	$I_{ij}$	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
$2\alpha \rightarrow \psi$				
Сомкнутая намотка				
Комплексная	0,580	0,337	0,266	0,071
хлопчатобумажная	0,407	0,224	0,125	0,099
лавсановая	0,653	0,348	0,298	0,050
Обычная намотка				
Комплексная	1,196	0,697	0,697	0
хлопчатобумажная	1,100	0,540	0,267	0,273
лавсановая	0,999	0,509	0,244	0,265
$2\alpha \rightarrow \rho$				
Сомкнутая намотка				
Комплексная	0,930	0,325	0,325	0
хлопчатобумажная	0,979	0,453	0,453	0
лавсановая	0,894	0,324	0,324	0
Обычная намотка				
Комплексная	1,205	0,759	0,213	0,546
хлопчатобумажная	0,961	0,485	0,485	0
лавсановая	1,003	0,514	0,514	0

Причинно-следственная связь	$I_{ij}$	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
$2\alpha \rightarrow n_p$				
Сомкнутая намотка				
Комплексная	1.280	0.914	0.914	0
хлопчатобумажная	1.244	0.890	0.890	0
лавсановая	1.205	0.879	0.879	0
Обычная намотка				
Комплексная	1.278	0.914	0.109	0.805
хлопчатобумажная	1.172	0.838	0.173	0.665
лавсановая	1.177	0.805	0.196	0.609
$\psi \rightarrow \rho$				
Сомкнутая намотка				
Комплексная	0.610	0.219	0.219	0
хлопчатобумажная	0.472	0.218	0.218	0
лавсановая	0.427	0.155	0.155	0
Обычная намотка				
Комплексная	1.244	0.783	0.783	0
хлопчатобумажная	1.115	0.563	0.563	0
лавсановая	1.003	0.516	0.516	0
$\psi \rightarrow n_p$				
Сомкнутая намотка				
Комплексная	0.700	0.500	0.111	0.389
хлопчатобумажная	0.515	0.368	0.080	0.288
лавсановая	0.651	0.483	0.096	0.387
Обычная намотка				
Комплексная	1.317	0.942	0.396	0,546
хлопчатобумажная	1.326	0.948	0,948	0
лавсановая	1.181	0.808	0.808	0
$\rho \rightarrow m_p$				
Сомкнутая намотка				
Комплексная	0.930	0.666	0.369	0.297
хлопчатобумажная	1.133	0.811	0.408	0.403
лавсановая	0.892	0.811	0.526	0.285
Обычная намотка				
Комплексная	1.326	0.697	0.697	0
хлопчатобумажная	1.187	0.849	0.315	0.534
лавсановая	1.172	0.802	0.385	0.417

Правомерность выбора этих факторов очевидна: угол скрещивания и угол сдвига витков принципиально характеризуют структуру двух типов исследуемых паковок, удельная плотность наматывания – параметр, характеризующий качество паковок, а выносливость нитей к многократным нагрузкам – одно из свойств нитей, в наибольшей степени определяющий дальнейшие технологические процессы.

Проанализируем результаты расчета из табл. 2.

Для бобин сомкнутой намотки первичным является угол сдвига витков, который определяет параметры структуры и свойства нитей. Это закономерно, так как он не зависит от технологических параметров,

других параметров структуры и свойств нитей, а определяется задаваемым значением и устанавливается за счет соответствующей наладки машины.

Для всех трех бобин различного волокнистого состава удельная плотность намотки определяется прежде всего углом сдвига витков. Удельная плотность намотки является причиной, а следствием выступает угол сдвига витков. Удельная плотность намотки и угол сдвига витков предопределяют угол скрещивания витков.

Максимальное взаимное влияние существует между углом скрещивания витков и удельной плотностью. Частные коэффициенты причинного влияния соответственно для хлопчатобумажной, лавсановой и ком-



плексной нитями равняются: 0,325; 0,453; 0,324.

Угол сдвига витков и более равномерная по сравнению с обычными бобинами удельная плотность наматывания способствуют такому расположению витков и такому углу скрещивания, при которых достигается наибольшая удельная плотность наматывания и наибольшая длина и масса нити на паковке. Частные коэффициенты причинного влияния между углом скрещивания и углом сдвига витков (0,266; 0,125; 0,298) и углом сдвига витков и удельной плотностью наматывания (0,219; 0,218; 0,155) меньше, хотя и соизмеримы с первыми.

Свойства нитей предопределяются параметрами структуры паковки и удельной плотностью наматывания, хотя в основном зависят от вида волокнистого состава, линейной плотности нитей, технологических параметров и неравномерности свойств сырья, а также стабильности технологического процесса.

Для обычной бобины первичным (причиной) является угол скрещивания витков, задаваемый скоростным режимом работы машины. Для хлопчатобумажной и лавсановой нитей причинно-следственная связь выглядит следующим образом:  $2\alpha \rightarrow \psi \rightarrow \rho \rightarrow n_p$ , а для комплексной нити  $2\alpha \rightarrow \rho \rightarrow \psi \rightarrow n_p$ .

## ВЫВОДЫ

1. Использование теории причинно-следственной информации позволяет установить причинно-следственные связи между факторами, определяющими процесс перематывания, и количественно оценить интенсивность причинных связей.

2. Созданная программа расчета на ЭВМ позволяет оценить интенсивность причинно-следственных связей при анализе любого количества факторов.

3. Установлено, что при формировании бобин сомкнутой намотки ее структура и свойства предопределяются углом сдвига

витков, который обеспечивает получение бобин заданной удельной плотности.

4. При формировании бобин обычной намотки структуру и свойства предопределяет угол скрещивания витков, но при этом бобина формируется в более сложных условиях, нежели при образовании бобин сомкнутой намотки, когда первичным является угол сдвига витков.

5. Свойства нитей предопределяются параметрами структуры бобин и удельной плотностью наматывания, хотя, безусловно, зависят от вида волокнистого состава, линейной плотности нитей, технологических параметров и неравномерности свойств сырья, причем установлено, что свойства нитей независимы друг от друга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №2. С.43...46.
2. Николаев С.Д. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №6.
3. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1989.

Рекомендована кафедрой ткачества МГТУ. Поступила 09.12.99.

## КОРРЕКТИРОВКА НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВЫ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ СТБ

С.Ю. ВОРОНИН, В.Р. БЫКАДОРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Разрыв кинематической цепи между чувствительным и передаточным механизмами основного регулятора станка СТБ ведет к потере его чувствительности при изменении натяжения основы за каждую уточную прокидку [1].

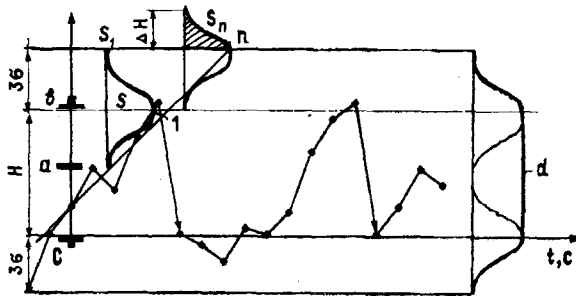


Рис. 1

Согласно [2] установка величины зазора  $H$  (рис. 1) между болтом  $a$  на двуплечем рычаге чувствительного элемента и регулировочными болтами  $b$  и  $c$  на тяге передаточного элемента производится в статических условиях. Поскольку величина перемещения чувствительного элемента – скала при работе ткацкого станка заранее неизвестна, то наладка регулятора обладает определенной погрешностью, проявляющейся как на отдельном станке, так и на группе станков, вырабатывающих ткань одного артикула.

При отклонении натяжения основы от номинального значения производится его автоматическая корректировка регулятором. В этом случае перемещения скала, производящие выравнивание натяжения основных нитей, являются определяющим фактором.

Колебания скала можно характеризовать как случайные и систематические, которые действуют одновременно и налагаются друг на друга. Случайные колебания вызваны отклонениями в настройке регу-

лятора, люфтами в соединениях деталей, износом трущихся поверхностей и другими причинами. Систематические колебания являются следствием изменения диаметра намотки на навое при его срабатывании.

Условимся, что процесс корректировки натяжения  $K_0$  при его изменении происходит следующим образом (рис. 1). Под влиянием систематических погрешностей скало, а следовательно, и болт  $a$  на двуплечем рычаге случайно перемещаясь, приближаются к верхнему регулировочному болту  $b$  на тяге.

При касании болтов возникает механический сигнал (импульс) в виде перемещения тяги, которое передается исполнительному механизму регулятора. При этом навой с намоткой поворачивается на больший угол, натяжение  $K_0$  уменьшается и болт  $a$  опускается в зону нижнего регулировочного болта  $c$ . Вследствие этого центр группирования случайных погрешностей перемещается на величину  $H$  – расстояние между регулировочными болтами, определяющее свободное перемещение скала между идущими двумя подряд корректировочными импульсами. Затем процесс перемещения болта  $a$  к болту  $b$  повторяется вновь и совершается до тех пор, пока не происходит их соприкосновения.

Таким образом, технологические погрешности натяжения основы компенсируются периодически, что придает процессу корректировки натяжения дискретный характер. Корректировка натяжения  $K_0$  носит ациклический характер, проявляющийся в том, что период времени между двумя соседними импульсами является величиной переменной.

Рассеивание случайных колебаний, как правило, подчиняется закону Гаусса [3]. Изменение усредненных систематических

колебаний можно принять линейным. при этом их распределение описывается законом равной вероятности. Тогда суммарная кривая распределения  $d$  отклонений болта а представляет композицию законов Гаусса и равной вероятности.

Поскольку погрешность корректировки следует оценивать как поле рассеивания колебаний скала, то на основании анализа изменения величины последних можно сделать вывод о том, что в состав погрешности корректировки кроме  $H$  входит величина  $6\sigma$ , где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение  $H$  размера, вызванного погрешностью при установке нового навоя.

Однако в состав погрешности корректировки натяжения входят не только величины  $H$  и  $6\sigma$ , но и параметр  $\Delta H$ , в пределах которого находится центр группирования случайных погрешностей при возникновении корректировочного импульса.

Рассмотрим передачу импульса (касания) болтов а и b (рис. 1). Для определения величины  $\Delta H$  необходимо установить два предельных для нее положения: первое – при котором практически возникает вероятность корректировки и второе – при котором вероятность корректировки находится близко к единице.

Первое предельное положение центра группирования соответствует появлению вероятности корректировки, которую примем равной  $3\sigma$  и соответствующей функции нормального распределения  $\Phi(x)=0,99865$  для  $x=3$ , то есть вероятностью корректировки меньшей 0,135% пренебрегаем.

Для определения второго предельного центра группирования найдем вероятность  $q_1$  отсутствия корректировочного импульса при касании болтов а и b в точке 1 [4]:

$$q_1 = 1 - S_1/S, \quad (1)$$

где  $1, \dots, i, \dots, n$  – серия последовательных уточных прокидок, при которых возникает вероятность корректировки;  $S_1, \dots, S_n$  – участки площади кривой Гаусса, характеризующие вероятность появления переме-

щений скала, способных вызвать корректировку;  $S$  – общая площадь кривой Гаусса.

Применяя закон умножения вероятностей, определим вероятность отсутствия корректировки для любого числа в промежутке  $2, \dots, i, \dots, n$ :

$$q_n = (1 - S_1/S) \dots (1 - S_i/S) \dots (1 - S_n/S). \quad (2)$$

Точка  $n$  соответствует числу уточин в ткани, проложенных за время перемещения болта а на величину  $\Delta H$ . Поскольку корректировка и ее отсутствие являются противоположными событиями, вероятность

$$P_n = 1 - q_n = 1 - [(1 - S_1/S) \dots (1 - S_i/S) \dots (1 - S_n/S)]. \quad (3)$$

Из (2) видно, что при увеличении  $n$  вероятность  $q_n$  может достичь сколь угодно малой величины. Следовательно, определив число  $n$ , при котором вероятность отсутствия корректировки практически равна нулю ( $q_n < 0,00135$ ), а вероятность  $P_n$  корректировки – единице, можно установить второе предельное положение центра группирования и величину параметра  $\Delta H$ . Для определения  $n$  необходимо знать величину перемещения  $f$  болта а за одну уточную прокидку:

$$f = \Delta H/n. \quad (4)$$

Если из эксперимента известны параметры  $f$  и  $n$ , то величина

$$\Delta H = f(n-1). \quad (5)$$

Определим кривую распределения корректировочных импульсов внутри интервала  $\Delta H$ , для чего сначала найдем положение центра  $h_i$  группирования при  $i$ -й уточной прокидке:

$$h_i = f_i + H_0 - f = f(i-1) + H_0, \quad (6)$$

где  $H_0$  – исходное (первоначальное) положение центра  $h$ .

Вероятность отсутствия корректировки при величине  $i$  равна

$$q_i = 1/\sqrt{2\pi\sigma} \int_{-\infty}^{H_{(B)}} \exp[-(x - h_i)^2 / 2\sigma^2] dx, \quad (7)$$

где  $H_{(B)}$  – положение верхнего регулировочного болта  $b$  при его настройке.

Введем обозначение

$$y = (x - h_i) / \sigma, \quad (8)$$

тогда получим

$$q_i = \Phi[(H_{(B)} - h_i) / \sigma], \quad (9)$$

где

$$\Phi(y) = 1/\sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^y \exp(-y^2/2) dy. \quad (10)$$

Выразим (10) через нормальную функцию распределения [3], в результате чего (7) запишем

$$q_i = \Phi[(H_{(B)} - h_i) / \sigma]. \quad (11)$$

С учетом (11) определим по (3) вероятность  $P_n$  корректировки в точке  $n$ :

$$P_n = 1 - \{[\Phi(H_{(B)} - h_1) / \sigma] \dots [\Phi(H_{(B)} - h_i) / \sigma] \dots [\Phi(H_{(B)} - h_n) / \sigma]\}. \quad (12)$$

Вследствие того, что функция (12) дискретна, произведем ее расчет с данными, полученными с помощью тензометрической установки, записывающей перемещение болтов  $a$  и  $b$  при отметке времени одного оборота главного вала станка:  $\sigma = \Delta H_{\max} / 3 = 0,53$  мм;  $f = \Delta H_{\max} / n = 0,12$  мм;  $H_{(B)} - H_0 = 3\sigma = 1,6$  мм.

Тогда

$$(H_{(B)} - h_i) / \sigma = (H_{(B)} - f_i + cH_0) / \sigma = 3,25 - 0,23i. \quad (13)$$

Для  $P_n \approx 1$  выражение в фигурных скобках в (12) должно быть меньше 0,00135. При  $i = 14$  функция  $\Phi(3,25 - 0,23i) < 0,508$ , а  $(0,508)^{13} \ll 0,001$ .

В табл. 1 приведены расчетные данные (значения функции  $P_n$ ).

Таблица 1

$i$	$(H_{(B)} - h_i) / \sigma$	$\Phi(3,25 - 0,23i)$	$\prod_{i=1}^i (3,25 - 0,23i)$	$P_n = 1 - \prod_{i=1}^i (3,25 - 0,23i)$
1	3.02	0.9993	0.9993	0.0007
3	2.72	0.9967	0.9901	0.0099
5	2.56	0.9948	0.9743	0.0257
7	2.32	0.9898	0.9307	0.0693
9	1.18	0.8810	0.3197	0.6803
11	0.72	0.7642	0.0519	0.9481
13	0.26	0.6026	0.0014	0.9986
15	-0.20	0.4920	0.0000	1.0000

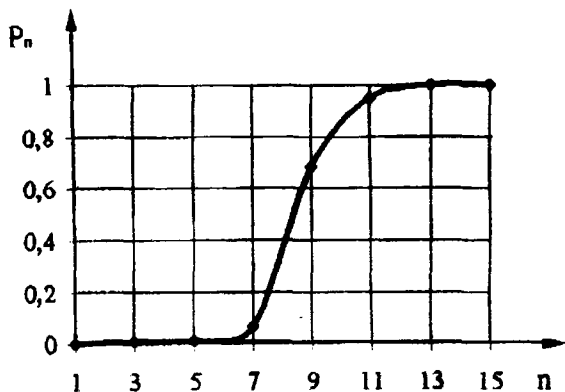


Рис. 2

Из рис. 2, где изображена интегральная кривая распределения корректировочных импульсов внутри интервала  $\Delta H$ , следует, что распределение функции  $P_n$  близко к нормальному.

Определим размер  $\Delta H$ , используя интерполяционный метод [5], так как вычисления  $\Delta H$  по (5) при малой величине  $f$  и большом значении  $n$  представляют определенные трудности. Обозначим отношение  $\sigma/f$  через  $k$  и выразим предположительно зависимость  $n=n(k)$ :

$$n = \alpha k^\beta. \quad (14)$$

Прологарифмируем (14)

$$\lg n = \beta \lg k + \lg \alpha. \quad (15)$$

В табл. 2 представлены результаты расчетов, полученные с использованием (5) и известных значений  $\sigma$  и  $n$  (зависимость  $\lg n$  от  $\lg k$ ).

Таблица 2

K	f	N	$\lg k$	$\lg n$
1	0.53	4	0	0.6021
2	0.27	7	0.3010	0.8451
3	0.18	10	0.4771	1.0000
4	0.13	13	0.6021	1.4771
5	0.11	16	0.6990	1.7782

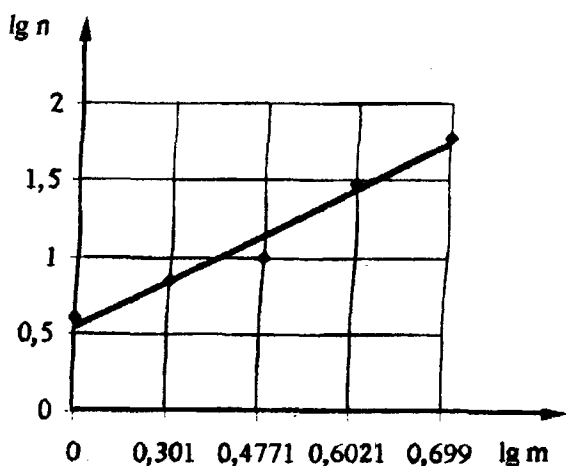


Рис. 3

Как видно из рис.3, связь между  $\lg n$  и  $\lg k$  можно представить практически линейной:

$$\lg n = 0,25 \lg k + 0,6. \quad (16)$$

Из (16) найдем

$$n = 3,98k^{0,25}. \quad (17)$$

С использованием (5)

$$\Delta H = 3,98k^{0,25}f - f. \quad (18)$$

Подставляя значение  $k=\sigma/f$  в (18), получаем

$$\Delta H = 3,98(\sigma/f)^{0,25} f - f = 3,98\sigma^{0,25} f^{0,75} \quad (19)$$

При малой величине  $f$

$$\Delta H = 3,98\sigma^{0,25} f^{0,75} \quad (20)$$

Так как значения  $H$ ,  $6\sigma$ ,  $\Delta H$  не перекрывают друг друга, для определения суммарного перемещения  $H_0$  болта а (скала) при компенсации натяжения основы их можно складывать арифметически:

$$H_a = H + 6\sigma + \Delta H. \quad (21)$$

При большом числе корректировочных импульсов все составляющие (21) представляют собой не компенсируемые регулятором технологические погрешности.

Основное условие применения основного регулятора заключается в том, чтобы поле рассеивания натяжения основы, а следовательно, и отклонение скала, характеризующееся величиной  $H_a$ , вписывались в пределы поля допуска на натяжение.

Для повышения точности работы основного регулятора необходимо в первую очередь уменьшить значения  $H$ ,  $6\sigma$ ,  $\Delta H$ . Возможность ликвидации параметра  $H$  показана, например в [6]. Уменьшение величин  $6\sigma$  и  $\Delta H$  достигается за счет ликвидации люфтов и соблюдения правил эксплуатации регулятора. Сокращение числа подвижных звеньев в чувствительном и передаточном механизмах регулятора способствует повышению точности передачи корректировочного импульса об изменении натяжения основы. Это приводит к резкому уменьшению его колебаний, о чем свидетельствуют выражения (20) и (21).

## ВЫВОДЫ

1. Дана оценка погрешности работы основного регулятора ткацкого станка СТБ, которая вызвана разрывом кинематической

цепи между чувствительным и передаточным механизмами.

2. Выявлено, что в общем изменении натяжения основы на станке присутствуют систематические и случайные отклонения, при исправлении которых кривая распределения корректировочных импульсов описывается нормальным законом распределения.

3. Технологические погрешности, не компенсируемые регулятором, зависят от зазора между соединениями чувствительного и передаточного механизмов, его среднеквадратического отклонения и центра группирования случайных погрешностей при возникновении корректировочного импульса. Следовательно, для повышения точности работы основного регулятора необходимо совершенствовать кинематическую связь чувствительного и передаточного механизмов с учетом ликвидации люфтов соединений и соблюдения правил эксплуатации регулятора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быкадоров Р.В., Воронин С.Ю. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, № 3. С. 43...45.
2. Степанов Г.В., Быкадоров Р.В. Станки СТБ: устройство и наладка. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969.
4. Бурдун Г.Д. и др. Регулирование качества продукции средствами активного контроля. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1986.
6. А.с. № 709730 СССР. Основной регулятор ткацкого станка / Р.В. Быкадоров. – Оpubл. 1980. Бюл. №2.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 13.11.00.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВНЫХ НИТЕЙ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ ПОСЛЕ ЕГО ОСТАНОВА

*Е.Б. ПЛАКСИН, А.Н. СТУПНИКОВ, В.А. ТЯГУНОВ*

(Костромской государственной технологической университет)

Ранее в [1...3] установлено, что направление и величина перемещения опушки ткани после останова станка зависят от начального натяжения нитей основы в момент его останова и изменения натяжения в процессе простоя, обусловленного релаксационными процессами, происходящими в системе заправки. Однако характер изменения натяжения нитей основы после останова станка практически не изучался, поскольку контроль за их натяжением осуществлялся на работающем ткацком станке дискретно с помощью различных тензометрических установок и был связан с большим расходом вспомогательных материалов и значительными затратами времени на обработку результатов эксперимента.

С помощью измерительного комплекса Тумаг-А, непрерывно контролирующего натяжение нитей основы в течение длительного периода времени, на станке СТБ2-175 проведен эксперимент, цель которого заключалась в определении натяжения нитей основы в момент останова станка и характера его изменения в период простоя. Интервал контроля натяжения во времени принят 0,2 с, что соответствует примерно одному обороту главного вала станка. Кроме того с помощью экспериментов установлено, что положение опушки ткани зависит от вида перерабатываемой уточной пряжи и ее равномерности по линейной плотности.

Эксперимент проводили по 4 вариантам (они отличались видом уточной пряжи). В 1-м варианте в качестве утка использовали хлопчатобумажную пряжу линейной плотности 25x2 текс; во 2-м – льняную пряжу мокрого прядения 38 текс; в 3-м – оческовую пряжу мокрого пряде-

ния 105 текс и в 4-м – оческовую пряжу мокрого прядения 165 текс.

Данные виды пряжи имеют различную неровноту, характеризующуюся коэффициентом вариации по линейной плотности, который составляет для хлопчатобумажной пряжи 3,8 %; для льняной 6,9%; для оческовой пряжи 105 текс 7,2%; для оческовой пряжи 165 текс 9,0%.

Начало записи натяжения нитей основы проводили на работающем станке. Затем станок останавливали, а контроль за натяжением основы продолжался.

В 1-м и 2-м вариантах эксперимент проводили по пяти повторностям. Анализ графических зависимостей позволил установить, что величина натяжения нитей основы в момент останова станка в различных повторностях различна и колеблется в пределах  $33 \div 36$  сН/нить в 1-м варианте и  $53,5 \div 55$  сН/нить во 2-м.

Неодинаковые значения величин натяжения в 1-м и 2-м вариантах объясняются тем, что при выработке ткани по 2-му варианту в ткань зарабатывали более жесткую уточную пряжу, которая в большей степени (по сравнению с хлопчатобумажной) сопротивляется изгибу от воздействия на нее основных нитей. Кроме того, при переработке более жесткой уточной нити требуется создание большей величины заправочного натяжения для ее изгиба. Это приводит к тому, что сама основная нить должна изгибаться на большую величину, в результате чего натяжение основных нитей увеличивается.

В 3-м варианте при использовании в качестве утка оческовой пряжи линейной плотности 105 текс выполнено четыре повторности. Величина натяжения основных нитей в момент останова станка в этих по-

вторностях изменялась от 47,5 до 55,0 сН/нить. Размах колебаний натяжения в 3-м варианте значительно выше, чем в первых двух, что объясняется большей толщиной и неравномерностью оческовой пряжи по линейной плотности.

В 4-м варианте при зарботке в качестве утка оческовой пряжи линейной плотности 165 текс выполнено две повторности, так как выработка ткани без переналадки ткацкого станка становилась невозможной (ткань набивало), что приводило к увеличению приборной полоски. После прибора уточной нити опушка ткани вслед за бердом перемещалась в сторону скало, в результате чего величина натяжения нитей основы несмотря на большую линейную плотность и неравномерность уточной нити находилась в пределах 45÷48,5 сН/нить. Меньшая величина и размах натяжения объясняются тем, что после прибора уточной нити опушка ткани резко смещается в сторону скало, уменьшая тем самым среднюю величину натяжения нитей основы.

С помощью измерительного комплекса Тумаг-А получены диаграммы изменения натяжения основных нитей после останова станка в период его простоя по всем вариантам и повторностям, одна из которых представлена на рис. 1.

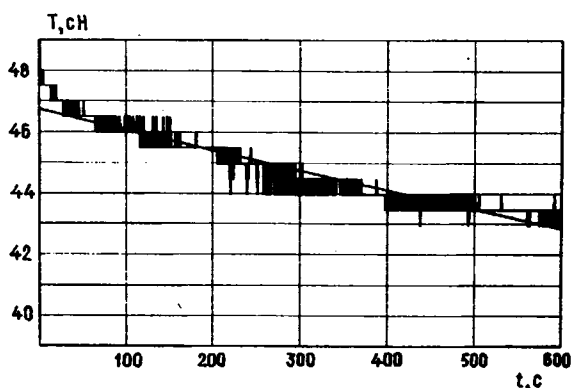


Рис. 1

В результате анализа диаграмм 1-го варианта установлено, что в трех повторностях наблюдается увеличение натяжения нитей основы; в одной повторности оно практически не изменилось, а в другой — наблюдалось уменьшение натяжения. Таким образом, в ткани могут появляться за-

боины и недосеки, так как увеличение натяжения основных нитей приводит к перемещению опушки ткани в сторону скало, а при уменьшении — в сторону грудницы.

Анализ диаграмм изменения натяжения при выработке ткани по 2-му варианту показывает, что величина натяжения основных нитей в период простоя станка значительно больше, чем при переработке хлопчатобумажной ткани. Это объясняется большей жесткостью льняной пряжи и скоростью протекания релаксационных процессов.

При переработке льняной пряжи увеличение натяжения в период простоя отмечено в двух повторностях, а в трех — уменьшение натяжения. Следовательно, при переработке льняной пряжи мокрого прядения также возможно появление забойн и недосек (появление недосек следует ожидать с большей вероятностью).

Диаграммы изменения натяжения основы при переработке в качестве льняной оческовой пряжи линейной плотности 105 и 165 текс свидетельствуют, что величина натяжения нитей основы сразу после останова станка резко уменьшается во всех повторностях. Это означает, что при использовании в качестве утка оческовой пряжи будут появляться недосеки.

Диаграммы изменения натяжения основы в период простоя станка обрабатывались на ЭВМ. В результате получены математические зависимости изменения натяжения основных нитей во времени, представляющие показательную функцию вида

$$Y = a_0 e^{a_1 t},$$

где  $a_0$  — коэффициент, характеризующий натяжение основы в момент останова станка, сН/нить;  $a_1$  — коэффициент, характеризующий интенсивность изменения натяжения нитей основы по модулю  $s^{-1}$ ;  $t$  — время, с.

Результаты эксперимента и расчетов значений коэффициентов представлены в табл. 1.



Номер варианта	Номер повторности	Натяжение в момент останова, сН/нить	Натяжение в конце простоя, сН/нить	Коэффициент $a_0$ , сН/нить	Коэффициент $a_1$ , с <sup>-1</sup>	Средняя относительная ошибка, %
1	1	36,00	36,50	36,00	2,279E-5	0,365
	2	34,50	35,50	34,50	4,761E-5	0,715
	3	33,00	33,50	33,00	2,523E-5	0,131
	4	33,00	33,00	33,00	0,000E-5	0,021
	5	35,50	35,25	35,50	-1,180E-5	0,194
2	1	55,00	54,50	55,00	-1,546E-5	0,487
	2	54,00	55,50	54,00	4,557E-5	0,403
	3	53,50	54,00	53,50	1,546E-5	0,216
	4	54,50	54,00	54,50	-1,546E-5	0,425
	5	54,50	52,00	54,50	-7,812E-5	0,405
3	1	55,00	52,00	55,00	-9,359E-5	0,463
	2	52,00	49,50	52,00	-8,219E-5	0,487
	3	50,00	47,50	50,00	-8,544E-5	0,554
	4	46,73	42,84	46,73	-1,448E-4	0,526
4	1	45,00	42,00	45,00	-1,151E-4	0,637
	2	48,50	46,00	48,50	-8,789E-5	0,586

Из табл. 1 видно: средняя относительная ошибка прогнозирования не превышает 1%, что свидетельствует о достаточной достоверности проведенных экспериментов.

Анализ графических зависимостей (экспериментальных и аппроксимированных), описывающих изменение натяжения в системе основа-ткань за период контроля (600 с), не показывает стабилизации натяжения. Следовательно, опущка ткани может и далее изменять свое положение. Вследствие этого длительность измерения натяжения следует увеличивать, что, в свою очередь, потребует дополнительной памяти ЭВМ. Кроме того, некоторые графические зависимости показывают, что натяжение основы при простое станка изменяется скачкообразно и остается неизменным в течение определенного периода времени.

Для выбора интервала контроля натяжения существующие диаграммы были обработаны на ЭВМ через каждые пять

точек, то есть интервал контроля составлял 1 с.

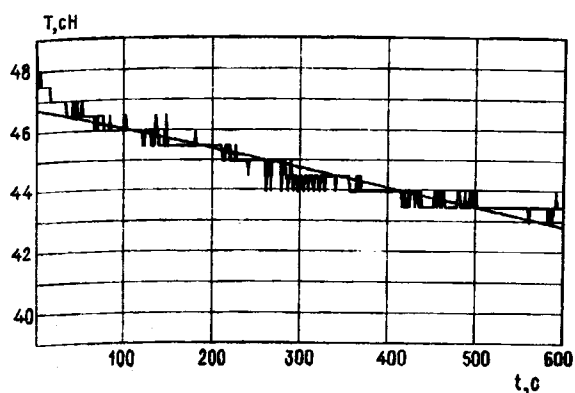


Рис. 2

Результаты обработки одной повторности опытов изображены на рис. 2, а сравнительные показатели сведены в табл. 2.

Контролируемые параметры	Интервал контроля 0,2 с	Интервал контроля 1 с
Натяжение в момент останова станка, сН/нить	46,73	46,73
Натяжение в конце простоя станка, сН/нить	42,84	42,83
Коэффициент $a_0$ , сН/нить	46,73	46,73
Коэффициент $a_1$ , с <sup>-1</sup>	-1,448E-4	-1,451E-4
Сумма квадратов отклонений, (сН/нить) <sup>2</sup>	1.840	0.391
Корреляционное отношение	0.964	0.962
Средняя относительная ошибка прогнозирования, %	0.526	0.542

Анализируя результаты обработки, заключаем, что коэффициенты  $a_0$  и  $a_1$  практически не изменились. Корреляционное отношение незначительно уменьшилось, но также хорошо описывает тесную связь между экспериментальными и аппроксимированными значениями. Средняя относительная ошибка прогнозирования несколько увеличилась, но также не превышает 1%, что свидетельствует о достаточной точности и достоверности проведенного эксперимента.

Таким образом, полученные результаты показывают, что интервал контроля за натяжением можно установить равным 1 с и это не приведет к снижению точности и достоверности.

## ВЫВОДЫ

1. Появление пороков ткани (недосек или забоин) определяется направлением

изменения натяжения основы в период простоя ткацкого станка.

2. Направление изменения натяжения основы в период простоя ткацкого станка зависит от уровня натяжения в момент его останова и вида перерабатываемой уточной пряжи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ямщиков С.В., Плаксин Е.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992. № 1. С. 42...45.
2. Ямщиков С.В., Плаксин Е.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992. № 2. С. 48...50.
3. Плаксин Е.Б., Тягунов В.А., Ступников А.Н. Влияние заправочного натяжения основы на положение опушки ткани. // В кн.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2000). – Иваново: ИГТА, 2000. С.78...79.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 14.11.00.

УДК 677.21.027.423.13

**ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТОВ И АМИНОКИСЛОТ  
НА КРАШЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ВОДОРАСТВОРИМЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ\***

*В.В.САФОНОВ, И.М.ШКУРИХИН*

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

Известно, что добавки ферментов различных классов могут влиять на стадии подготовки текстильных материалов, взаимодействуя с субстратом, а также при одновременном белении и крашении целлюлозных волокон [1]. Было выявлено, что наибольшей эффективностью обладают амилолитические ферменты. Однако представляет интерес изучение влияния этих соединений на эффективность крашения уже подготовленных целлюлозных текстильных материалов и выявление подходов для изучения механизма их влияния на крашение.

Нами использовались подготовленные хлопчатобумажная ткань бязь арт.276/150 и льняная ткань арт.05102, красители различной структуры – активные: красно-фиолетовый 2КТ, фиолетовый 4К, ярко-красный 6С, алый 4ЖТ, бирюзовый 23Т; прямые: красно-фиолетовый 4КМ светопрочный, диазосиний 3 и оранжевый.

Крашение проводили периодическим способом по стандартным методикам НИИОПиК [2] при содержании красителя в основных ваннах 1% от массы волокна. Фиксацию активных красителей осуществляли по двухстадийной технологии, а при крашении прямыми красителями для улучшения интерпретации результатов опытов, получения сравнительных данных, закрепление окраски не проводили. Фер-

менты и другие биологически активные вещества вводили в красильную ванну вместе с красителями.

Изменение содержания красителя на волокне оценивали спектрофотометрически по ранее разработанной методике [4]. Оценка устойчивости окраски к мокрым обработкам проводилась в соответствии с ГОСТ 9733.4—83.

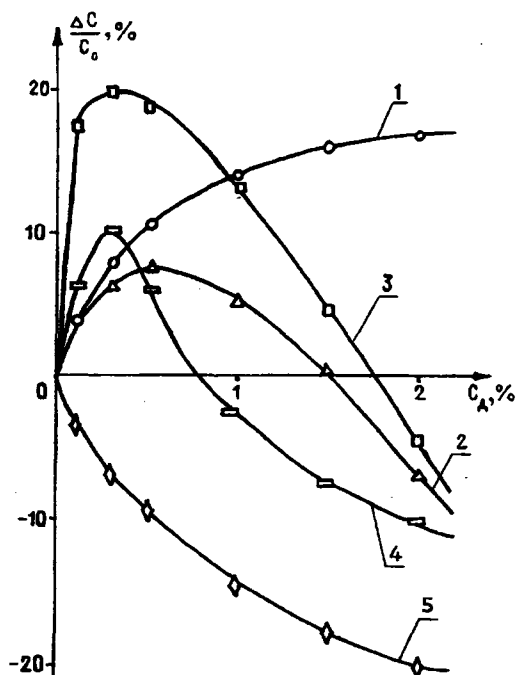


Рис. 1

\* В экспериментальной части работы принимала участие студентка В.А. Беззубцева.

На рис.1 представлено влияние добавок амилолитического фермента амилосубтелина Г10Х на изменение окрашиваемости льняной ткани активными красителями в координатах:  $\Delta C/C_0$  – изменение содержания красителя на волокне относительно стандартного образца;  $C_{\phi}$  – концентрация фермента. Кривая 1 соответствует активному алому 4ЖТ; 2 – активному красно-фиолетовому 2КТ; 3 – активному фиолетовому 4К; 4 – активному красному 6С; 5 – активному бирюзовому 2ЗТ.

Результаты показывают, что добавление амилолитического фермента даже в небольших количествах оказывает заметное влияние на окрашиваемость ткани. Структура активных красителей, в свою очередь, также заметно влияет на их фиксацию волокном. Так, в случае активного 4ЖТ (кривая 1), содержащего винилсульфоновую группу, наблюдается монотонное увеличение содержания красителя на волокне с увеличением содержания фермента в красильной ванне.

Однако для большинства красителей наблюдается экстремальная зависимость изменения окрашиваемости целлюлозного материала от содержания фермента в красильной ванне. Кривые 2...4 показывают, что с увеличением концентрации фермента до 0,5...1% от массы волокна интенсивность окраски возрастает на 5...15%. Затем следует уменьшение эффективности и при концентрациях выше 1,5...2% наблюдается ухудшение окрашиваемости по сравнению со стандартным образцом. Такая зависимость была справедлива независимо от типа активных групп в молекуле активного красителя и содержания ионов металлов. В случае активного бирюзового 2ЗТ (кривая 5) увеличение интенсивности не наблюдается, кривая изменения интенсивности монотонно уменьшается.

Аналогичные концентрационные зависимости были получены и для других изученных ферментов,  $\alpha$ -амилазы: целловиридина Г20Х. Это позволяет предположить, что существенную роль при крашении в этих условиях играет сорбция ферментов поверхностью целлюлозного волокна, изменяющая тем самым средство

красителя к волокну. Действительно, известно, что амилолитические ферменты катализируют процессы гидролиза полисахаридов, к которым относится и целлюлоза, а первой стадией гетерогенного катализа является сорбция адсорбата субстратом [5].

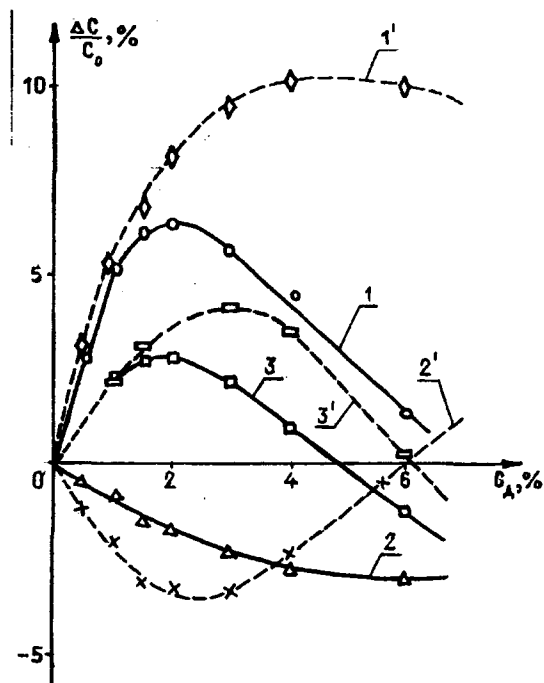


Рис. 2

Для проверки предположения о сорбции белков поверхностью волокна было изучено влияние различных аминокислот (компонентов белков) на процессы крашения целлюлозных волокон. На рис.2 изображена зависимость изменения окрашиваемости хлопчатобумажных тканей, окрашенных прямыми красителями, от концентрации добавки  $\beta$ -аланина (кривые 1,2,3) и глутаминовой кислоты (кривые 1',2',3'). Кривые 1 и 1' соответствуют прямому оранжевому; 2 и 2' – прямому красно-фиолетовому 4КМ светопрочному; 3 и 3' – прямому диазосиневому 3.

Из полученных данных следует, что введение аминокислот способствует изменению окрашиваемости хлопчатобумажной ткани прямыми красителями. Сравнивая кривые 1 и 1', 2 и 2', 3 и 3', можно заключить, что характер кривых больше за-

висит от структуры красителя, а не от вида аминокислоты. В случае прямого оранжевого с увеличением концентрации аминокислоты окрашиваемость образцов увеличивается (кривые 1 и 1'). Аналогичная зависимость наблюдается и для прямого диазосинего 3 (кривые 3 и 3'). Тогда как в случае прямого красно-фиолетового 4КМ светопрочного, представляющего внутрикомплексное металлосодержащее соединение, сорбция в присутствии аминокислот уменьшается (кривые 2 и 2').

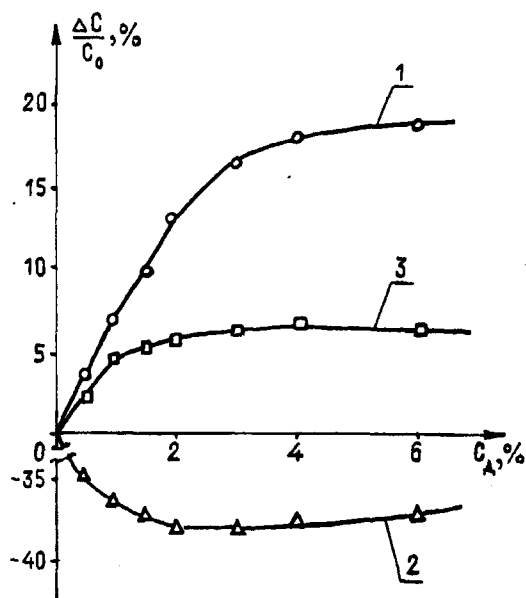


Рис. 3

Было изучено влияние аминокислоты более сложного строения (цистеина) на изменение окрашиваемости хлопчатобумажных тканей теми же прямыми красителями. Результаты представлены на рис.3 (обозначение кривых такое же, как и на рис. 2). Из сравнения рис.2 и 3 виден аналогичный характер концентрационных зависимостей, свидетельствующий об определяющем влиянии амино- и карбоксильных групп на взаимодействие с красителями на поверхности волокна. Абсолютные значения изменения окрашиваемости позволяют сделать вывод, что и структура аминокислот влияет на сорбцию прямых красителей.

Значение константы  $pK^1$  цистина составляет 1,92, тогда как у  $\beta$ -аланина и глутаминовой кислоты она составляет 3,55 и 4,25 соответственно, что может влиять на образование водородных связей между красителем и аминокислотой, адсорбированной на волокне.

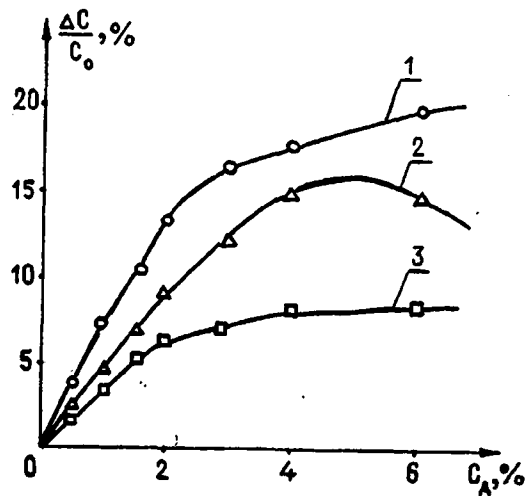


Рис. 4

С целью решения вопроса о роли функциональных групп проведены серии опытов по изучению влияния соединения имеющего и аминогруппу, и кислотные группы в составе молекулы Н-кислоты на окрашиваемость целлюлозных волокон прямыми красителями. Некоторые результаты показаны на рис. 4. Кривая 1 соответствует прямому оранжевому, 2 – прямому красно-фиолетовому 4КМ светопрочному, 3 – прямому диазосинему 3.

Из сравнения рис. 2,3 и 4 видно, что концентрационная зависимость изменения окрашиваемости целлюлозного волокна для неметаллосодержащих красителей прямого оранжевого (кривые 1 и 1') и прямого диазосинего 3 (кривые 3 и 3') одинакова – с увеличением содержания аминокислоты сорбция красителя возрастает. В случае металлосодержащего красителя – прямого красно-фиолетового 4КМ светопрочного (кривая 2, рис. 4), в присутствии  $\beta$ -аланина, глутаминовой кислоты и цистина окрашиваемость уменьшается, а в случае Н-кислоты возрастает. Это, по-видимому, объясняется ароматическим

строением молекулы Н-кислоты, а также наличием гидроксильной группы и сульфогрупп в составе молекулы.

Проверка прочности окраски к мокрым обработкам может косвенно характеризовать вид связи между красителем и воло-

ном. В табл. 1 показаны величины прочности окрасок к стирке при 60°C образцов хлопчатобумажной ткани, окрашенных прямыми красителями.

Таблица 1

Сд, %	Прочность образцов, окрашенных прямыми красителями в присутствии аминокислот											
	β-аланин			глутаминовая кислота			цистин			Н-кислота		
	1*	2*	3*	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	4/4	2/3	3/3	4/4	2/3	3/3	4/4	2/3	3/3	4/4	2/3	3/3
0.5	4/4	3/3	3/3	4/4	3/3	3/3	4/4	3/3	3/3	3/4	3/2	4/2
1.0	4/4	3/3	3/3	4/4	3-4/3	3/3	4/4	3-4/3	3/4	3/4	4/2	3/2
1.5	3/4	4/3	3/3	3-4/4	4/3	4-3/3	4/4	4/4	4/3	3/3	4/2	2/2
2.0	3/4	4/4	3/3	3-4/4	4/3	4/3	4/4	4/4	3/3	3/4	4/3	2/2
4.0	3/3	4/4	4/3	3-4/4	4/3	3/3	4/4	4/3	3/3	3/4	4/2	3/3
6.0	3/3	4/4	4/3	3/3	4/3	3/3	4/4	4/3	3/3	2/4	3/2	3/3

Примечание. 1\* – прямой оранжевый; 2\* – прямой красно-фиолетовый 4КМ светопрочный; 3\* – прямой диазосиний 3.

Из сравнения данных табл.1 можно сделать вывод, что характер связи красителя с поверхностью волокна, по-видимому, не изменяется и обуславливается водородными и межмолекулярными связями, то есть аминокислоты, сорбированные поверхностью целлюлозных волокон, связаны с прямыми красителями теми же связями. Некоторое уменьшение прочности полученных окрасок при повышении сорбции можно объяснить полимолекулярной сорбцией красителя и, следовательно, более слабыми связями красителя с волокном.

## ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние природы и концентрации амилолитических ферментов на изменение окрашиваемости целлюлозных текстильных материалов активными красителями, предложен механизм их действия и показана возможность их практического использования в процессах крашения.

2. Изучено влияние различных аминокислот на эффективность крашения цел-

люлозных волокон прямыми красителями, показана зависимость их действия от строения и концентрации аминокислот, строения прямых красителей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанян В.И., Чешкова А.В., Лебедева В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, №1. С. 55...58.
2. Активные красители. Каталог НИИОПиК // Министерство химической промышленности в/о Союзанилпром. – 1980.
3. Прямые красители. Каталог НИИОПиК // Министерство химической промышленности в/о Союзанилпром. – 1980.
4. Сафонов В.В., Лаврова Н.К. // Химическая промышленность. – 1991, №7. С. 67.
5. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. – М.: Мир, 1966.
6. Антонов В.К. Химия протеолиза. – М.: Наука, 1991. С. 26.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 09.11.00.

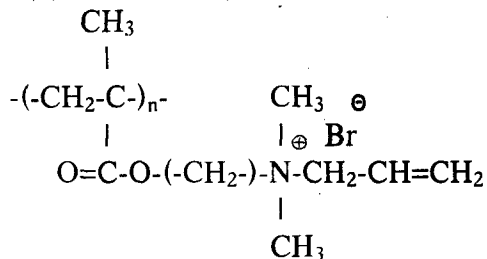
# ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОЙ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЧЕТВЕРТИЧНОЙ СОЛИ N,N-ДИМЕТИЛАМИНОЭТИЛМЕТАКРИЛАТА С АЛЛИЛБРОМИДОМ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА

Р.И. ИСМАИЛОВ, Т.В. ТАМБОВЦЕВА, М.А. АСКАРОВ

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Обработка шерсти водными растворами на основе водорастворимых промышленных полимеров (поливинилпирролидон и поливиниловый спирт) в сочетании с многоатомным спиртом (глицерин), поверхностно-активным веществом (оксигетилированный алкилфенол ОП-10), способствует улучшению механических свойств шерстяных волокон [1]. Однако недоступные и дорогостоящие исследуемые полимеры, высокие концентрации их растворов, а также отрицательное влияние ОП-10, вызывающего коррозию оборудования, способствовали поиску более эффективных и экономически выгодных композиционных компонентов.

Синтезированная нами водорастворимая полимерная соль на основе диметиламиноэтилметакрилата с аллилбромидом (ПС ДМАЭМА·АБ)



дает нейтральную реакцию раствора, проявляет свойства, способствующие снижению поверхностного натяжения (поверхностное натяжение воды, равное 72,75 эрг/см<sup>2</sup>, понижается до 64 эрг/см<sup>2</sup> при введении в нее 4·10<sup>-2</sup> моль/л ПС ДМАЭМА·АБ) и имеет высокую характеристическую вязкость ([η]=2,7 дл/г) [2, 3]. Это позволило использовать данный полимер в качестве основного компонента композиции для обработки шерстяного волокна при невысоких концентрациях (до 1,5%), что значительно удешевляет ее стоимость

по сравнению с фабричным замасливателем.

В предлагаемую композицию дополнительно вводился многоатомный спирт – глицерин, являющийся стабилизатором влажности, выбор которого обусловлен доступностью, дешевизной, безвредностью и отсутствием запаха. Оптимальным явилось его количество по массе, равное 5%. Шерстяные волокна, обработанные предлагаемой полимерной композицией, имели более высокие показатели физико-механических свойств по сравнению с фабричным замасливателем [2...4].

Для исследования влияния композиционных растворов на технологические показатели использовали шерстяное волокно – отечественный меринос 64К 1 нормальной длины с грубыми волокнами. Количество наносимого раствора композиции составляло 7...8% от массы волокна.

Экспериментальные результаты показали, что если у волокна, обработанного фабричным замасливателем (состав, масс. %: минеральное масло 72,4; олеиновая кислота 5,6; сульфороцинат-Е 14,0; ксилан-0 5,0; триэтанолламин 1,0; олеокс-5 2,0), коэффициент вариации снижался на 9% по сравнению с исходным, то обработка предлагаемой композицией позволяла снизить этот показатель на 35%, что свидетельствовало о более высокой равномерности распределения ее по объему волокна. Максимум средней разрывной прочности волокон шерсти при обработке композициями смещался в сторону увеличения и наилучшие результаты наблюдались в случае обработки их ПС ДМАЭМА·АБ. Увеличение средней разрывной прочности происходило за счет уменьшения количе-

ства волокон с минимальными показателями.

Так, у исходного волокна, обработанного фабричным замасливателем, и волокна, подвергнутого обработке исследуемой композицией, количество волокон с прочностью менее 4 г.с. составляло соответственно 15...18...3%, с прочностью до 5,5 г.с. 53...37...16%, а с прочностью свыше 7 г.с. 22...37...64%.

Значительное уменьшение количества волокон с минимальной прочностью для пряжи, обработанной водорастворимыми полимерными композициями, указывает на возможность частичного или полного выравнивания поверхности волокон. Структурные преобразования кератина шерсти косвенно изучались путем определения сорбционной способности по отношению к парам воды (рис. 1).

Из рис. 1, где представлена изотерма сорбции паров воды исходной (кривая 1) и обработанной раствором ПС ДМА-ЭМА·АБ (кривая 2) шерсти при 25<sup>0</sup>С, следует, что опытный образец обладает меньшей сорбционной способностью.

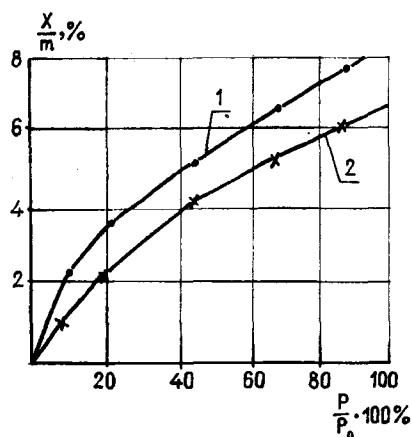


Рис. 1

Особенно это проявляется при высокой упругости паров воды, когда происходит конденсация воды в крупных порах адсорбента, каковыми являются поврежденные участки волокон. При нанесении раствора их количество резко снижается; при этом уменьшаются значения общего объема пор, удельной поверхности и среднего радиуса пор (табл. 1 – значения параметров микроструктуры шерстяных волокон).

Таблица 1

Характеристика волокон	Теплота смачивания водой, Q, кал/г	Удельная поверхность V <sub>уд.</sub> , м <sup>2</sup> /г	Общий объем пор V <sub>общ.</sub> , см <sup>3</sup> /г	Средний радиус пор А
Исходное	5,46	218,3	0,329	30
Обработанное фабричным замасливателем	6,7	210,8	0,310	30
Обработанное полимерной композицией	6,0	187,7	0,270	28

Это свидетельствует об уплотнении структуры волокон. Удаление влаги из обработанного волокна происходит труднее и волокно становится более гидрофильным.

Физико-механические показатели шерстяных волокон, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о значительном влиянии композиции на основе поличетвертичной соли на свойства обработанных волокон.

Таблица 2

Показатели	Волокно		
	исходное	с фабричным замасливателем	с раствором ПС ДМАЭМА·АБ
Средняя разрывная нагрузка, г.с.	5,3	6,2	7,3
K <sub>в</sub> по разрывной нагрузке, %	33,7	30,2	22,3
Среднее разрывное удлинение, %	25,0	28,4	33,6
K <sub>в</sub> по разрывному удлинению, %	28,0	36,0	18,5
Толщина волокон, мкм	21,8	21,4	23,0
K <sub>в</sub> по толщине волокон, %	17,3	22,1	16,0
Вероятность разрушения при нагрузке 6,4 г.с.	0,65	0,53	0,27
Вероятность разрушения при 30%-ном удлинении	0,75	0,52	0,32



Очевидно, макромолекулы ПС ДМА-ЭМА·АБ, проникая в межпространственную поверхность поврежденных участков и взаимодействуя с ними, способствуют увеличению адгезионных сил между поврежденными областями надмолекулярных образований кератина, что, в свою очередь, способствует увеличению разрывной нагрузки поврежденных волокон [5]. Минимальную вероятность разрушения имело волокно, обработанное раствором ПС ДМАЭМА·АБ. У него, по сравнению с фабричным волокном, вероятность разрушения снизилась в два, а по сравнению с исходным – в 2,5 раза.

Наличие в составе раствора глицерина способствует процессам межмолекулярной и междупачечной пластификации макромолекул кератина и его надмолекулярных образований, что, естественно, приводит к увеличению общей деформации при растяжении волокон.

Снижение коэффициента вариаций по толщине волокон, обработанных предлагаемой композицией, примерно в 1,4 раза по сравнению с фабричным замасливателем указывает на высокую степень равномерности распределения поличетвертичной соли по поверхности волокна, что может способствовать увеличению производительности труда на всех стадиях непрерывного технологического процесса шерстопрядения.

Разработанная композиция 2-компонентна. По сравнению с фабричной (6-компонентной) это способствует ее значительному удешевлению. Стоимость 100 л фабричного замасливателя, расходуемого на обработку 1 т волокна, равнялась 330 руб., стоимость, предлагаемой композиции

– 128 руб. Применение нового препарата способствовало увеличению влажности чесальной ленты с 5,1 до 5,8% и уменьшению обрывности при норме 200 обрывов на 1000 вер./ч до 95...100 обрывов. При этом выход одной партии по сравнению с контрольной увеличивался на 4%.

## ВЫВОДЫ

1. Исследована композиция на основе поличетвертичной соли N,N-диметиламиноэтилметакрилата с аллилбромидом для обработки шерстяного волокна с целью интенсификации процессов его переработки и улучшения физико-механических показателей.

2. Показано, что компоненты композиции способствуют пластификации волокон шерсти, что, в свою очередь, значительно улучшает их физико-механические показатели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айходжаева Н.Б. и др. //Текстильная промышленность. – 1992, № 5. С.24...25.
2. Исмаилов Р.И., Максумова А.С., Аскарров М.А. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 1993, №1, т.36. С. 117...118.
3. Исмаилов Р.И., Искандаров Р.С., Аминов С.Н. // Химия и фармацевтика. – 2000, № 1. С. 28...31.
4. Исмаилов Р.И., Аскарров М.А. // Узб. журн. Проблемы механики. – 2000, № 3. С. 38...40.
5. Каценеленбоген А.М., Лазарев Л.Я. Подготовка пряжи и нитей к вязанию. – М., 1968.

Рекомендована кафедрой теоретической химии.  
Поступила 27.09.00.

УДК 677.021

**АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОГО ВОЛОКНИСТОГО ПРОДУКТА**

*Ф. Р. КАХРАМАНОВ, И. В. ФРОЛОВА, И. А. ЛЕГКОВА*

**(Ивановская государственная текстильная академия,  
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

В существующих технологических процессах происходит формирование текстильного продукта в виде непрерывного волокнистого потока путем сжатия и протаскивания через конфузурную воронку. При этом между продуктом 1 (рис.1) и конфузурной поверхностью воронки 2 возникают значительные силы трения,

приводящие к увеличению тяговых усилий, к обрывам и неуправляемости процесса. Кроме того, нередко волокнистый продукт уже имеет крутку, которая распространяется в неконтролируемом пространстве вне конфузурной воронки.

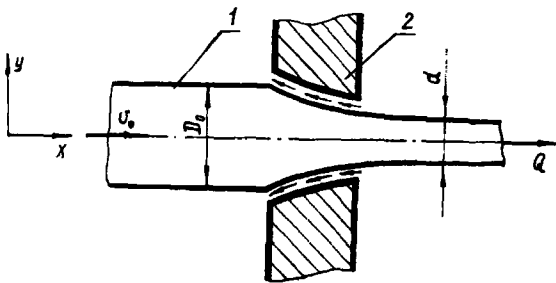


Рис. 1

В целях улучшения контроля этой части волокнистой ленты и использования воздушного потока в качестве эквивалента эффективной «смазки» между лентой и конфузурной воронкой необходимо промежуточное звено в виде специальной трубки 3 (рис. 2), обеспечивающей подкачку сформировавшегося воздушного потока в винтовом пространстве поступающей волокнистой ленты.

В первом приближении будем считать, что величина давления  $p$  на входе в конфузурную воронку должна быть равна предельному усилию вытягивания  $\sigma_n$  первого рода. При этом для различных материалов

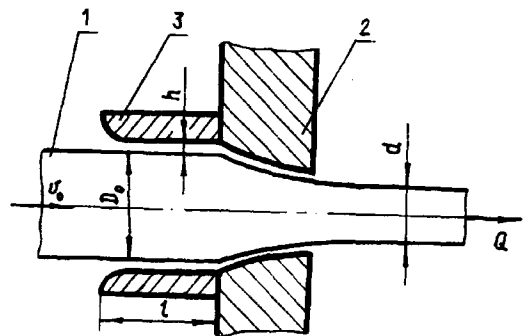


Рис. 2

и их толщины эта величина будет различной.

Ламинарность потока воздуха относительно волокнистой ленты оценивается по критерию Рейнольдса с допущением  $v = v(y)$ :

$$Re = v_0 h / \mu ,$$

где  $v_0$  – скорость ленты;  $h$  – толщина слоя воздуха;  $\mu$  – коэффициент вязкости воздуха.

Составим уравнение равновесия элемента воздушного потока. Хотя на входе в трубку 3 (рис. 2) поток не будет устано-

вившимся, на большей части ее это уравнение справедливо. В связи с тем, что кольцевой зазор  $h$  много меньше диаметра волокнистого продукта на входе в воронку  $D_0$ , то есть  $h \ll D_0$ , рассмотрим эту задачу как плоскую. Тогда справедливо:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}. \quad (1)$$

Из (1) следует, что если  $dp / dx = 0$ , то  $dv / dy = \text{const}$ , то есть скорость изменяется по линейному закону. Причем, чем больше коэффициент вязкости воздуха  $\mu$ , тем больше градиент давления. При этом можно допустить для тонкой воздушной прослойки, что  $p$  и  $dp / dx$  не зависят от  $y$ . Тогда после интегрирования (1) имеем

$$\mu \frac{\partial v}{\partial y} = \left( \frac{dp}{dx} \right) y + f_1(x);$$

$$\mu v = \left( \frac{dp}{dx} \right) \left( \frac{y^2}{2} \right) + y f_1(x) + f_2(x). \quad (2)$$

Поскольку трубка 3 неподвижна, граничные условия —  $y = h, v = 0$ , а на волокнистой ленте имеет место прилипание  $y=0, v = v_0$ .

Первое граничное условие дает

$$\mu v_0 = f_2(x),$$

а второе приводит к уравнению

$$0 = \frac{dp}{dx} \frac{h^2}{2} + h f_1(x) + \mu v_0$$

или

$$f_1(x) = -\frac{dp}{dx} \frac{h}{2} - \frac{\mu v_0}{h}.$$

Для нахождения  $v$  с помощью (2) получим

$$v = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} (y^2 - hy) + v_0 \left( 1 - \frac{y}{h} \right). \quad (3)$$

Проверка физического смысла уравнения (3) при наличии граничных условий  $y = 0, v = v_0$  при  $y = h, v = 0$  показывает, что линейный член характеризует скорость при движении ленты без градиента давления, а парабола справедлива при наличии градиента давления и сумма всех членов дает общий результат.

Для определения оптимальной длины трубки 3 найдем расход воздушного потока. Так как скорость зависит от градиента давления, а расход на длине трубки 3 определяется скоростью, свяжем давление, расход и длину трубки.

Уравнение расхода пристеночного воздушного потока при  $h \ll D_0$  имеет вид

$$Q = \int_0^h \pi D v dy = \pi D_0 \cdot \frac{D_0 + h}{2} \cdot \int_0^h v dy = \frac{\pi D_0 v_0 h}{2} - \frac{\pi D_0 h^3}{12\mu} \frac{dp}{dx}. \quad (4)$$

Величина расхода воздуха  $Q$  исходя из (4) в значительной степени зависит от величины изменения зазора  $h$ , где первый член характеризует расход при отсутствии градиента, а второй определяется градиентом. При условии  $Q = 0$  имеем  $dp / dx = -6\mu v_0 / h^2$ , а при условии  $Q > 0$  —  $dp / dx < -6\mu v_0 / h^2$  (рис.3).

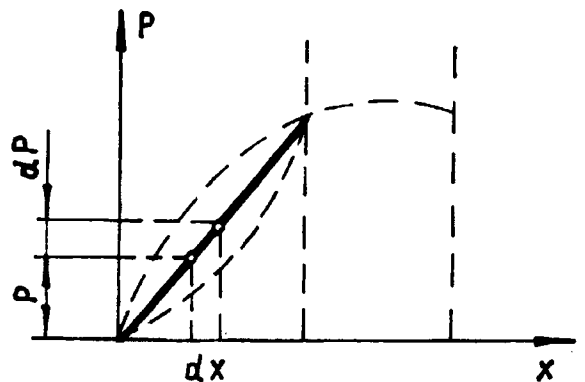


Рис. 3

Найдем  $dp / dx$  через расход  $Q$ :

$$\frac{dp}{dx} = \frac{6\mu v_0}{h^2} - \frac{12\mu Q}{\pi D_0 h^3}, \quad (5)$$

после интегрирования которого имеем

$$p = \left( \frac{6\mu v_0}{h^2} - \frac{12\mu Q}{\pi D_0 h^3} \right) x + C_1. \quad (6)$$

Согласно граничным условиям  $x = 0$ ,  $p = 0$  имеем  $C_1 = 0$ ,  $x = l$ ,  $p = \sigma_n$ . Откуда

$$\sigma_n = \left( \frac{6\mu v_0}{h^2} - \frac{12\mu Q}{\pi D_0 h^3} \right) l,$$
$$l = \frac{\sigma_n}{6\mu v_0 / h^2 - 12\mu Q / \pi D_0 h^3}.$$

Таким образом, если будет известна величина расхода пристеночного воздушно-го потока, легко найти длину трубки с учетом значений других величин. Особые трудности возникают с величиной зазора  $h$ , связанной с неравномерностью волокнистой ленты как в процессе работы, так и

при смене ассортимента. По сути значение  $h$  должно быть как можно меньше, однако при слишком малой величине и нестабильности ложной крутки будет страдать устойчивость технологического процесса, поэтому теоретические расчеты для различных переходов и сортировок должны быть получены и подтверждены экспериментами исходя из пределов  $h / D_0$ .

## ВЫВОДЫ

Таким образом, снижение величины зазора  $h$  и увеличение вязкости воздушного пристеночного потока играет роль «смазки», уменьшает трение, стабилизирует воздушный поток, уравнивает витки ложной крутки в переходный период появления и исчезновения, обеспечивая в качестве демпфера мягкость перехода ленты из одного состояния в другое, то есть в процессе образования ложной крутки и после ее прохождения через конфузорную воронку.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 01.02.00.

УДК 677.026.442:66.067.3

## О ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРЫ НЕТКАНЫХ ИГЛОПРОБИВНЫХ ФИЛЬТРОВ И ИХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ ТЕРМОУПЛОТНЕНИЯ

*Е. Ф. КОТЛЯРОВА, М. А. ГОРБАТОВСКАЯ, С. А. ОВЧИННИКОВА, В. М. ГОРЧАКОВА*

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

Известно [1], что в настоящее время наиболее эффективными фильтрами-сепараторами являются нетканые иглопробивные полотна с требуемой плотностью структуры из гидрофобных термопластичных волокон.

Цель данной работы заключалась в анализе взаимосвязи структуры нетканых иглопробивных фильтров с различной степенью уплотнения с особенностями де-

формации при растяжении. Параллельно термомеханическим методом исследовали изменение структуры волокон во взаимосвязи с их деформационно-прочностными свойствами.

Фильтровальный коагулирующий слой получали по комбинированной технологии: послойное 4-разовое иглопрокалывание 5 волокнистых холстов поверхностной плотности  $150 \text{ г/м}^2$  из полипропиленовых

волокон линейной плотности 0,33 текс, штапельной длиной 65 мм; усадка полотна в свободном состоянии в течение 4,5 мин при 160°C с достижением поверхностной плотности материала 920...980 г/м<sup>2</sup>; дополнительное термоуплотнение на прессе при различных параметрах.

С помощью трехфакторной математической модели на основе Д-оптимального плана Бокса исследовали влияние давления (от 10 до 20 Па), температуры (от 120 до 140°C) и времени термообработки иглопробивной основы (от 10 до 20 с) на сопротивление материала деформации растяжения, характеризуемой его равновес-

ным модулем  $E_p$ , Н/мм<sup>2</sup> упругости, общей деформацией и ее составляющими:  $\epsilon_1$  упругой,  $\epsilon_2$  высокоэластической и  $\epsilon_3$  пластической, %.

Испытание образцов проводили в несколько этапов [2]: растяжение на 25% от зажимной длины, снятие изменения нагрузки в течение 10 мин, определение толщины и удлинения образцов сразу после снятия нагрузки и по истечении суток, расчет составляющих деформации растяжения и возникающих в материале напряжений  $\sigma_i$ , кН/мм<sup>2</sup>.

Таблица 1

№ п/п	Напряжения, возникающие в материале в зависимости от времени, $\sigma_i \cdot (10^{-2})$ , кН/мм <sup>2</sup>						$\sigma_p \cdot (10^{-2})$ , кН/мм <sup>2</sup>	$E_p \cdot (10^{-2})$ , кН/мм <sup>2</sup>	$\epsilon_1$ , %	$\epsilon_2$ , %	$\epsilon_3$ , %
	30с	30с	1мин	3мин	5мин	10мин					
1	0,415	0,35	0,335	0,30	0,295	0,285	0,30	8,775	18,5	3,5	3,5
2	0,21	0,16	0,135	0,12	0,11	0,10	0,118	0,73	9,0	3,5	12,5
3	0,205	0,175	0,158	0,145	0,145	0,13	0,145	1,57	9,0	6,75	9,75
4	0,14	0,11	0,106	0,09	0,09	0,085	0,085	0,765	10,5	3,5	11,0
5	0,23	0,193	0,180	0,165	0,155	0,145	0,16	2,065	13,5	3,75	7,75
6	0,15	0,125	0,115	0,10	0,095	0,088	0,095	0,95	15,0	3,0	10,0
7	0,082	0,055	0,050	0,045	0,042	0,035	0,035	0,315	11,5	2,5	11,0
8	0,138	0,11	0,092	0,086	0,079	0,073	0,083	1,015	14,0	2,75	8,25
9	0,215	0,165	0,115	0,14	0,130	0,12	0,125	1,135	10,5	3,75	11,3
10	0,168	0,125	0,115	0,105	0,054	0,095	0,095	0,865	11,0	3,5	11,0
11	0,148	0,11	0,10	0,09	0,088	0,08	0,085	1,065	11,5	5,5	8,0
12	0,158	0,118	0,113	0,10	0,095	0,089	0,09	1,06	12,5	4,0	8,5
13	0,235	0,185	0,183	0,166	0,16	0,15	0,155	1,72	10,5	4,0	10,5
14	0,145	0,12	0,11	0,10	0,093	0,088	0,09	0,09	11,0	4,0	10,0
15	0,095	0,065	0,064	0,055	0,054	0,048	0,048	0,38	12,5	3,5	9,0
16	0,088	0,07	0,063	0,059	0,055	0,053	0,055	0,355	9,0	2,5	13,5

Далее строили кинетические зависимости падения напряжения, по которым гра-

фически определялись значения равновесных напряжений  $\sigma_p$ , кН/мм<sup>2</sup> и рассчитыва-

лись условно равновесные модули упругости, представленные в табл.1. В табл.1 представлены результаты анализа деформационных свойств исходного иглопробивного материала (№ 15) и материала, подверженного дополнительной термоусадке в свободном состоянии (№ 16).

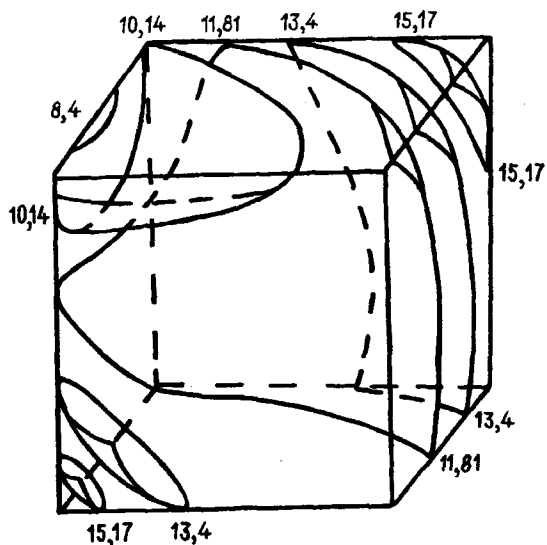


Рис. 1

Кроме того, по данным табл.1 с помощью алгоритма и ЭВМ рассчитаны уравнения регрессии и графические образы, описывающие изменение деформационных свойств материала в условиях термоуплотнения.

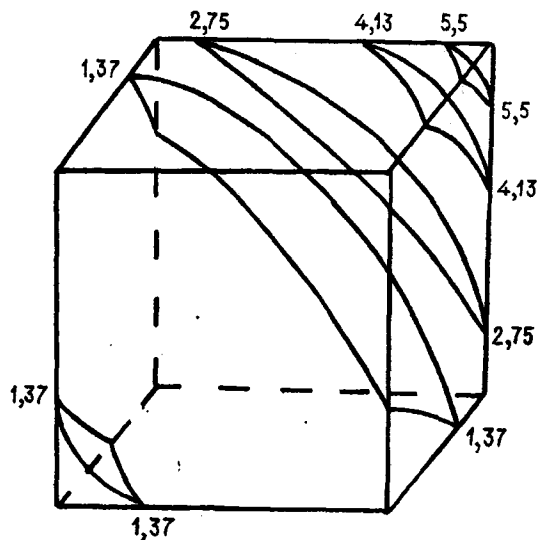


Рис. 2

На рис.1 и 2 представлены соответственно изменения упругой составляющей деформации растяжения и равновесного модуля упругости нетканого материала в зависимости от температуры, давления и времени прессования. Из анализа экспериментальных данных следует, что термоуплотнение материала эффективно повышает жесткость и упругость материала, при этом его необратимая деформация снижается более чем в 2 раза.

Сформированная в процессе иглопробивания первоначальная структура нетканого материала, характеризуемая некоторой концентрацией межволоконных связей в единице объема материала и по длине волокна, в процессе его термоуплотнения в свободном состоянии претерпевает значительные изменения как за счет термоусадки волокон, так и за счет образования нового типа связей-склеек. В совокупности это ведет к росту концентрации

межволоконных связей и уменьшению расстояния между связями по длине волокна.

Анализ дальнейшего термоуплотнения материала с использованием давления показал возможность эффективного управления его структурой и деформационными свойствами. При этом можно найти условия, при которых будет наблюдаться рост объемной плотности полотна (от 0,15 до 0,31 г/см<sup>3</sup>) без заметного изменения поверхностной плотности, сопровождающийся повышением жесткости и стабильности его структуры. Это связано, по-видимому, с преимущественным ростом объемной концентрации межволоконных связей в структуре материала без значительного увеличения числа связей по длине волокна.

Влияние условий термообработки полипропиленового волокна на физико-механические свойства приведено в табл.2.

Условия обработки волокна	Разрывная нагрузка Р, Н	Диаметр волокна d, мм	Толщина $\Delta L$ , мм	Площадь волокна $S_{ср}$ , мм <sup>2</sup>	Напряжения, возникающие в волокне $\sigma_{ср}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Модуль упругости волокна, $E_{ср}$ ( $\cdot 10^6$ ), Н/мм <sup>2</sup>	Температура размягчения $T_p$ , °С	
Исходное	0,043	0,020	10,0	0,00031	174,19	158,35	88,0	
	0,059	0,020	15,0					
	0,060	0,020	8,0					
Свободная термоусадка	0,025	0,0275	12,0	0,00051	60,46	64,32	83,0	
	0,031	0,0263	7,0					
	0,040	0,0250	13,0					
	0,023	0,0250	7,0					
Давление, Па	0	0,034	0,0500	7,0	0,00073	49,32	63,23	83,0
		0,048	0,0225	8,0				
		0,024	0,0250	5,0				
		0,047	0,0275	9,0				
	5	0,025	0,0250	9,0	0,00052	53,85	69,84	84,0
		0,030	0,0250	5,0				
		0,033	0,0250	8,0				
		0,030	0,0275	7,0				
	10	0,024	0,0263	9,0	0,00052	38,08	44,28	71,0
		0,0200	0,0275	10,0				
		0,0200	0,0288	9,0				
		0,0210	0,0250	8,0				
	15	0,0210	0,0225	8,0	0,00050	42,0	42,86	66,0
		0,0290	0,0250	12,0				
		0,0160	0,0263	6,0				
		0,0180	0,0250	8,0				
	20	0,0250	0,0250	8,0	0,00059	27,64	40,38	50,0
		0,0180	0,0275	7,0				
		0,0150	0,0275	9,0				
		0,0190	0,0275	6,0				
		0,0120	0,0275	7,0				

Совместный анализ изменения упругих свойств полипропиленового волокна и нетканых термоскрепленных иглопробивных материалов на его основе показал, что в технологических условиях термовоздействия на материал (табл.2) происходит значительное изменение в надмолекулярной структуре волокна, сопровождающееся дезориентационными процессами. Резко снижается температура размягчения, прочность и модуль упругости волокна. Однако даже при значительном снижении модуля упругости волокна можно добиться достаточной жесткости материала за счет управления его структурой.

Основываясь на данных из [3], можно

сделать вывод, что и в нашем случае наибольший вклад в упруговязкие свойства рассматриваемых материалов вносит концентрация связей между волокнами в единице объема материала, а также расстояние между связями по длине волокна. Поэтому даже при значительном снижении жесткости волокон можно добиться требуемой жесткости материала за счет управления его макроструктурой в технологии изготовления.

## ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние условий термоуплотнения: давления, температуры,

времени на упруговязкие свойства иглопробивных фильтровальных материалов из полипропиленовых волокон, а также влияние условий термовоздействия на деформационно-прочностные свойства полипропиленового волокна. Показано, что в условиях термоуплотнения иглопробивного полотна деформационно-прочностные свойства полипропиленовых волокон снижаются.

2. Выявлено, что наибольший вклад в упруговязкие свойства иглопробивных термоуплотненных фильтрополотен вносит увеличение концентраций связей между волокнами в единице объема материала,

а также расстояние между связями по длине волокна.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Котлярова Е.Ф., Конюхова С.В., Горчакова В.М. Нетканые фильтровальные полотна для очистки топлива. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1999, №3842-ЛП.

2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. – М.: Легкая индустрия, 1974.

3. Флоров М.В. Структурная механика бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 01.06.00.

УДК 677.026

### К ВОПРОСУ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА СМЕСКИ ВОЛОКНИСТОГО ХОЛСТА

*К. ЖУМАНИЯЗОВ, Р.З. БУРНАШЕВ, Х. АЛИМОВА, У.М. ГУЛЯМОВ*

*(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)*

В нетканом производстве (от ватного холста до прошивного полотна) выбор волокнистой смеси, состоящей из хлопка, шерсти и химических волокон или их смеси в различных вариантах, обусловлен закладываемыми в продукцию физико-механическими и потребительскими свойствами, с одной стороны, и себестоимостью сырья и затратами на производство – с другой.

В процессе производства хлопчатобумажных ватных холстов (швейная, мебельная вата и т.п.), волокнистой основы иглопробивных и прошивных нетканых полотен встала задача – как сделать смесь дешевле, но не в ущерб свойствам готовой продукции. Доля достаточно дорогого волокна IV-V сортов упала с 80 до 40...55%, произошла его замена волокном VI сорта (крайне низкого качества), засоренного до 30...50%, прочность которого ниже 2сН, причем нижняя граница прочности может иметь значительно меньшую величину.

Одновременно возросла или осталась в пределах 20% объема доля лinta типа “Б” II сорта, в какой-то степени компенсир-

ующего низкое качество волокна, но имеющего длину значительно меньшую. Вопрос был решен с помощью переработки волокнистых отходов в цехах хлопкозаводов. Очищенный регенерированный улюк, длина которого в зависимости от типа всегда выше, чем у лinta, и лишь на несколько мм ниже, чем у основного волокна, оказался тем компромиссным элементом смеси, который позволил достичь нужных свойств волокнистых холстов в пределах необходимых требований.

Механизм такого явления можно раскрыть путем анализа разрушения (разрыва) волокнистой полоски. Для упрощения задачи предположим, что волокна в холсте представляют цилиндрические тела длиной  $L$  и радиусом  $g$ .

Со стороны волокнистой массы на каждое волокно осуществляется некоторое давление  $q_0$  в расчете на единицу площади боковой поверхности волокна. При этом, если учесть, что в волокнистой массе внешними силами развивается давление  $q_1$  в основном направлении (например, со стороны стежка прошивной нити), то в бо-



ковом направлении возникает давление  $q_0$ , составляющее примерно  $0,5q_1$ . Это является следствием отличия волокнистой массы от жидкости и закон Паскаля здесь не работает. Вследствие этого примем  $q_0=0,75q_1$ .

При разрыве полотна происходят следующие процессы: отдельные волокна разрываются, когда натяжение в них превышает предел  $[p]$  прочности, другие перемещаются в полотне, преодолевая трение. Причем они включаются в работу неодновременно и в разной степени, переходя хаотично из второй группы в первую (разрываясь), частично извлекаясь из волокнистой массы.

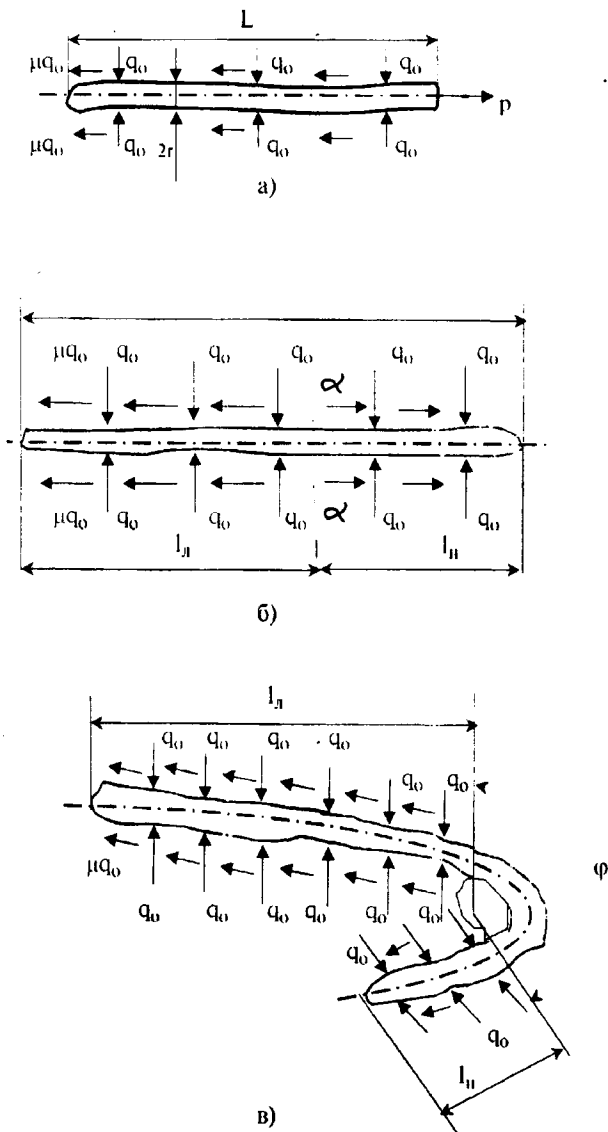


Рис. 1

Рассмотрим указанный процесс для трех вариантов нагружения конкретного волокна (рис.1, где а) – волокно, нагруженное на конце силой  $p$ ; б) – волокно, нагруженное по всему периметру силами трения, действующими в различных направлениях; в) – волокно изогнуто и извлекается из массы, огибая массив волокон, постороннюю примесь или стежок нити).

В первом случае натяжение волокна достигает значения

$$p^1 \leq 2\pi r L q_0 \leq [p]. \quad (1)$$

Условие, связанное с прочностью  $[p]$  волокна, означает, что натяжение не может расти бесконечно и при некоторой длине  $L_{кр}$

$$L_{кр}^I = [p] / 2\pi r q_0 \quad (2)$$

такое волокно разорвется, то есть излишняя его длина не будет иметь значения. Причем  $L_{кр}^I$  – величина, зависящая не только от прочности, но и от радиуса  $r$ , давления  $q_0$  и коэффициента  $\mu$  трения, с увеличением которых критическая длина падает.

Во втором случае выражение (1) записывается отдельно: как для правого конца волокна длиной  $l_{п} < L/2$ , так и для левого  $l_{л} > L/2$ . При этом волокно будет смещаться влево от линии разрыва полотна ( $\alpha-\alpha$ ). Следовательно, в этом случае имеем

$$L_{кр}^{II} = [p] / \pi r q_0, \quad (3)$$

то есть здесь критическая длина практически в два раза выше.

В третьем варианте, если пренебречь длиной дуги огибания препятствия и пространственным характером схемы, где угол между нормалью к волокну и нормалью к препятствию может отличаться от нуля, при постоянстве  $q_0$ ,  $\mu$  и  $r$  по формуле Эйлера – Минакова, будем иметь

$$l_{\text{л}} = l_{\text{п}} e^{\int_0^{\varphi} \cos \theta \sqrt{\mu_0^2 - \operatorname{tg}^2 \theta} d\varphi}, \quad (4)$$

где  $l_{\text{л}}$  и  $l_{\text{п}}$  – длина левой и правой ветвей петли;  $\mu_0$  – коэффициент трения волокна о препятствие;  $e=2,72\dots$  – основание натурального логарифма.

С учетом (4) при  $\theta=0$  (простейший случай) получим критическую длину волокна:

$$L_{\text{кр}}^{111} = \left( \frac{p}{\rho} \right) \left( 1 - e^{-\mu_0 \varphi} \right) / (2 \mu_0 r L_{q0}). \quad (5)$$

Формулы (2), (3) и (5) показывают естественный предел необходимой длины волокна в смеси – при падении сортности хлопкового волокна падает не только его

прочность, практически пропорционально площади сечения, то есть  $r^2$ , но и в меньшей степени уменьшается его поверхность (пропорционально  $r$ ), а, следовательно, и трение. Это объясняет тот факт, что пряжа (или другое изделие из хлопкового волокна низкого сорта) иногда имеет показатели прочности не ниже, чем при использовании волокна первых сортов.

Рекомендована кафедрой технологии прядения натуральных и химических волокон. Поступила 07.12.00.

---

УДК [677.025.071.252.4 : 677.53] : 677.071.4

## РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ НИТИ ДЛЯ ОСНОВОВЯЗАНОГО ТРИКОТАЖА

В. П. ЩЕРБАКОВ, В. А. ЗАВАРУЕВ, Н. А. КОРОЛЕВА, И. Б. ЦЫГАНОВ

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

В результате поисковых работ, проведенных на кафедрах механической технологии волокнистых материалов и технологии трикотажного производства МГТУ им. А.Н. Косыгина, создана технология основовязаного трикотажа, формируемого из комбинированной нити.

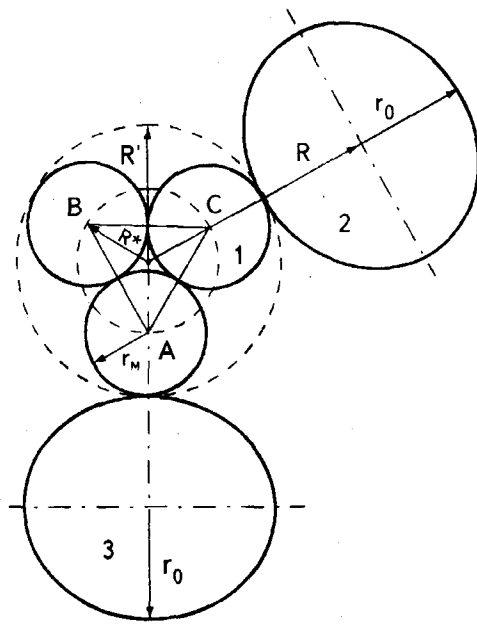


Рис. 1

Поперечное сечение комбинированной нити изображено на рис.1, где сердечник нити, состоящий из трех параллельных высокомодульных волокон 1, обкручен сначала нитью 2, а затем нитью 3 в противо-

положном направлении. Такая структура удерживает обвивочные нити от раскручивания и обеспечивает надежный контакт химических и стержневых нитей.

Наибольшие напряжения возникают в центральных волокнах, расположенных по прямым линиям вдоль оси нити. Здесь деформация волокна равна деформации нити. Механизм разрушения нити представляет последовательный разрыв волокон: сначала наиболее слабых, а затем, после обрыва одного волокна, перераспределение нагрузки на остальные  $m-1$  волокон. Напряжение в волокнах увеличивается и далее разрушение будет происходить по аналогичной схеме. Разрушение волокна определяется локальной прочностью его наислабейшего элемента объема.

Концепция наислабейшего звена широко используется при разработке многих статистических теорий прочности, которые отличаются одна от другой лишь принятым видом функции распределения локальной прочности. Впервые концепция наислабейшего звена сформулирована Пирсом при исследовании прочности хлопковых волокон. Он также первым установил тесную связь этой модели с асимптотической теорией экстремальных значений.

Прочность пучка волокон с различной прочностью его индивидуальных составляющих наиболее исчерпывающе была исследована Даниэлсом.

Пусть  $n$  волокон из  $m$  исходных разрушилось, когда нагрузка достигла  $P$ . Тогда  $m - n$  является числом неразорванных волокон. Связь общей нагрузки на пучок  $P$  и нагрузки на отдельное волокно  $p$  выражается соотношением

$$P = Np \left( 1 - \frac{n}{m} \right). \quad (1)$$

Величина  $\frac{n}{m}$  – это относительное количество волокон, прочность которых не больше  $p$  и является интегральной функцией распределения прочности волокон  $\Phi(p)$ , характеризующей степень разрушения пучка.

Значение  $P$  достигает максимума, если  $\frac{dP}{dp} = 0$ . Дифференцируя (1) по  $p$  и приравняв результат нулю, записываем

$$1 - \Phi(p_{\max}) - p_{\max} \varphi(p_{\max}) = 0. \quad (2)$$

Здесь  $\varphi(p)$  – плотность распределения прочности волокон (дифференциальный закон распределения). Из условия экстремума (2) найдем величину  $p_{\max}$  и в результате подстановки в исходное уравнение (1) получим максимальное значение прочности пучка.

Максимальная  $P_{\max}$  и средняя  $\bar{P}$  прочность волокон связаны между собой соотношением

$$P_{\max} = k\bar{P} \quad (3)$$

через коэффициент реализации средней прочности волокон

$$k = \frac{(\alpha e)^{\frac{1}{\alpha}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – параметр распределения Вейбулла;

$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$  – гамма-функция.

Отношение к средней прочности волокна в пучке к средней индивидуальной прочности волокна в виде формулы (4) получено Даниэлсом при рассмотрении асимптотики распределения вероятностей для удельной прочности  $P/(mA)$  пучка из  $m$  волокон поперечного сечения  $A$  при возрастании  $m$ . Даниэлс также показал, что при увеличении  $m$  распределение стремится к нормальному распределению с дисперсией

$$D = p_{\max}^2 \{ \Phi(p_{\max}) [1 - \Phi(p_{\max})] \} m^{-1}. \quad (5)$$

Дисперсия удельной прочности убывает с ростом  $m$  и стремится к нулю при очень больших  $m$ . Дисперсия прочности пучка поэтому гораздо меньше дисперсии прочности отдельных волокон; при этом в целом образце, процесс разрушения которого описывается моделью классического пучка, нельзя ожидать никакого явно выраженного влияния объема ни на среднюю прочность, ни на ее дисперсию за исключением того, что дисперсия может обнаруживать тенденцию к уменьшению с ростом размера образца.

Если же число волокон невелико, то при определении разрушающей нагрузки на небольшой пучок воспользуемся методом, изложенным нами при решении задачи о прочности пучка волокон при большом  $m$ . Основная идея этого метода состоит в оптимизации функции  $f$ , представленной в виде произведения усилия в волокне  $p$  на число неразрушенных волокон  $(m-n)$ . Чтобы найти максимум функции  $f$ , расположим разрушающие нагрузки в вариационный ряд в понижающем порядке:

$$p_1 > p_2 > p_3 > \dots > p_u, \quad (6)$$

где  $u$  – порядковый номер волокна в ряду.

Тогда максимальная прочность пучка волокон равна

$$P_{\max} = \max [up_u]. \quad (7)$$

Подтверждением этого простого правила являются результаты испытаний

(табл.1) по определению разрывной нагрузки каждой из трех моноплетей сердечника комбинированной нити и прочности пучка из этих нитей, равной

$R_{\text{max}}^{\text{экс}} = 184,07 \text{ сН}$ , проведенных на машине FP 100/1.

Таблица 1

Разрывное усилие $p$ , сН	66.88	64.52	63.38
Число неразрушенных волокон $u$	1	2	3
Нагрузка на пучок $p_{\text{п}}$	66.88	129.04	190.14

Максимальная нагрузка для пучка равна 190,14 сН. Видно, что этот результат по значению близок к разрывной нагрузке, полученной экспериментально.

Далее определим долю химической обвивочной нити в общей прочности комбинированной нити. Обвивочная нить 2 или 3 радиуса  $r_0$  (рис.1) расположена по винтовой линии с шагом  $h$  на пряди высокомолекулярных моноплетей, которая принята в форме цилиндра с радиусом  $R$ , изображенного внешней пунктирной линией.

Рассмотрим элемент площади  $MNQP$  поперечного сечения комбинированной нити  $R'$  и  $r_0$ . Из условия равновесия элемента нити и рис. 2 следует, что осевая сила, действующая параллельно оси нити и растягивающая нить, равна  $P_{oz} = P_o \cos \vartheta$ . Здесь  $P_o$  – разрывная нагрузка обвивочной нити;  $\vartheta$  – угол подъема винтовой линии, определяющийся из выражения  $\text{tg} \vartheta = \frac{2\pi R}{h}$ , где  $R = R' + r_0$  – радиус воображаемого цилиндра, на котором расположена осевая линия химической нити, обвивающей прядь (рис.1).

Шаг винтовой линии  $h$  связан с круткой соотношением  $h = \frac{1}{K}$ , где  $K$  – крутка нити, определяемая как число кручений на метр. Радиус  $R'$  контура пряди равен  $R' = R^* + r_m$ , где  $r_m$  – радиус моноплетей,  $R^*$  – радиус описанной окружности (внутренняя пунктирная линия) вокруг равнобедренного треугольника  $ABC$  со стороной  $a = R^* \sqrt{3}$ . Так как  $a = 2r_m = d_m$ , то  $R^* = \frac{d_m}{\sqrt{3}}$ .

Вычислим геометрические характеристики комбинированной нити, образованной из трех высокомолекулярных волокон диаметром 15 мкм каждое, и двух химических нитей линейной плотности 8,4 текс. Расчетный диаметр химической нити оп-

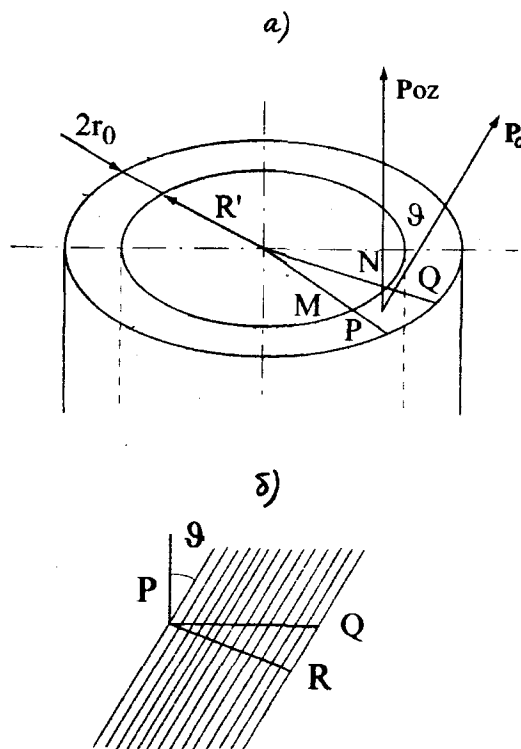


Рис. 2

ределим по формуле  $d_o = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}}$ , где  $\delta$

– плотность нити.

$$\text{Имеем } d_o = 0,0357 \sqrt{\frac{8,4}{0,6}} = 0,1328 \text{ мм.}$$

Тогда  $R=82,55$  мкм.

Если крутка  $K=400 \text{ м}^{-1}$ , то  $\vartheta = 11,7^\circ$  и  $\cos \vartheta = 0,9791$ . Экспериментально определенная прочность химической нити равна 99,76 сН; составляющая разрывной на-

грузки, параллельная оси комбинированной нити,  $P_{oz}=97,68$  сН.

Составим табл.2 для определения максимальной прочности комбинированной нити как максимума произведения числа неразрушенных волокон на соответствующее разрывное усилие.

Таблица 2

Разрывное усилие, сН	97,68	97,68	66,88	64,52	63,38
Число неразрушенных волокон	1	2	3	4	5
Нагрузка на пучок $p_u$	97,68	195,36	200,64	258,08	316,90

Как видно из табл.2, максимальная нагрузка комбинированной нити равна 316,90 сН. Определенная экспериментально разрывная нагрузка этой нити составила 300,0 сН.

Заметим, что величина  $P_{max}$  всегда оказывается меньше средней прочности (здесь она равна 390,12 сН) и это снижение прочности увеличивается с ростом коэффициента вариации. Поэтому может возникнуть ситуация, когда совокупность прочных волокон с большим разбросом прочности окажется слабее пучка менее прочных волокон с небольшим коэффициентом ва-

риации. Очевидно, что помимо средней прочности требования к волокнам должны включать и величину коэффициента вариации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Hearle J. W. S., Grosberg P., Backer S.* Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics. – New York, 1969.
2. *Щербаков В. П., Скуланова Н. С., Полякова Л. В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 3, 4. С. 31...35; 27...30.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 13.11.00.

УДК 677.075:61

## ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ТЕЛО КОМПРЕССИОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*М.Л. КУКУШКИН, А.В. ЧАРКОВСКИЙ*

(Витебский государственный технологический университет)

Для производства компрессионных медицинских чулок, колготок и других изделий, применяющихся в целях профилактики и лечения заболеваний кровеносной и лимфатической систем, разработанных во ВГТУ, используется серийный чулочно-носочный автомат ОЗД, дополнительно оснащенный управляемым механизмом принудительной подачи эластичной нити, сконструированным на кафедре технологии трикотажного производства этого вуза [1].

Для определения действующих на тело давлений нами изготовлена и оттарирована опытная установка для измерения давления, по принципу действия аналогичная прибору ИД-5, используемому в Институте хирургии им. Вишневского (г.Москва). В состав установки входят блок питания Агат, многоканальный тензоусилитель Топаз-4-01 и тензометрический датчик, представляющий эллипсную рамку, состоящую из двух половин. Между ними закреплен чувствительный элемент (балочка из фосфористой бронзы). На конце балочки установлена кнопка для восприятия действующих усилий – диск диаметром 18 мм, расположенный на ножке высотой 4 мм. Рамка с чувствительным элементом находится на подложке, уменьшающей утапливание датчика в тело при проведении измерений. С двух сторон балочки наклеено

два тензорезистора 2 ПКБ-5-50ГВ сопротивлением  $49,75 \pm 0,05$  Ом, соединенных в схему полумоста.

Перед проведением измерений датчик предварительно тарировали. Затем его укладывали на цилиндр известного радиуса и накрывали полоской трикотажного полотна шириной 8 см. На нижних краях полотна для создания определенного давления прикреплялись разновесы. Массу разновесов рассчитывали по методике из [3]. После нагружения образца измеряли ширину полоски трикотажа в нагруженном состоянии и определяли теоретическое давление. Одновременно снимали показания регистрирующего прибора – тензоусилителя. Затем образец разгружали и ему давался отдых 2 мин. Нагружение образца трикотажа осуществляли с увеличением нагрузки для каждого замера до расчетного давления 4 кПа, а затем в обратном направлении – с постепенным разгрузением образца. По среднему из двух показаний прибора значению для данного давления на цилиндре известного радиуса строилась кривая. Семейство тарировочных кривых для хлопчатобумажного полотна изображено на рис.1.

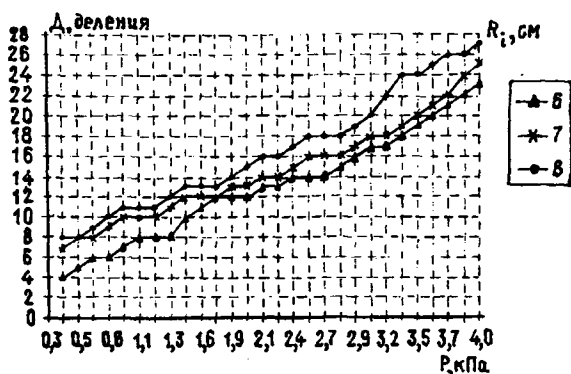


Рис. 1

При проведении тарировки не моделировали реальную поверхность тела, главные отличия которой от поверхности тарировочных цилиндров – упругость кожи и худшие фрикционные характеристики последней. Вследствие этого возможны отклонения результатов измерений от действительных при измерении на фигурах при больших значениях давления и продольных деформациях изделий.

В связи с тем, что датчик имеет определенную толщину, форма поверхности полотна в месте измерения отличается от цилиндрической. Толщина датчика выбрана минимально возможной с таким расчетом, чтобы она удовлетворяла условиям прочности и жесткости и при этом соизмерялась с рабочим ходом чувствительного элемента. По этой причине величина давления на чувствительный элемент датчика всегда несколько больше, чем на неискаженной поверхности. При замерах на цилиндрической поверхности в зависимости от радиуса кривизны центральный угол, в пределах которого отмечалось изменение состояния полотна, колебался от 50 до 65°.

При измерении давления принята нижеприведенная методика. Цикл измерений по изделию следует проводить 2 раза (сверху вниз и снизу вверх) на обеих ногах, снимая изделие и вновь надевая его. На нужном обхвате должно иметь место 8 замеров по периметру ноги (спереди, сзади, с внутренней и наружной сторон и между этими точками). Из 32 значений по обхвату, убрав наиболее выделяющиеся,

выводили среднее значение. Полученное число по кривым тарировки переводилось в единицы давления.

Давление оболочки на тело определенного периметра определяли с помощью соответствующей тарировочной кривой по формуле

$$P = \frac{(D - D_M)}{(D_6 - D_M)} + P_M \quad (1)$$

где  $P$  – искомое давление, кПа;  $P_M$  – давление, соответствующее ближайшей определенной точке кривой в меньшую сторону, кПа;  $D$  – показание прибора при измерении, деления;  $D_M$  ( $D_6$ ) – показания прибора, соответствующие ближайшей определенной точке кривой в меньшую (большую) сторону, деления.

Если периметр тела в месте измерения лежит между значениями, определенными для тарировочных кривых, давление определяется по двум соседним кривым, а результаты подставляются в формулу

$$P = P_i + (P_{i+1} - P_i)(R - R_i) \quad (2)$$

где  $P_i$  ( $P_{i+1}$ ) – давление, определенное по кривой для меньшего (большого) радиуса тела, кПа;  $R$  – текущий радиус тела, см;  $R_i$  – целая часть значения радиуса тела, см.

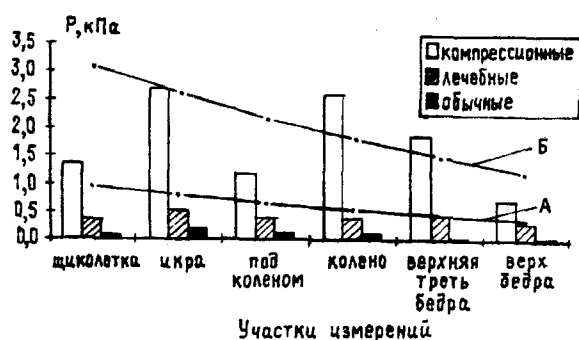


Рис. 2

На рис.2 представлено распределение давления по телу в изделиях (колготках) различных видов при измерении на фигуре. Для обычных и лечебных колготок давление вдоль фигуры изменяется только



за счет различий в обхватах и не соответствует необходимому закону распределения [2] (кривая А). Для компрессионных колготок величины давления более приближены к оптимальным (кривая Б) за исключением некоторых участков (это связано с резким изменением формы поверхности).

Измерение давления изделий на тело проводили двумя путями: на модельных фигурах и на цилиндрических формах. При измерениях на формах реальная фигура заменялась набором цилиндров с соответствующими обхватами (чтобы уйти от конкретной фигуры) и по имеющимся данным обмеров по ГОСТ 26456.1 – 89 находились остальные обмеры типовой фигуры и определялось давление через формы. Такая методика более удобна при большом количестве измерений (например, при составлении шкалы подбора изделий). Для измерения давления на определенном обхвате стандартной фигуры последней ставили в соответствие две цилиндрические формы с периметрами, наиболее приближенными к обхвату тела. Измерялось давление на поверхности двух форм 2 раза по 8 замеров на каждой форме, и далее по формулам (1) и (2) вычисляли давление, которое могло иметь место на стандартной фигуре с заданным обхватом и твердой цилиндрической поверхностью. В этом случае в формуле (2):  $P_i$  ( $P_{i+1}$ ) – давление, определенное на меньшей (большей) форме, кПА;  $R_i$  – радиус меньшей формы, см.

Параллельное использование двух методов выявило различия в результатах измерений. Это связано с тем, что между формой и телом существуют отличия, главные из которых состоят в разнице упругости поверхностей и их кривизне. Значения величин давлений на теле и на фор-

мах коррелированы между собой, расхождение между ними вызвано множеством факторов, имеющих в сумме случайный характер распределения.

Полученные результаты показывают, что значения давления на теле и формах имеют различия для каждого обхвата. Наибольшая относительная погрешность наблюдается на обхвате под коленом, что вызвано явным несоответствием геометрической формы цилиндру, а также на участке верха бедра из-за малой величины давления. На остальных обхватах расхождение не превышало 50%. Для более точного прогнозирования величины давления на различных фигурах необходимо вводить поправочные коэффициенты к давлению, измеренному на формах, основываясь на статистическом материале.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика расчета действующего давления на типовой фигуре человека с твердой цилиндрической поверхностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В., Кукушкин Л.М. Разработка механизмов нитеподачи эластичных нитей // Тэзісы дакладау другой рэспубліканскай навуковай канферэнцыі студэнтау вышэйшых навучальных устаноу Рэспублікі Беларусь. Частка 1. – Мінск, ВГТУ, 1996. С.263.
2. Гензер М.С. Лечебный трикотаж. – М.: Легкая индустрия, 1975.
3. Филатов В.Н. Проектирование эластомерных изделий. – М.: Легкая индустрия, 1979.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 21.11.00.

УДК 677.05.059:621.835.8

**К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ О ВЕКТОРАХ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ШЕСТИЗВЕННОГО БАТАННОГО МЕХАНИЗМА**

**В.А. ШМЕЛЕВ,** Н.В. МИХАЙЛОВА

(Шуйский государственный педагогический университет,  
ОАО «Шуйский машиностроительный завод им. Фрунзе,  
Ивановская государственная текстильная академия)

Решение первого этапа задачи о векторах скоростей и ускорений четырехзвенника OABC шестизвеного батанного механизма приведено в [1].

В настоящей работе рассматривается вопрос о векторах четырехзвенника CBDE механизма (рис. 1).

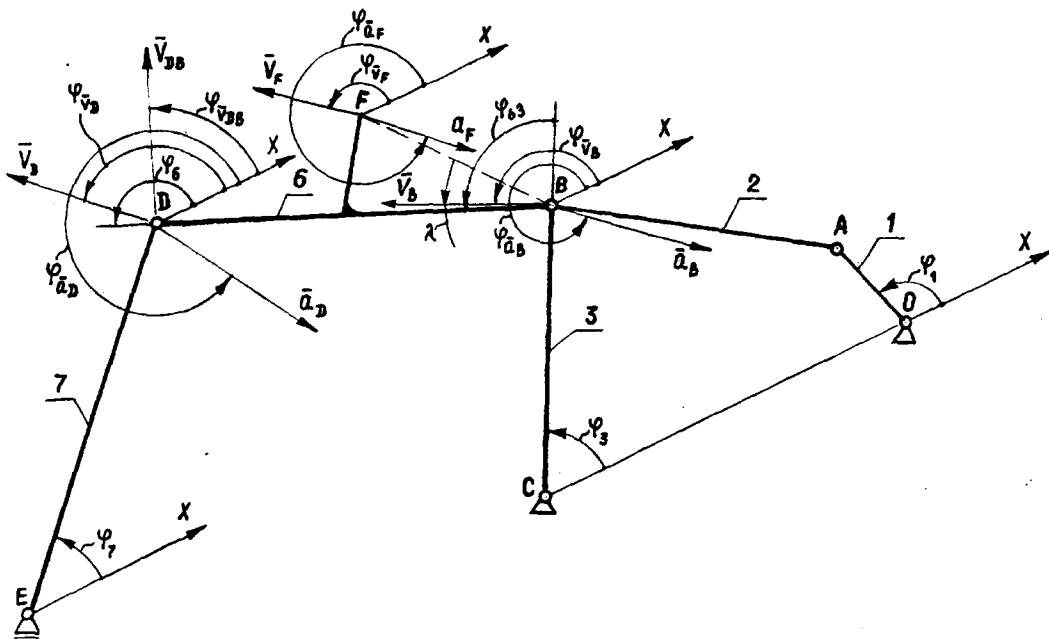


Рис. 1

**Задача о векторах скоростей.** Вектор  $v_B$  скорости точки B коромысла (рис.1) направлен под углом  $\varphi_{vB}^1$  наклона к ли-

нии отсчета OX и определяется выражением [1]:

<sup>1</sup>Далее  $\varphi_{v_i}$  будем, как и в [1], называть углом вектора  $v_i$ .

$$\varphi_{v_B} = \varphi_3 + (2-n)\pi/2,$$

где

$$n = \frac{\omega_3}{|\omega_3|}.$$

Вектор  $v_D$  абсолютной скорости точки D расположен перпендикулярно отрезку ED и направлен в сторону вращения звена ED, а по аналогии с вышеуказанным и в соответствии с рис. 1 определяется как

$$\varphi_{v_D} = \varphi_7 + (2-n)\pi/2, \quad (1)$$

а

$$\varphi_{v_{DB}} = \varphi_6 + \pi/2p, \quad (2)$$

где

$$p = \frac{\omega_6}{|\omega_6|}.$$

Введем обозначения

$$L_3 = \frac{l_3}{l_1}, \quad L_6 = \frac{l_6}{l_1}, \quad L_7 = \frac{l_7}{l_1};$$

$$\Omega_3 = \frac{\omega_3}{\omega_1}, \quad \Omega_6 = \frac{\omega_6}{\omega_1}, \quad \Omega_7 = \frac{\omega_7}{\omega_1}.$$

Запишем соотношение для  $\Delta BFD$ :

$$\frac{BF}{BD} = k_1.$$

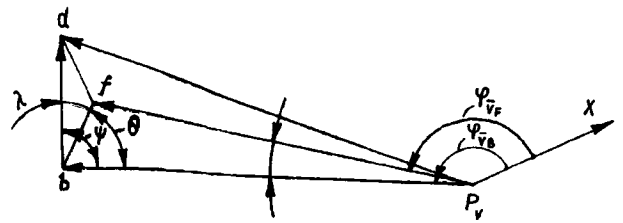


Рис. 2

Из подобия треугольников BFD (рис. 1) и bfd (рис. 2) следует

$$k_1 = \frac{BF}{BD} = \frac{bf}{bd}.$$

Отсюда

$$bf = k_1 bd.$$

В соответствии с первой расчетной схемой (рис. 2), приняв  $\omega_1 = 1$ ,  $l_1 = 1$  и  $\mu_v = 1$ , запишем

$$bd = \Omega_6 L_6, \quad bf = k_1 \Omega_6 L_6 \quad \text{и} \quad p_v b = \Omega_3 L_3. \quad (3)$$

Из расчетной схемы следует

$$\theta = \psi - \lambda, \quad (4)$$

где

$$\psi = \varphi_{63}.$$

Из  $\Delta fp_v b$

$$p_v f = \sqrt{bf^2 + p_v b^2 - 2bf p_v b \cos \theta}$$

или, используя (3),

$$p_v f = \sqrt{(k_1 \Omega_6 L_6)^2 + (\Omega_3 L_3)^2 - 2k_1 \Omega_6 L_6 \Omega_3 L_3 \cos \theta}. \quad (5)$$

Угол  $\varphi_{v_F}$  вектора  $v_F$  определяется

$$\varphi_{v_F} = \varphi_{v_B} + \delta + \pi/2(1+p),$$

где

$$\delta = \arcsin \frac{bf \sin \theta}{pvf}. \quad (6)$$

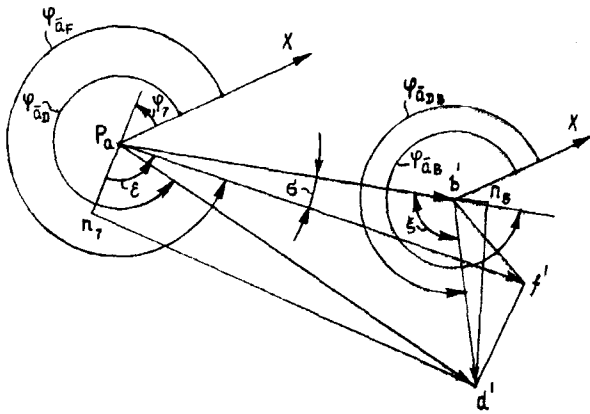


Рис. 3

**Задача о векторах ускорений.** На второй расчетной схеме (рис. 3)  $p_a b'$ ,  $p_a d'$ ,  $p_a f'$  – направленные отрезки, изображающие векторы ускорений точек В, D и F звеньев механизма;  $d' b'$ ,  $f' b'$  – направленные отрезки, изображающие векторы ускорений точек D и F относительно точки В;  $\varphi_{aB}$ ,  $\varphi_{aD}$ ,  $\varphi_{aDB}$ ,  $\varphi_{aF}$  – углы наклона к линии отсчета OX векторов  $a_B$ ,  $a_D$ ,  $a_{DB}$ ,  $a_F$ . Угол между векторами  $a_B$  и  $a_D$  обозначим как  $\varphi_{aB, aD}$ .

Используя принятые в [2] обозначения и введя дополнительные, запишем:

$$Z = n_7 d', \quad Q = p_a n_7, \quad P = b' n_6,$$

$$\Pi = p_a b', \quad \Lambda = p_a d', \quad O = b' d'.$$

В соответствии с рис. 3 имеем

$$\varphi_{aD} = \pi + \varphi_7 + \varepsilon,$$

где

$$\varepsilon = \arcsin \frac{n_7 d'}{p_a d'} = \arcsin \frac{Z}{\Lambda},$$

а

$$p_a d' = \Lambda = \sqrt{Q^2 + Z^2}. \quad (7)$$

Тогда

$$\varphi_{aD} = \pi + \varphi_7 + \arcsin \frac{Z}{\Lambda}. \quad (8)$$

Далее

$$\varphi_{aDB} = \varphi_{aB} - (\pi - \xi) = \varphi_{aB} - \pi + \xi, \quad (9)$$

где

$$\xi = \arccos \frac{(p_a b')^2 + (b' d')^2 - (p_a d')^2}{2 p_a b' d'}.$$

Здесь

$$b' d' = O = \sqrt{P^2 + \theta^2}. \quad (10)$$

Тогда

$$\xi = \arccos \frac{\Pi^2 + O^2 - \Lambda^2}{2 \Pi O}. \quad (11)$$

На схеме

$$\varphi_{aF} = \varphi_{aB} - \sigma. \quad (12)$$

Из  $\Delta p_a b' f'$

$$\sigma = \arcsin \frac{b' f' \sin(\xi + \lambda)}{p_a f'}. \quad (13)$$

Здесь

$$b' f' = k_1 b' d' = k_1 O \quad (14)$$

<sup>2</sup>В дальнейшем  $\varphi_{a_i}$  будем называть углом вектора  $a_i$

$$\text{и } p_a f' = \sqrt{(p_a b')^2 + (b' f')^2 - 2 p_a b' b' f' \cos(\xi + \lambda)}$$

или

$$p_a f' = \sqrt{\Pi + (k_1 O)^2 - 2 \Pi k_1 O \cos(\xi + \lambda)}. \quad (15)$$

Подставив в (13) выражения (14) и (16), получим

$$\varphi_{aF} = \varphi_{aB} - \arcsin \frac{k_1 O \sin(\xi + \lambda)}{\sqrt{\Pi^2 + (k_1 O)^2 - 2 \Pi k_1 O \cos(\xi + \lambda)}}. \quad (16)$$

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований и [1] разработана новая методика определения положений векторов скоростей и ускорений в принятой системе отсчета.

2. Предложены оригинальные правила расположения векторов в зависимости от направлений угловых скоростей рассматриваемых звеньев, а также найдены приемы определения направления углов отсче-

та векторов с помощью соответствующих коэффициентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шмелев В.А., Михайлова Н.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 6. С. 96...100.
2. Шмелев В.А., Михайлова Н.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин ИГТА. Поступила 14.01.00.

УДК 677.057.444

## ПНЕВМОФРИКЦИОННЫЙ ПРИВОД ТКАНЕТРАНСПОРТИРУЮЩИХ РОЛИКОВ С АВТОМАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

В.С. САМСОНОВ

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

Цель данной работы – создание экспериментального образца автоматической системы управления натяжением ткани в роликовых машинах для жидкостной об-

работки на базе предложенной конструкции ПФП [1].

Принципиальная схема ПФП с системой автоматического управления изображена на рис.1: тканетранспортирующая

система включает электродвигатель постоянного тока 2, редуктор 7, отжимные валы 1, цепную передачу к тканетранспортирующим роликам 15, фрикционные много-

дисковые муфты, состоящие из ведущей части – блока звездочек 13 с ведущими дисками, установленными подвижно на

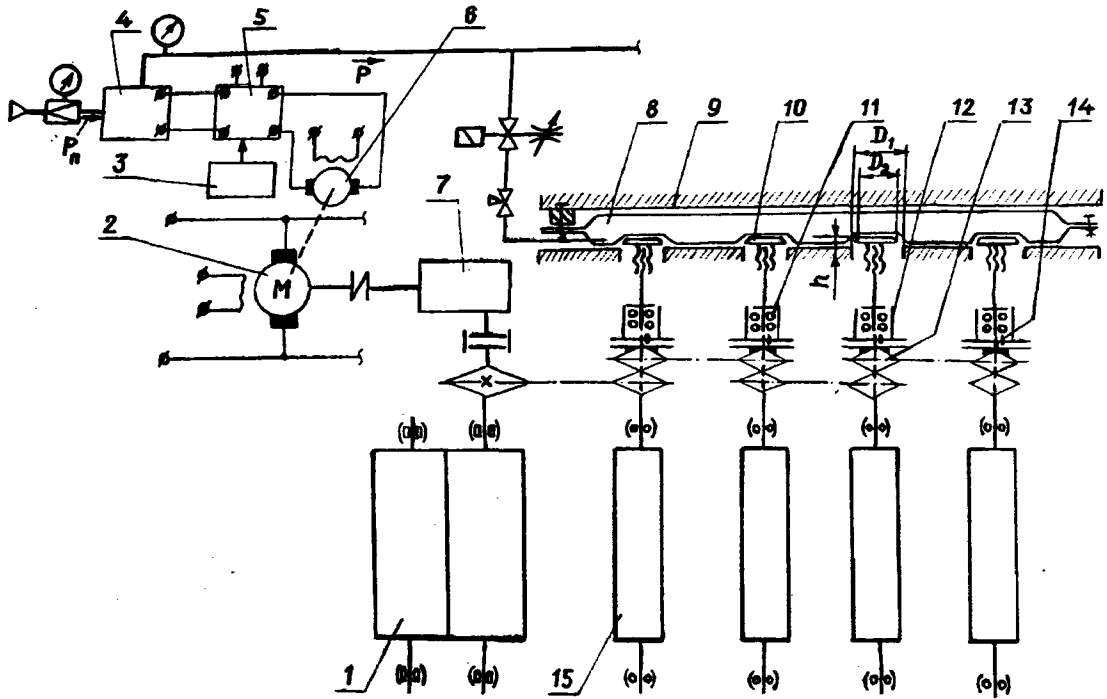


Рис. 1

шипе ролика 15, пяты 12 с ведомыми дисками, установленными на шипе ролика на направляющей шпонке 14. Необходимое усилие прижима дисков муфт создается резиноканевой пневмокамерой 8, размещенной в закрытом корпусе 9 прямоугольного профиля, имеющем отверстия диаметром  $D_1$  в местах расположения опорных дисков 10 диаметром  $D_2$ , штоки которых ввернуты в оси шарикоподшипниковых опор 11, установленных в пяте 12, прижимающей фрикционные диски.

Движущий момент передается на каждый ролик вследствие скольжения ведущих фрикционных дисков, соединенных со звездочкой 13 и имеющих опережение относительно ведомых, смонтированных на направляющей шпонке 14 шипа ролика. Групповое регулирование усилия прижима фрикционных дисков, движущего момента на роликах и, следовательно, натяжения ткани осуществляется изменением давле-

ния  $p$  в пневмокамере 8. Индивидуальное регулирование силы прижима дисков – изменением заглубления  $h$  опорного диска в пневмокамеру.

Управление натяжением ткани основано на принципе силовой компенсации технологического сопротивления движению ткани  $\Delta T$  движущим моментом (окружным усилием) на рубашке приводного ролика. Величина последнего, как показано ниже, пропорциональна давлению воздуха  $p$  в пневмокамере.

Для транспортирования ткани в зоне обработки с натяжением  $T_k$  на уровне, заданном компенсатором на входе в машину, необходимо, чтобы  $P_\phi/\Delta T=1,0$ , где  $P_\phi$  – окружное усилие на рубашке приводного ролика. Из условия стабилизации заданного на входе натяжения ткани получена зависимость для определения  $P_\phi$  [2].

В результате комплексных исследований ПФП и зоны обработки ткани были

разработаны математические модели управления приводом и натяжением ткани для различных типоразмеров роликовых машин с учетом параметров фрикционного привода, пневмокамерного исполнительного устройства, параметров машины и зоны обработки, вариации параметров ткани: скорости  $v$ , ширины  $B$  и поверхностной плотности  $G$  [1...3]. Полное технологическое сопротивление  $\Delta T=f(v;B;G;H)$  можно определить также по эмпирическим формулам [3], где  $H$  – уровень жидкости в ванне, а для основных типоразмеров серийных машин типа ВЦМ согласно зависимостям из [2].

Вычислим управляющее воздействие (давление воздуха  $p$  в пневмокамере) с помощью зависимости

$$p = (N + 5h)/(17,7 - h) \cdot 10^2, \text{ МПа}; \quad (1)$$

где  $N = 2M/d_{\phi} \mu n, \text{ Н}; \quad (2)$

$$M = 0,5[T_k(c^2 - 1) + c\Delta T], \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3)$$

$$c = (D + fd)/(D - fd); \quad (4)$$

$$\Delta T = (9 \pm 0,5)(v^2 + 1)B^{0,5}, \text{ Н}. \quad (5)$$

Здесь  $N$  – сила прижима фрикционных дисков;  $h$  – заглубление опорного диска в пневмокамеру;  $M$  – момент, развиваемый фрикционной муфтой;  $d_{\phi}$  – средний диаметр фрикционных дисков;  $\mu$  – коэффициент трения скольжения дисков;  $n$  – число пар трения муфты;  $D, d$  – диаметры рубашки и цапф приводного ролика;  $f$  – приведенный коэффициент трения подшипниковых опор приводных роликов.

Эмпирическая зависимость (1) применима для пневмокамерного исполнительного устройства, рассмотренного в [1], формула (5) справедлива для промывных машин типа ВЦМ-140, тканей шириной 0,6...1,2 м поверхностной плотности 120...180 г/м<sup>2</sup> при скоростях 0,5...2,0 м/с [2]. Из (1...5) следует, что функция управления  $p=f(v;B)$  является нелинейной.

Реализовано два варианта системы автоматического управления ПФП. Наиболее простым техническим решением является применение нелинейного преобразователя (НП) на базе так называемых безопорных кусочно-линейных диодных функциональных преобразователей, реализующих закон  $p=f(v)$  путем кусочно-линейной аппроксимации. Число линейных участков характеристики определяется требуемой точностью воспроизведения заданной кривой. При разбивке на четыре линейных участка (в диапазоне скоростей 0...2 м/с) максимальное отклонение  $p$  не превышает 5 %, а среднее во всем диапазоне регулирования (0,02...0,1 МПа) 2%, что является достаточным исходя из требований точности стабилизации натяжения ткани.

Для настройки НП с целью получения необходимого закона управления используются регулировочные элементы – резисторы переменного сопротивления пульта управления 3. Информация о скорости поступает с тахогенератора 6, установленного на электродвигателе 2, на нелинейный преобразователь 5. Выходной сигнал с последнего подается на электропневматический преобразователь 4, который устанавливает заданную величину давления в пневмоисполнительном устройстве 8.

Такая централизованная система управления (на группу агрегированных однотипных машин) обеспечивает стабилизацию натяжения с отклонением не более 0,2  $T_k$  от заданного без перенастройки НП (с доверительной вероятностью не ниже 0,95) при изменении ширины ткани от расчетной на 0,4...0,08 м в диапазоне скоростей 0,5...1,5 м/с и наличии возмущений (естественной вариации) параметров  $v$ ;  $H$ ;  $f$ ;  $\mu$ ;  $p$  в указанных в [4] пределах. Недостаток такого варианта состоит в том, что на его основе невозможно построение гибкой системы автоматического управления, которую можно включить в комплексную систему автоматического управления технологическим процессом.

Второй вариант – это гибкая система управления с использованием цифровой вычислительной техники, в частности микропроцессорной системы управления

(МПСУ). Сигнал, пропорциональный скорости ткани  $v$ , поступает в МПСУ 5 от тахогенератора 6. Информация о ширине ткани вводится оператором через пульт управления 3. В постоянной памяти управляющего устройства хранятся все постоянные параметры, относящиеся к ткани, машине, зоне обработки и ПФП. Управляющее устройство в каждом такте управления непосредственно вычисляет величину требуемого давления по формуле (1) и в виде напряжения управления через преобразователь напряжение – ток подает сигнал на электропневматический преобразователь 4.

Такая система управления позволяет быстро произвести перенастройку при изменении ширины обрабатываемой ткани, а при наличии датчика ширины – выполнять эту операцию автоматически. При изменении артикула ткани, требующего другого натяжения (или закона изменения натяжения по длине заправки) при обработке [5], оператор также с пульта управления вводит этот параметр в программу вычисления.

## ВЫВОДЫ

1. Создана конструкция пневмофрикционного привода роликовых машин, которую можно принять за основу системы автоматического управления натяжением ткани, и разработана математическая модель управления пневмофрикционным приводом и натяжением ткани для различных типоразмеров роликовых машин с учетом параметров роликовой машины, привода, пневмокамерного исполнительного устройства, зоны обработки и ткани.

2. Установлено, что управление натяжением ткани с достаточной для практических целей точностью может осуществляться путем управления давлением воздуха в пневмокамерном исполнительном устройстве в функции двух основных параметров – скорости и ширины ткани.

3. В результате анализа различных систем автоматического управления разработаны два варианта САУ пневмофрикционным приводом тканетранспортирующих

роликов и натяжением ткани: на базе управляющей микроЭВМ – как наиболее универсальная и перспективная; на основе нелинейного преобразователя – как наиболее простая в изготовлении и эксплуатации.

4. Предложенные САУ на базе ПФП обеспечивают эффективное управление натяжением и транспортирование ткани с технологически необходимым натяжением и с достаточной для практических целей точностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов В.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №1. С.84...88.
2. Самсонов В.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №6. С.97...100.
3. Лебедев И.Б., Самсонов В.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, №6. С.100...103.
4. Самсонов В.С., Сидоров А.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №3. С.109...112.
5. Самсонов В.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, №1. С.90...93.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и краильно-отделочного оборудования. Поступила 27.10.00.



## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА И РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Н.Л. УШАКОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В хлопкопрядильном производстве широкое распространение получили поточные линии (ПЛ), основным условием нормального функционирования которых является непрерывность потока волокнистого продукта, обеспечиваемая, в первую очередь, рациональным выбором состава, расположением и количеством машин в

линии, связей между ними, а также их конструктивными особенностями.

С целью сокращения технологической цепочки хлопкопрядильного производства выявим оптимальную структуру ПЛ и, в частности поточных линий разрыхления, очистки и смешивания, оказывающих наибольшее влияние на обрывность перерабатываемых продуктов и их качество.

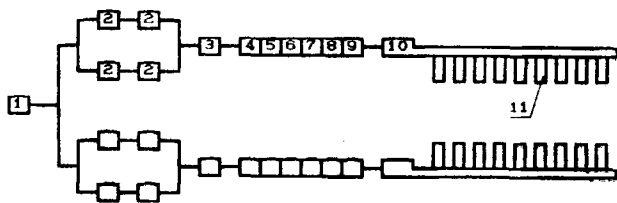


Рис. 1

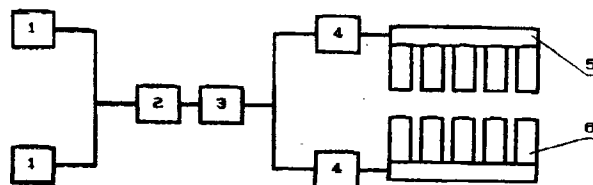


Рис. 2

В соответствии со схемами ПЛ на рис.1, 2, 3-6, 6, 7 из [1] и схемами, приведенными в данной статье на рис.1, 2, где рис.1 – схема поточной линии фирмы «Trutzschler»: 1– кипный рыхлитель BLENDOMAT BDT 019; 2– смесовая машина MPM; 3– осевой очиститель AFC; 4– конденсор LVS; 5– питающее устройство BE; 6– наклонный очиститель SRS 6; 7– устройство пылеотсоса с вентилятором MA/TV; 8– очиститель RSK; 9– конденсор LVSB и обеспыливающая машина DX; 10– вентилятор бесхолстового питания чесальных машин TV; 11– чесальные машины ДК-3; рис.2 – схема поточной линии для рыхления, очистки и смешивания хлопковых волокон фирмы «Fiber Controls»: 1 – автоматический кипорыхлитель SM-14; 2 – питатель-накопитель Big Binn 99;

3 – очистительная система; 4 – рыхлитель тонкий модели 310; 5 – пневмопривод; 6 – чесальная машина, согласно [2, 3], анализируем состав и расположение машин в вышеуказанных участковых ПЛ.

Для этого выполним следующее: объединим все основное оборудование этих ПЛ по общему технологическому признаку. Каждому виду машин присвоим балл, соответствующий их порядковому номеру в технологической цепочке рассматриваемой линии. При наличии в разных местах линии нескольких однотипных машин (например, наклонный и осевой очистители) этому виду оборудования присваивается средний балл. Считаем, что в состав очистительной системы (рис.2) входят обеспыливающая машина, обеспыливающее устройство и очиститель. При этом каждой

машине присваивается средний балл, равный баллу очистительной системы, делен-

ному на количество составляющих ее устройств.

Таблица 1

№ п/п	Тип оборудования	Количество баллов, присвоенное оборудованию						Общая сумма баллов	Средняя сумма баллов	
		согласно [1] по рис.				по рис.				
		1	2	3-6	6	7	1			2
1	Дозирующий бункер	-	-	-	2	-	-	-	2	0,29
2	Кипоразборщик	1	1	1	1	1	1	1	7	1,00
3	Конденсор	-	-	-	-	-	3	-	3	0,43
4	Обеспыливающая машина	-	-	-	-	6	9	1	16	2,29
5	Обеспыливающее устройство	-	-	-	-	-	7	1	8	1,14
6	Очиститель	-	2	4	4,5	3	6	1	20,5	2,93
7	Питатель	6	6	7	8	-	5	2	34	4,86
8	Пневматический распределитель	7	7	8	9	8	10	5	54	7,71
9	Разрыхлитель	3	3	-	6	4,5	-	4	20,5	2,93
10	Разрыхлитель-очиститель	2	-	-	-	-	-	-	2	0,29
11	Смеситель	4	5	2	3	2	2	-	18	2,57
12	Трепальная машина	5	4	6	7	7	-	-	29	4,14
13	Чесальная машина	8	8	9	10	9	11	6	61	8,71

Результаты ранжирования оборудования ПЛ приведены в табл.1. Отметим, что средняя сумма баллов определялась делением общей суммы баллов на число рассматриваемых линий.

На основании табл.1 составлена табл.2, в которой типы оборудования размещены в соответствии с возрастанием их балла.

При этом исключено оборудование, набравшее менее одного балла. Машины, имеющие равное количество баллов (очиститель и разрыхлитель), заменены оборудованием, совмещающим их технологические функции: разрыхлителем-очистителем.

Таблица 2

№ п/п	Тип оборудования	Средняя сумма баллов	№ п/п	Тип оборудования	Средняя сумма баллов
<b>Последовательность расстановки оборудования</b>					
<b>В первой поточной линии</b>			<b>Во второй поточной линии</b>		
1	Кипоразборщик	1,00	1	Кипоразборщик	1,00
2	Обеспыливающее устройство	1,14	2	Обеспыливающая система	1,72
3	Обеспыливающая машина	2,29	3	Смеситель	2,57
4	Смеситель	2,57	4	Разрыхлитель-очиститель	2,93
5	Разрыхлитель-очиститель	2,93	5	Питатель	4,50
6	Трепальная машина	4,14	6	Пневматический распределитель	7,71
7	Питатель	4,86	7	Чесальная машина	8,71
8	Пневматический распределитель	7,71			
9	Чесальная машина	8,71			
Итого:		35,35	Итого:		29,14
В расчете на один тип машины:		3,93	В расчете на один тип машины:		4,16

Объединив обеспыливающее устройство и обеспыливающую машину первого варианта ПЛ (табл.2) в обеспыливающую систему и присвоив ей средний балл, а также заменив трепальную машину питателем с присвоением ему среднего балла, получим второй вариант ПЛ. Отметим, что питатель должен также выполнять функцию трепания – очистку и дальнейшее разрыхление волокна. Этим требованиям соответствует питатель ВЕ фирмы «Trützschler» [4].

Результаты табл.2 позволяют выявить состав и расположение оборудования в ПЛ разрыхления, очистки и смешивания хлопкового волокна. Более предпочтительным является второй вариант ПЛ, так как в нем средний балл в расчете на один тип машины выше, чем в первом. Из табл.2 также следует, что за разрыхлением волокна должен происходить процесс его очистки. Обеспыливание волокна необходимо осуществлять сразу после его отбора из кипы, поскольку при стремлении отобрать клочок с минимально возможной массой (на существующем уровне развития техники) обеспылить его при дальнейшем разрыхлении будет еще сложнее.

Таким образом, с помощью анализа структуры существующих поточных линий выявлен метод определения рационального состава и расположения оборудования в реконструируемых и проектируемых поточных линиях. Очевидно, что при большем количестве статистического материала, подвергаемого обработке, рациональное решение будет приближаться к оптимальному. Разработанный метод также применим для выявления состава и расположения оборудования во всей технологической цепочке прядильного производства, включая робототехнические средства по обслуживанию машин поточной линии.

С целью определения числа разрыхляющих и очищающих машин в линии выявим необходимое количество  $t$  этапов деления клочков, которое обусловлено требованиями, предъявляемыми к клочку, по-

ступающему на вход чесальной машины, а также производительностью машин.

В исследованиях [5] показано, что волокна хлопка, прошедшие разрыхлительно-очистительный агрегат и имеющие массу менее 4 мг и скорость витания менее 0,4 м/с, влияют на снижение качества прочеса; при этом клочки шарообразной формы представляют наибольшую опасность в образовании узелков в прочесе. Волокнистый материал, перемещаемый по системе пневмотранспорта от трепальных машин к чесальным, рассортировывается по бункерам чесальных машин в зависимости от массы и скорости витания клочков хлопка, что в дальнейшем сказывается на качестве прочеса; количество узелков в прочесе увеличивается с уменьшением массы клочков.

Из изложенного выше следует, что к клочку хлопка, поступающему на чесальную машину, предъявляются следующие требования: его масса должна быть не менее 4мг, он не должен иметь шарообразную форму, клочки не должны иметь большого отклонения по массе.

Исходя из этих условий определим значение параметра  $t$ .

Считаем, что масса клочка, поступающего на чесальную машину, равна  $M_{чес}$ , а масса клочка, отбираемого из кипы кипоразборщиком,  $M_{кр}$ . При этом должно выполняться условие

$$M_{чес} \geq 4 \text{ мг} \quad (1)$$

В соответствии с [6] процесс разрыхления и очистки рассматриваем как последовательность взаимодействий клочков с рабочими органами машины; при каждом взаимодействии клочок может делиться на два клочка (деление на большее число клочков считается практически невероятным), при этом клочки могут уменьшить свою плотность за счет увеличения объема (разрыхляются и выделяются сорные при- меси).

Метод компьютерного моделирования, примененный в [6], показал, что его ре-

зультаты хорошо согласуются с теоретическими фактами в [7] о том, что при бесконечно большом числе этапов деления клочков их массы имеют устойчивое логарифмически нормальное распределение.

Согласно вышесказанному масса  $M_{\text{чес}}$  клочка, поступающего на чесальную машину, определяется по формуле

$$M_{\text{чес}} = M_{\text{кр}} \left[ 0,5 - \int_0^x f_0(x) dx \right], \quad (2)$$

где  $f_0(x)$  – плотность нормального распределения с одним переменным параметром  $x$ , равная [8]:

$$f_0(x) = sf(t), \quad (3)$$

где  $f(t)$  – плотность логарифмически нормального распределения, описываемая зависимостью

$$f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2s^2}}, \quad (4)$$

где  $\mu$  и  $s$  – параметры, оцениваемые по результатам испытаний;  $x$  – квантиль логарифмически нормального распределения, вычисляемая как

$$u_p = \frac{\ln t - \mu}{s}. \quad (5)$$

Запишем (1) в виде

$$4 \leq M_{\text{чес}} \leq 4 + \Delta M, \quad (6)$$

где  $\Delta M$  – максимальное отклонение по массе поступающих на вход чесальной машины клочков волокна, мг.

Из (2) имеем

$$\Phi(x) = \int_0^x f_0(x) dx = 0,5 - M_{\text{чес}}/M_{\text{кр}}. \quad (7)$$

Подставив в (7) значения  $M_{\text{кр}}$  и  $M_{\text{чес}}$ , вычислим  $\Phi(x)$ . Далее из [9] для значений функции  $\Phi(x)$  определим величину  $u_p$ . С учетом (5) найдем требуемое число этапов  $t$  деления клочков:

$$t = e^{su_p + \mu}. \quad (8)$$

## ВЫВОДЫ

1. На основе анализа структуры существующих поточных линий выявлен метод определения рационального состава и расположения оборудования в реконструируемых и проектируемых поточных линиях. При большем количестве статистического материала, подвергаемого обработке по данному методу, рациональное решение будет приближаться к оптимальному.

2. Определены требования, предъявляемые к клочку хлопка, поступающему на вход чесальной машины и выведена зависимость, определяющая требуемое число этапов деления клочков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров В.Г. Сокращенные системы прядения хлопка. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
2. Современное оборудование для разрыхления и очистки хлопкового волокна // ОИ. Хлопчатобумажная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1991, №12.
3. Автоматизированная поточная линия для рыхления, очистки и смешивания волокон фирмы "Fiber Controls" (США) // ЭИ. Оборудование для прядильного производства и производства химических волокон. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1983, вып.3. С.1...5.
4. Направления совершенствования технологии и оборудования для разрыхления кип, дозирования и смешивания хлопкового волокна // ОИ. Хлопчатобумажная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1991, №6.
5. Устинова Л.Ф., Куликова З.И. // Текстильная промышленность. – 1991, № 3. С.36...37.
6. Минаева Н.В., Севостьянов П.А. // Технология текстильной промышленности. – 1995, № 4. С.21...24.
7. Севостьянов Б.А. Случайные ветвящиеся процессы. – М.: Наука, 1971.
8. Решетов Д.Н. и др. Надежность машин: Учеб. пособие для машиностр. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1988.

УДК 687.051.4

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ И УПЛОТНЕНИЯ СТЕНКИ ЗАГОТОВКИ МАНЕКЕНА ОДЕЖДЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

И.И. КОМИССАРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

На элемент тонкостенной заготовки, расположенный на жесткой опорной внутренней поверхности мастер-формы, после достижения ротором центрифуги постоянной угловой скорости вращения  $\omega$  действует постоянная система сил [1]. При этом элемент “сырой” заготовки из клееного картона испытывает в направлении толщины стенки сжатие средним напряжением  $\sigma_0$  с одновременно протекающим во времени процессом отверждения поливинилацетатного клея-связующего.

Основной эффект центробежных сил элемента связан с образованием реактивного нормального давления на него со стороны мастер-формы, уплотняющего стенку заготовки и повышающего качество клеевого соединения, снижающего усадку и коробление материала.

Целью данной работы является аналитическое описание процесса ползучести и уплотнения стенки заготовки из клееного картона, а также разработка методики определения параметров соответствующих уравнений деформирования.

В качестве расчетной модели пакета для центрифугирования из двух одинаковых заготовок манекенов возьмем тонкостенный эллиптический цилиндр, контур основания которого характеризуется полуосями эллипса с размерами  $a$  и  $b$ .

Среднее нормальное напряжение, сжимающее элемент заготовки в направлении толщины  $h$  его стенки в период установившейся угловой скорости вращения  $\omega$  ротора центрифуги, равняется [1]:

$$\sigma_0 = 0,5Kx\sqrt{a^2 - x^2} / \left(1 + \frac{h}{2R_\psi}\right).$$

$$\sqrt{a^2 - (1 - C_0^2)x^2} = q_N / 2, \quad (1)$$

где  $q_N$  – реактивное нормальное давление на контактную поверхность заготовки со стороны жесткой мастер-формы;  $C_0 = b/a$ ;

$$K = \gamma h \omega^2 (1 - C_0^2) / g f.$$

Радиус кривизны эллипса

$$R_\psi = a^2 b^2 \sqrt{\left[ x^2 \left( \frac{1}{a^4} - \frac{1}{a^2 b^2} \right) + \frac{1}{b^2} \right]^3},$$

$$0 < x < a;$$

$\gamma$  и  $g$  – удельный вес материала и ускорение свободного падения.

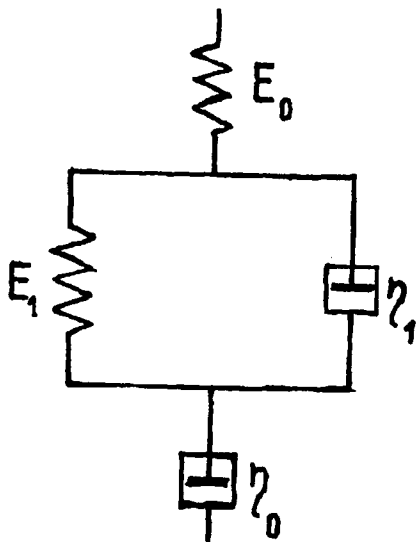


Рис. 1

Используя упрощенный закон линейного деформирования, соответствующий механической трехэлементной модели [2] и закон вязкого течения Ньютона, адекватный демпферу  $\eta_0$  для случая последовательного соединения трехэлементной модели и демпфера (рис. 1) при постоянном нормальном напряжении  $\sigma_0$ , получим следующее уравнение ползучести материала [3]:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{H} + \sigma_0 \left( \frac{1}{E_0} - \frac{1}{H} \right) e^{\frac{Ht}{E_0 n}} + \sigma_0 \frac{t}{\eta_0}, \quad (2)$$

где  $E_0$  и  $H$  – начальный (условно-мгновенный) и конечный (длительный) модули упругости;  $\eta_0$  – коэффициент истинного течения (вязкости);  $n$  – время релаксации.

В рассматриваемом деформационном процессе нагружение происходит не мгновенно. Вследствие этого использование уравнения (2) возможно лишь при учете деформаций в элементе заготовки, возникающих на стадии пуска центрифуги. Поскольку время  $t_1$  пуска почти на три по-

рядка меньше времени центрифугирования, можно допустить, что вязкоупругие деформации на стадии разгона ротора машины не развиваются. Вместе с тем закон вязкого течения (в (2) адекватный последний член) не соответствует физическому представлению ползучести отверждающегося во времени клея-связующего (полимера). Поэтому нелинейное в общем случае затухающее образование остаточных деформаций после наступления установившегося вращательного движения ротора центрифуги можно в первом приближении представить в форме кусочно-линейного закона. Иными словами, до некоторого момента времени  $t_*$  наблюдения ползучести изменение остаточных деформаций можно аппроксимировать наклонной прямой, а при  $t > t_*$  – постоянной величиной, равной

$$\varepsilon_{\text{ост}} = \sigma_0(t_* - t_1)/\eta_0.$$

За время  $t_*$  можно условно принять момент ползучести материала, при котором расхождение ординаты экстраполируемой по закону Ньютона прямой и экспериментальных значений остаточной деформации достигает 5%.

С учетом принятых допущений к материалу заготовки на стадии пуска центрифуги и характеру необратимого сжатия элемента ее в направлении толщины стенки для описания ползучести и образования остаточных деформаций при центрифугировании можно использовать следующие уравнения:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ост}}^* + \sigma_0 \left[ \frac{1}{H} + \left( \frac{1}{E_0} - \frac{1}{H} \right) e^{\frac{H(t-t_1)}{E_0 n}} + \frac{t-t_1}{\eta_0} \right], \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{\text{ост}}^*$  – остаточная относительная деформация, развившаяся в элементе заго-

товки за время пуска центрифуги;  
 $t_1 \leq t \leq t_*$ .

Для времени  $t > t_*$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ост}}^* + \sigma_0 \left[ \frac{1}{H} + \left( \frac{1}{E_0} - \frac{1}{H} \right) e^{-\frac{H(t-t_1)}{E_0 \eta_0}} + \frac{t_* - t_1}{\eta_0} \right]. \quad (4)$$

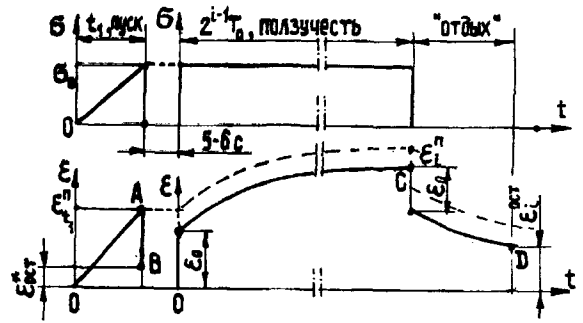


Рис. 2

Сумма первого и последнего членов в уравнениях (3) и (4) дает выражения для вычисления полных остаточных деформаций.

Определение параметров уравнения прогнозируемого процесса ползучести можно осуществить с помощью испытаний одноразовых образцов, применяя схему нагружения и регистрации деформаций в моменты времени, соответствующие точкам А, В, С и D, изображенную на рис. 2.

На первом этапе решения задачи при имитации разгона центрифуги допускаем, что скорость нагружения элемента (рис.2) постоянна. Принимая во внимание зату-

хающий характер нарастания запаздывающих деформаций образцов материала и время наблюдения, снятие отсчетов ползучести в  $i$ -м опыте целесообразно проводить в моменты времени, подчиняющиеся геометрической прогрессии  $2^{i-1} T_0$  (где  $T_0$  – время первого интервала наблюдения ползучести,  $i=1,2,3...N$ ).

Результаты каждой серии экспериментов, имитирующего приближенно разбег центрифуги, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номер опыта и образца, $i$	1	2	3	...	N	N+1	
A	$\varepsilon_{t_{1i}}$	$\varepsilon_{t_{11}}$	$\varepsilon_{t_{12}}$	$\varepsilon_{t_{13}}$	...	$\varepsilon_{t_{1N}}$	$\varepsilon_{t_{1,N+1}}$
B	$\varepsilon_{\text{ост}}^*$	$\varepsilon_1^*$	$\varepsilon_2^*$	$\varepsilon_3^*$	...	$\varepsilon_N^*$	$\varepsilon_{N+1}^*$
	$2^{i-1} T_0$	$T_0$	$2 T_0$	$4 T_0$	...	$2^{N-1} T_0$	$2^N T_0$
C	$\varepsilon_i$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_3$	...	$\varepsilon_N$	$\varepsilon_{N+1}$
D	$\varepsilon_{\text{ост}}^0$	$\varepsilon_1^0$	$\varepsilon_2^0$	$\varepsilon_3^0$	...	$\varepsilon_N^0$	$\varepsilon_{N+1}^0$

Время первого интервала  $T_0$  для снятия отсчета выбирается исходя из общего времени  $t_N$  непосредственного центрифугирования и четного числа  $N$  проведенных опытов:

$$T_0 = t_N / 2^{N-1}. \quad (5)$$

Согласно данным табл. 1 определим средние величины остаточной и условно-упругой деформации:

$$\bar{\varepsilon}_{\text{ост}}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^*, \quad (6)$$

$$\bar{\varepsilon}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_{t_{ii}} - \bar{\varepsilon}_{\text{ост}}^* \quad (7)$$

Параметры предложенных уравнений сжатия элемента заготовки одежды, адекватных периоду непосредственного центрифугирования в условиях постоянной системы сил, можно находить по различным методическим разработкам при использовании схемы прямой и обратной ползучести образцов (рис. 2).

### ВЫВОДЫ

Предложены приближенные уравнения, описывающие процессы ползучести

и образования необратимых остаточных деформаций элемента заготовки манекена в направлении толщины ее стенки в период центрифугирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Комиссаров И.И., Куликов Б.П.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998. №1. С. 67...70.
2. *Ржаницын А.Р.* Теория ползучести. – М., 1968. С. 16.
3. *Гольберг И.И.* Механическое поведение полимерных материалов. – М., 1970. С.55.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 27.11.00.



УДК 62-83:621.311

**УПРАВЛЕНИЕ КООРДИНАТАМИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
МЕХАНИЗМОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

*Б.С. КУРНЫШЕВ, С.П. ДАНИЛОВ*

(Ивановский государственный энергетический университет)

Вытеснение электроприводов постоянного тока регулируемыми приводами переменного тока на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АД) в текстильной промышленности преследует цель повышения надежности системы в целом при работе на механизмах со значительными механическими нагрузками за счет отсутствия изнашивающегося щеточно-коллекторного узла. Вместе с тем к характеристикам регулируемых асинхронных электроприводов (АЭП), используемых в данной отрасли, предъявляются сравнительно высокие требования [1], выполнение которых можно достичь, используя цифровые системы векторного управления частотно-регулируемыми АЭП.

Традиционные алгоритмы функционирования векторных систем [2] подразумевают выполнение системой управления математических операций над синусоидально изменяющимися величинами при большом числе координатных преобразований. Необходимость снижения взаимного влияния друг на друга каналов регулирования момента и потока двигателя обуславливает использование в таких системах дополнительных блоков развязки по этим каналам. Эти обстоятельства приводят к трудностям при цифровой реализации подобных систем управления, связанным с ограниченным быстродействием микропроцессорных систем. Проблема еще более усугубляется необходимостью идентификации не доступных для прямого измерения координат электропривода, информация о которых нужна для реализа-

ции классических алгоритмов векторного управления, что осуществляется за счет использования динамических моделей АД, имеющих достаточно сложную структуру.

В связи с тем, что разработка систем векторного управления, просто реализуемых на доступных микроконтроллерах, является актуальной задачей, нами рассмотрены некоторые вопросы, связанные с этой проблемой. Предлагаемая система управления имеет в своем составе датчик скорости и основана на принципе ориентации управления по вектору тока ротора. При разработке использовалась математическая модель АД, представленная в форме, максимально удобной для этой цели. Электромагнитные процессы в статоре рассматривались в системе ортогональных координат, ориентированной по вектору тока ротора, а в роторе представлялись в полярных координатах.

Исходное описание процесса электро-механического преобразования энергии в АД основано на допущениях из [3, с. 453], но в отличие от [3] исходная система уравнений была принята тензорной:

$$L_1 \frac{D\bar{\ell}_s}{dt} + L_m \frac{D\bar{\ell}_R}{dt} + R_1 \bar{\ell}_s = \bar{U}_s, \quad (1)$$

$$L_2 \frac{D\bar{\ell}_R}{dt} + L_m \frac{D\bar{\ell}_s}{dt} + R_2 \bar{\ell}_R = 0, \quad (2)$$

$$\bar{M}_{эм} = p_n L_m \bar{\ell}_s \bar{\ell}_R, \quad (3)$$

где  $\bar{l}_s, \bar{l}_R, \bar{U}_s$  – результирующие пространственные векторы токов статора, ротора и напряжения статора соответственно;  $D$  – оператор абсолютного дифференцирования;  $R_1$  и  $R_2$  – активные сопротивления обмоток статора и ротора;  $L_1$  и  $L_2$  – собственные индуктивности обмоток ста-

тора и ротора;  $L_m$  – индуктивность намагничивающего контура;  $\bar{M}_{эм}$  – вектор электромагнитного момента;  $p_n$  – число пар полюсов.

Путем преобразования (1...3) получена следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d\ell_A}{dt} = & \frac{1}{L_1^*} |\bar{U}_s| \cos(\theta + \gamma) - \frac{1}{L_m^*} \frac{|\bar{U}_s| \ell_B}{\ell_R} \sin(\theta + \gamma) + \left( \frac{L_1}{L_1^*} + \frac{L_m}{L_m^*} \right) p_n \Omega \ell_B + \\ & + \frac{L_1}{L_m^*} p_n \Omega \frac{\ell_A \ell_B}{\ell_R} + \frac{R_2}{L_m^*} \ell_R + \frac{R_1}{L_m^*} \frac{\ell_B^2}{\ell_R} - \frac{R_1}{L_m^*} \ell_A, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\ell_B}{dt} = & \left( \frac{1}{L_1^*} + \frac{1}{L_m^*} \frac{\ell_A}{\ell_R} \right) |\bar{U}_s| \sin(\theta + \gamma) - \frac{L_m}{L_1^*} p_n \Omega \ell_R - \left( \frac{L_1}{L_1^*} + \frac{L_m}{L_m^*} \right) p_n \Omega \ell_A - \\ & - \frac{L_1}{L_m^*} p_n \Omega \frac{\ell_A^2}{\ell_R} - \frac{R_1}{L_m^*} \frac{\ell_A \ell_B}{\ell_R} - \frac{R_1}{L_1^*} \ell_B, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{d\ell_R}{dt} = -\frac{1}{L_m^*} |\bar{U}_s| \cos(\theta + \gamma) - \frac{L_1}{L_m^*} p_n \Omega \ell_B + \frac{R_1}{L_m^*} \ell_A - \frac{R_2}{L_2^*} \ell_R, \quad (6)$$

$$\frac{d(\theta + \gamma)}{dt} = \frac{1}{L_m^* \ell_R} |\bar{U}_s| \sin(\theta + \gamma) + \Omega_0 - \frac{L_1}{L_1^*} p_n \Omega - \frac{L_1}{L_m^*} p_n \Omega \frac{\ell_A}{\ell_R} - \frac{R_1}{L_m^*} \frac{\ell_B}{\ell_R}, \quad (7)$$

$$M_{эм} = p_n L_m \ell_B \ell_R, \quad (8)$$

где  $\ell_A$  и  $\ell_B$  – компоненты вектора тока статора в системе координат А и В, ориентированной по вектору тока ротора;  $\ell_R$  – компонента вектора тока ротора в системе координат А и В, по абсолютной величине равная его модулю;  $\theta$  – угол между вектором тока статора и положительным направлением оси А;  $\gamma$  – угол между векторами тока и напряжения статора;  $\Omega$  – угловая скорость вращения вала привода;  $\Omega_0$  – угловая скорость вращения вектора на-

пряжения статора;  $L_1^*, L_2^*$  и  $L_m^*$  – переходные индуктивности статора, ротора и контура намагничивания:

$$L_1^* = \frac{L_1 L_2 - L_m^2}{L_2},$$

$$L_2^* = \frac{L_1 L_2 - L_m^2}{L_1},$$

$$L_m^* = \frac{L_1 L_2 - L_m^2}{L_m}.$$

Геометрический смысл переменных в (4...8) поясняет рис.1.

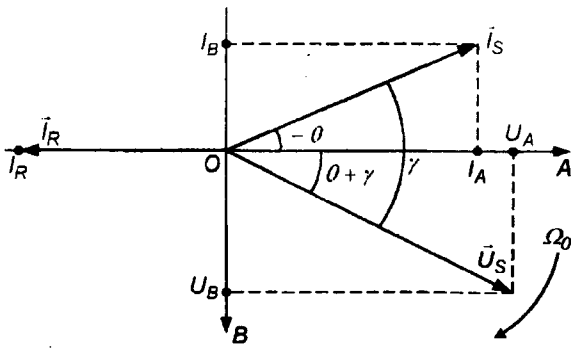


Рис. 1

Анализ (4...8) показывает, что, если формировать компоненты вектора напряжения статора как

$$U_A = |\bar{U}_s| \cos(\theta + \gamma) = R_1 l_A - L_1 p_{\Pi} \Omega l_B + U_y, \quad (9)$$

$$U_B = |\bar{U}_s| \sin(\theta + \gamma) = R_1 l_B + L_1 p_{\Pi} \Omega l_A + L_m p_{\Pi} \Omega l_R + R_2 \frac{l_R^2}{l_B} + R_2 \frac{L_1 l_A l_R}{L_m l_B}, \quad (10)$$

где  $U_y$  – управляющее воздействие, вырабатываемое системой управления, то будут справедливы следующие соотношения

$$l_A = -\frac{L_2}{L_m} l_R, \quad \frac{dl_B}{dt} \equiv 0, \quad (11)$$

$$\frac{dl_R}{dt} = -\frac{R_2}{L_2^*} - \frac{1}{L_m^*} U_y, \quad (12)$$

$$\omega_R = p_{\Pi} \Omega - \frac{R_2 l_R}{L_m^* l_B} - \frac{R_2 l_A}{L_2^* l_B}, \quad (13)$$

$$|\bar{l}_m| = \sqrt{|\bar{l}_s|^2 + |\bar{l}_R|^2 - 2(\bar{l}_s \bar{l}_R)} = \sqrt{l_B^2 + \left[ \left( 1 - \frac{L_2}{L_m} \right) l_R \right]^2}, \quad (14)$$

где  $\omega_R$  – скольжение вектора тока ротора относительно неподвижного статора;  $\bar{l}_m$  – вектор тока намагничивания.

Уравнения (11) и (12) показывают, что закон формирования вектора напряжения (9), (10) обеспечивает автоматическое поддержание на постоянном уровне потоковой составляющей тока статора. Активная составляющая тока статора и модуль вектора тока ротора связаны прямо пропорциональной зависимостью. Структура эквивалентного объекта регулирования при этом аналогична структуре двигателя постоянного тока с независимым возбуждением с компенсированной связью по ЭДС вращения. Воздействуя на величину  $U_y$ , получаем автономный канал прямого регулирования электромагнитного момента. Синтез регуляторов устройства управления предельно упрощается.

Из (11) и (13) следует, что частота тока в обмотке ротора пропорциональна модулю вектора тока ротора, а следовательно, и моменту двигателя, то есть появляется возможность контролировать степень вытеснения тока в стержнях беличьей клетки вследствие поверхностного эффекта (изменение параметра  $R_2$ ). В реальных АД  $L_2 \approx L_m$ , поэтому согласно (14) и (11) будет иметь место автоматическая стабилизация с достаточной степенью точности модуля вектора тока намагничивающего контура, так что насыщение магнитной системы АД не будет сказываться на характеристиках привода.

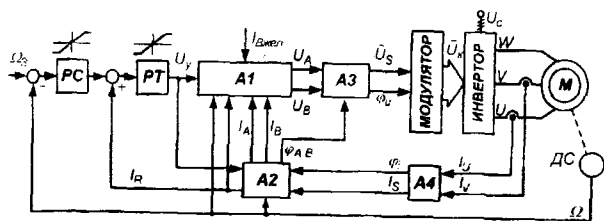


Рис. 2

На основе уравнений (9...13) разработана система векторного управления АД, функциональная схема которой представлена на рис.2. Система управления выполнена двухконтурной и содержит внешний контур регулирования скорости с регулятором РС, замкнутый по сигналу с датчика ДС, и внутренний, подчиненный контур регулирования тока ротора с регулятором РТ, замкнутый по сигналу с наблюдателя (блок А2). В наблюдателе по уравнению (12) вычисляется ток ротора. Угол поворота системы координат А, В  $\varphi_{A,B}$  определяется путем интегрирования (13) и служит для вычисления текущих значений моментной и потоковой составляющих вектора тока статора, для чего дополнительно

используется информация о модуле этого вектора  $I_s$  и об угле его поворота  $\varphi_i$ . Полярные координаты вектора тока статора определяются в блоке А4 по сигналам с датчиков тока, установленных в двух фазах U и V инвертора.

Блок А1 представляет собой формирователь закона управления и функционирует по уравнениям (9) и (10). На вход А1 дополнительно подается величина желаемого уровня стабилизации потоковой составляющей тока статора  $I_{Вжел}$ , необходимая для первоначальной подачи возбуждения на двигатель при включении электропривода. В блоке А3 осуществляется переход к полярному представлению задаваемого вектора напряжения статора. Модулятор реализует алгоритм пространственно-векторной модуляции [4] и генерирует вектор дискретных сигналов  $\bar{U}_K$  для управления ключами силового инвертора.

Модель разработанной структуры АЭП реализована в среде MATHCAD. При моделировании учитывалась только гладкая составляющая напряжения на выходе инвертора.

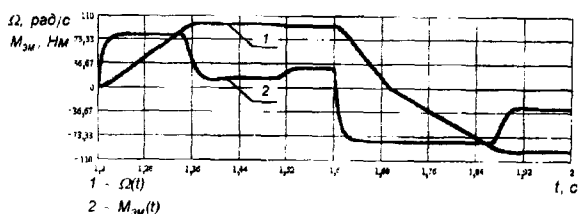


Рис. 3

Результаты расчета переходных процессов по скорости и моменту в приводе с пропорциональным регулятором скорости и пропорционально-интегральным регулятором тока ротора для двигателя 4А112МА6У3 мощностью 3 кВт при пуске, набросе момента статического сопротивления и реверсе приведены на рис.3. Максимальная величина сигнала задания по току ротора на выходе регулятора ско-

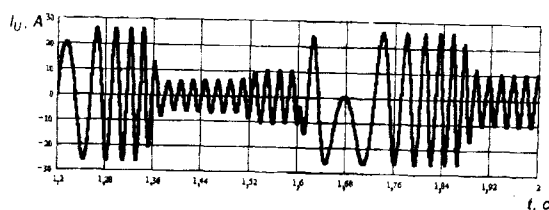


Рис. 4

рости ограничивается допустимым уровнем момента, уменьшая динамические нагрузки на валу машины. Для компенсации отклонения скорости от заданного значения при набросе (или сбросе) нагрузки в качестве регулятора скорости достаточно выбрать соответствующим образом настроенное пропорционально-интегральное звено. На рис. 4 изображена временная диаграмма тока U фазы инвертора.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан базовый вариант структуры системы векторного управления АЭП, оперирующей сигналами постоянного тока, с датчиком скорости, который позволяет косвенно оценивать не доступные для прямого измерения координаты (ток ротора) без значительных затрат машинного времени. Полученная структура может использоваться для построения цифровых АЭП, применяемых в установках текстильной промышленности.

2. На основе анализа результатов имитационных экспериментов можно сделать вывод, что разработанная система обеспечивает максимальное использование регу-

лировочных характеристик АД как объекта автоматического управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быстров А.М., Глазунов В.Ф. Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. Рудаков В.В., Столяров И.М., Дартау В.А. Асинхронные электроприводы с векторным управлением. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Основы автоматизированного электропривода / Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М., Шинянский А.В. – М.: Энергия, 1974.
4. Архангельский Н.Л., Чистосердов В.Л. // Электротехника. – 1994, №2.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 12.09.00.

УДК 677.023

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СНОВАЛЬНОЙ ПАКОВКИ И УПРАВЛЕНИЕ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЕМ

Ю.К. КУТЬИН, А.Ю. КУТЬИН, С.А. ВИНОКУРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Исследования в области стабилизации параметров сновальных паковок, формируемых на партионных машинах, выявили наиболее прогрессивный вариант управления наматыванием пряжи – активное воздействие укатывающим валом на тело намотки [1...4].

Для проектирования параметров намотки и управления укатывающим механизмом в процессе работы сновальной машины целесообразно использовать спираль Архимеда [2] как аппроксимирующую функцию, описывающую формирование некоторого ограниченного по толщине слоя намотки.

В этом случае скорость перемещения точки наматывания в радиальном направлении (координаты полярные)  $a_i$ , м/рад и плотность намотки  $\gamma_i$ , кг/м<sup>3</sup> в слое рас-

сматриваются как постоянные величины [5]:

$$a_i = \frac{\rho_i - \rho_{i-1}}{2\pi n_i} = \frac{\Delta\rho}{2\pi n_i} = \text{const},$$

$$\gamma_i = \frac{b}{2a_i} = \text{const}, \quad b = \frac{MT}{\pi H}, \quad (1)$$

где  $i=1, 2, \dots, \lambda$  – число участков аппроксимации (слоев);  $\rho_0$  – радиус ствола сновального вала, м;  $n_i$  – число оборотов паковки при наматывании  $i$ -го слоя;  $\Delta\rho$  – толщина слоя намотки, м;  $M$  – число снующихся нитей;  $T$  – линейная плотность нитей, кг/м;  $H$  – рассадка фланцев сновального вала, м.

Реально при формировании намотки ее послойная плотность с ростом количества оборотов снижается. Поэтому, чтобы сформировать всю паковку в целом, намотка разбивается на несколько равных по толщине участков, в каждом из которых поддерживаются постоянными плотность и скорость перемещения точки наматывания. Однако от слоя к слою плотность этих участков линейно снижают, а скорость перемещения точки наматывания соответственно (1) гиперболически увеличивают.

Итак, зададим исходные данные: длину снования нитей  $L$ , м; линейную плотность пряжи  $T$ , кг/м; число снующихся нитей  $M$ ; среднюю объемную плотность намотки  $\gamma_{\text{ср}}$ , кг/м<sup>3</sup>; величину  $\nu$ , отражающую в процентах различие между значением плотности  $\gamma_{\text{н}}$  начального слоя намотки и средней объемной плотности  $\gamma_{\text{ср}}$ . Также известны значения  $\rho_0$ ,  $N$  и величина  $g$  минимального дискретного отвода укатывающего вала, которую может обеспечить механизм принудительного перемещения укатывающего вала, м. Отвод укатывающего вала на величину  $g$  производится через определенное количество оборотов  $g_i$  по формулам из [5]:

$$\begin{aligned} g &= 2\pi g_i a_i, \\ a_i &= b/(2\gamma_i), \\ g_i &= r\gamma_i/(b\pi). \end{aligned} \quad (2)$$

Количество оборотов  $g_i$  подсчитывает управляющий блок механизма принудительного перемещения укатывающего вала с помощью датчика оборотов, установленного на сновальной машине, и меток, нанесенных в количестве  $\mu$  на пиноль сновальной машины. За один оборот сновального вала датчик выдает  $\mu$  импульсов.

С учетом этого последнее соотношение можно записать так:

$$g_i = K_{2i}/\mu = r\gamma_i/(b\pi), \quad (3)$$

$$K_{2i} = \mu r\gamma_i / (b\pi),$$

где  $K_{2i}$  – количество импульсов с датчика оборотов сновальной машины, через которое производится отвод укатывающего вала на величину  $g$ .

На основе исходных данных вычислим плотность  $\gamma_{\text{н}}$  первого слоя:

$$\gamma_{\text{н}} = 100 \gamma_{\text{ср}} / (100 - \nu) \quad (4)$$

и плотность  $\gamma_{\text{к}}$  последнего слоя намотки с учетом линейного характера ее изменения:

$$\gamma_{\text{ср}} = (\gamma_{\text{н}} + \gamma_{\text{к}})/2, \quad (5)$$

$$\gamma_{\text{к}} = 2\gamma_{\text{ср}} - \gamma_{\text{н}}.$$

Значения  $\gamma_{\text{н}}$  и  $\gamma_{\text{к}}$  определяют количество импульсов  $K_2^{\text{Д}}$  и  $K_{2\text{к}}^{\text{Д}}$  в первом и последнем слое намотки с датчика оборотов сновальной машины, через которое следует отводить укатывающий вал на величину  $g$ :

$$K_2^{\text{Д}} = \mu r\gamma_{\text{н}} / (b\pi), \quad (6)$$

$$K_{2\text{к}}^{\text{Д}} = \mu r(2\gamma_{\text{ср}} - \gamma_{\text{н}}) / (b\pi).$$

Значения  $K_2^{\text{Д}}$  и  $K_{2\text{к}}^{\text{Д}}$  дробными быть не могут, поэтому их округляют до целых  $K_2$  и  $K_{2\text{к}}$ , а затем пересчитывают  $\gamma_{\text{н}}$  и  $\gamma_{\text{ср}}$ :

$$\gamma_{\text{н}}^{\text{н}} = K_2 b\pi / (\mu r), \quad (7)$$

$$\gamma_{\text{ср}}^{\text{н}} = \gamma_{\text{н}}^{\text{н}} (100 - \nu) / 100.$$

Количество слоев намотки или участков аппроксимации, для которых значения  $a_i$  и  $\gamma_i$  поддерживаются постоянными, определяется, очевидно, разностью между  $K_2$  и  $K_{2к}$ , а также величиной  $W$ , на которую дискретно начиная со второго участка уменьшается  $K_2$  при переходе от одного слоя к другому:

$$\lambda = (K_2 - K_{2к}) / W + 1. \quad (8)$$

Используя (6) и (7), последнее выражение представим в виде

$$\begin{aligned} \lambda &= 2\mu r(\gamma_n^n - \gamma_{сп}^n) / (b\pi W) + 1 = \\ &= 2(\gamma_n^n - \gamma_{сп}^n) / \varepsilon + 1, \end{aligned} \quad (9)$$

$$L = \frac{\pi H}{MT} \sum_{i=1}^{\lambda} \gamma_i \Delta \varrho (2\varrho_i - \Delta \varrho) = \frac{\pi H \Delta \varrho}{MT} \sum_{i=1}^{\lambda} \gamma_i [2(\varrho_0 + i\Delta \varrho) - \Delta \varrho]. \quad (11)$$

После преобразований имеем

$$L = \frac{2\rho_0 \pi H \Delta \rho}{MT} \sum_{i=1}^{\lambda} \gamma_i + \frac{\pi H \Delta \varrho^2}{MT} \sum_{i=1}^{\lambda} (2i-1) \gamma_i. \quad (12)$$

Начиная с  $\gamma_n^n$  плотность каждого очередного участка уменьшается на величину

$\varepsilon$ , следовательно, формулу (12) можно преобразовать:

$$L = \frac{2\rho_0 \Delta \rho}{b} \sum_{i=1}^{\lambda} [\gamma_n^n - (i-1)\varepsilon] + \frac{\Delta \rho^2}{b} \sum_{i=1}^{\lambda} (2i-1) [\gamma_n^n - (i-1)\varepsilon]. \quad (13)$$

Обозначив  $c_1 = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^{\lambda} (2i-1) [\gamma_n^n - (i-1)\varepsilon]$ ,

а  $c_2 = \frac{2\rho_0}{b} \sum_{i=1}^{\lambda} [\gamma_n^n - (i-1)\varepsilon]$  и решив соответствующее уравнение, определим толщину участка аппроксимации:

$$\Delta \rho = \left( -c_2 + \sqrt{c_2^2 + 4c_1 L} \right) / (2c_1). \quad (14)$$

где  $\varepsilon = b \pi W / (\mu r)$  имеет смысл некоторой величины плотности, на которую начиная с  $\gamma_n^n$  уменьшается плотность каждого очередного участка аппроксимации.

После вычисления количества участков аппроксимации определим их толщину  $\Delta \rho$  и конечный радиус намотки  $\rho_k$ , для чего используем известную формулу:

$$L = \frac{\pi H}{MT} \sum_{i=1}^{\lambda} \gamma_i (\rho_i^2 - \rho_{i-1}^2). \quad (10)$$

С учетом того, что толщина участков одинаковая,  $\rho_i - \rho_{i-1} = \Delta \rho$ , последнее соотношение запишем иначе:

Информация о толщине участка аппроксимации позволяет вычислить количество отводов  $K_3^D$ , приходящееся на один участок аппроксимации:

$$K_3^D = \Delta \rho / r. \quad (15)$$

Значение  $K_3^D$  дробным быть не может, поэтому округлим его, оставив только целую часть числа  $K_3$ . Затем рассчитаем радиус намотки с учетом толщины всех  $\lambda$  слоев:

$$\rho_c = K_3 \lambda r + \rho_0 \quad (16)$$

$$L_c = \frac{\pi K_3}{\mu} \sum_{i=1}^{\lambda} \{ [K_2 - W(i-1)] [K_3(i-1)r + \rho_0 + K_3 i r + \rho_0] \}, \quad (18)$$

$$L_c = \frac{\pi K_3}{\mu} \sum_{i=1}^{\lambda} \{ [K_2 - W(i-1)] [2\rho_0 + K_3 r(2i-1)] \}. \quad (19)$$

Величина  $L_c$  используется для расчета конечного радиуса намотки  $\rho_k$ :

$$L = L_c + \frac{\pi(\rho_k - \rho_c)(K_2 - W\lambda)}{r \mu} (\rho_k + \rho_c).$$

$$K_1^D = \frac{K_3}{\mu} \sum_{i=0}^{\lambda-1} (K_2 - iW) + \left( \frac{\rho_k - \rho_c}{r} \right) \left( \frac{K_2 - \lambda W}{\mu} \right). \quad (21)$$

Значение  $K_1^D$  округляется до целого  $K_1$ .

Осуществив проектирование основных параметров намотки, в память управляющего блока укатывающего механизма записывают значения коэффициентов  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ . При работе сновальной машины управляющий блок считывает импульсы с датчика оборотов и при равенстве их коэффициенту  $K_2$  выдает команду исполнительному устройству для принудительного отвода укатывающего вала на величину  $r$ .

После этого начинается новый цикл подсчета импульсов с датчика оборотов и

и длину нитей при наматывании  $\lambda$  слоев [5]:

$$L_c = \sum_{i=1}^{\lambda} \left[ \pi \frac{K_3 K_{2i}}{\mu} (\rho_{i-1} + \rho_i) \right], \quad (17)$$

или

$$\rho_k = \sqrt{\frac{(L - L_c)\mu r}{\pi(K_2 - W\lambda)}} + \rho_c^2. \quad (20)$$

Вычислив радиус намотки, рассчитаем конечное число оборотов сновального вала, при достижении которого радиус паковки станет равным  $\rho_k$ :

процесс повторяется. Одновременно управляющий блок считывает количество отводов укатывающего вала. При их равенстве расчетной величине  $K_3$  коэффициент  $K_2$  уменьшается на величину  $W$ , что свидетельствует о переходе к следующему участку аппроксимации, когда сновальная машина будет формировать слой с плотностью  $\gamma_n^n - \varepsilon$ . Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока фактическое количество оборотов не станет равным расчетному  $K_1$ . При их равенстве управляющий блок выдает команду на останов сновальной машины.



Полученная методика расчета параметров паковки и алгоритм управления прошли проверку в приготовительных производствах ООО "Тезинка" и ЗАО "Истомкинская прядильно-ткацкая фабрика" и используются при воспроизводстве паковок, предназначенных для технологии малоотходного формирования ткацкого навоя. Эффективность воспроизводства сновальных паковок с тождественными характеристиками подтверждена исследованиями, проведенными на модернизированных стойках шлихтовальных машин, где все паковки разматываются с равными значениями угловой скорости. При этом выравнивается вытяжка основы со всех валов и практически полностью ликвидируются отходы мягкой пряжи при доработке шлихтовальной партии.

Экономический эффект от резкого снижения отходов мягкой пряжи зависит от вида пряжи, длины снования и количества валов в партии (например, для хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 18,5 текс, длиной снования 21000 м и 5 валов в партии он составляет 3940 долларов США в год [4]).

## ВЫВОДЫ

Разработаны методика расчета и алгоритм управления формированием парамет-

ров партионных сновальных паковок. Их применение в условиях реального производства при формировании паковок из пряжи любого ассортимента на модернизированных сновальных машинах позволяет воспроизводить сновальные паковки с тождественными характеристиками: с одинаковым количеством оборотов, совершенных сновальным валом каждой из паковок, с равными текущими и конечными радиусами намотки, с одинаковыми значениями ее плотности и длины намотанных нитей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кутьин А.Ю. Малоотходная технология формирования ткацкого навоя на основе получения идентичных сновальных паковок : Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, ИГТА, 1997.
2. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К., Паникратов С.К. // Текстильная промышленность. – 1996, №3. С.25 ... 27.
3. Кутьин Ю.К. и др. // Текстильная промышленность. – 1998, № 4. С.35 ... 36.
4. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К. // Текстильная промышленность. – 1999, № 11. С. 29...31.
5. Кутьин Ю.К. и др. // Текстильная промышленность. – 1988, №4. С.41...43.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 01.11.00.

УДК 677.027.62:658.562

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ СТЕПЕНИ ПРОПИТКИ ТКАНЕЙ**

*М.Н. ГЕРАСИМОВ, О.Н. МАХОВ, С.В. ЛОГИНОВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Анализ большого числа исследований процесса пропитки волокнистых материалов показал, что ни одна из приводимых в этих работах теоретических зависимостей не позволяет описать кинетику заполнения жидкостью их капиллярно-пористой структуры. Это связано с тем, что указанный процесс не может быть описан только закономерностями явления капиллярного впитывания, основное внимание изучению которого уделялось в этих работах.

Отсутствие кинетических зависимостей процесса пропитки волокнистых материалов, к которым относятся и ткани, создает значительные трудности при выборе эффективных режимов их жидкостной обработки, а также при выборе оптимальных конструктивных и расчетных энергетических характеристик технологического оборудования пропитки тканей.

Получение аналитических зависимостей для расчета кинетики пропитки текстильных полотен напрямую зависит от объективности применяемого в экспериментальных исследованиях показателя степени их пропитки. В [1] на основании критического анализа известных методов оценки степени пропитки волокнистых систем обоснована и разработана методика определения такого показателя для суровых хлопчатобумажных тканей. Показатель  $\delta_{пр}$  степени пропитки определен как отношение влагосодержания материала  $u_{св}$  после пропитки и центрифугирования к максимально возможному влагосодержанию  $u_{св}^{max}$  того же материала, пропитан-

ного с его предварительным вакуумированием и последующим центрифугированием:

$$\delta_{пр} = \frac{u_{св} - u_{равн}}{u_{св}^{max} - u_{равн}}, \quad (1)$$

где  $u_{равн}$  – равновесное влагосодержание материала до пропитки.

В настоящей статье приводятся результаты апробации данной методики с целью статистической оценки достоверности получаемых результатов и подтверждения возможности ее использования для исследования кинетики процесса пропитки не только тканей с плохой смачиваемостью, но и для тканей с высокими показателями капиллярности.

Предварительными опытами установлены оптимальные параметры центрифугирования: фактор разделения центрифуги  $F = \omega^2 R / g = 4400$  ( $\omega$  – угловая скорость вращения центрифуги, рад/с;  $R$  – радиус ротора, м); время центрифугирования 1 мин. Влагосодержание образцов ткани определялось по ГОСТу 3816–81.

Экспериментальные результаты, полученные с использованием приведенной выше методики и подвергнутые статистической обработке, приведены в табл. 1...4, содержащих по две выборки параллельных опытов, каждая объемом  $k=5$ . В каждой выборке содержатся экспериментальные значения остаточного  $u_{св}$  влагосодержания тканей после соответствующего режи-

ма их пропитки и центрифугирования. Выборки отличаются или одним из параметров процесса пропитки конкретного вида

ткани, или одним из показателей физико-механических характеристик тканей, пропитываемых при прочих равных условиях.

Таблица 1

Время пропитки	$u_{св}$					$\bar{u}_{св}$	s	$\delta_{пр}$	p
3 с	0,346	0,341	0,348	0,339	0,351	0,345	0,004	0,795	<0,001
5 с	0,376	0,378	0,385	0,381	0,380	0,380	0,003	0,889	xxxx

Примечание. Пропитка в воде при  $t_{ж}=60^{\circ}\text{C}$  суровой ткани саржа арт. 3217 (капиллярность 0 мм/ч).

Таблица 2

Время пропитки	$u_{св}$					$\bar{u}_{св}$	s	$\delta_{пр}$	p
3 с	0,337	0,290	0,304	0,344	0,331	0,321	0,021	0,783	<0,02
6 с	0,361	0,350	0,363	0,385	0,384	0,368	0,015	0,919	xx

Примечание. Пропитка в воде при  $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$  отваренной ткани бязь арт. 157 (капиллярность 64 мм/ч).

Таблица 3

Температура воды, $^{\circ}\text{C}$	$u_{св}$					$\bar{u}_{св}$	s	$\delta_{пр}$	p
20	0,378	0,374	0,378	0,369	0,375	0,374	0,004	0,661	<0,01
30	0,389	0,391	0,394	0,388	0,397	0,391	0,004	0,696	xxx

Примечание. Пропитка в воде в течение 2 с отбеленной ткани бязь арт. 262 (капиллярность 140 мм/ч).

Таблица 4

Вид ткани	$u_{св}$					$\bar{u}_{св}$	s	$\delta_{пр}$	p
1	0,466	0,438	0,467	0,486	0,477	0,467	0,018	0,846	<0,001
2	0,337	0,290	0,304	0,344	0,330	0,329	0,021	0,783	xxxx

Примечание. Пропитка в воде в течение 3 с при  $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$ ;

1 – бязь арт. 262 (капиллярность 140 мм/ч),

2 – бязь арт. 157 (капиллярность 64 мм/ч).

Необходимым условием применения методов статистической обработки является воспроизводимость опытных данных, оцениваемая соотношением  $G_T \geq G_p$ , где  $G_T$  – значение критерия Кохрена – табличная величина, соответствующая доверительной вероятности  $P=0,95$ , с которой принимается гипотеза о воспроизводимости опыта;  $G_p$  – величина, получаемая расчетным путем по формуле

$$G_p = \frac{\max s_j^2}{\sum_{j=1}^N s_j^2}, \quad (2)$$

где  $N$  – количество опытных серий;  $s_j^2$  – оценка эмпирической дисперсии для каждой серии параллельных опытов.

Обработка данных табл. 1...4 с использованием зависимости (2) дала значение  $G_p=0,295$ . Значение табличного критерия Кохрена, определенного по [2] для степени свободы  $f=(k-1)=4$ , составило  $G_T=0,391$ , то есть имеет место соотношение  $G_T \geq G_p$ . Это свидетельствует о том, что при использовании принятой методики и ее аппаратного оформления выполняется условие воспроизводимости эксперимента и обеспечивается возможность статистической обработки полученных экспериментальных данных методами описательной параметрической статистики с применением критерия Стьюдента.

Достоверность различий между выборками оценена показателем вероятности  $p$ :

$$p(m \leq d_0) = \sum_{m=2}^{m=d_0} h(m), \quad (3)$$

где  $h(m)$  – функция, выражающая вероятность того, что сравниваемые выборки принадлежат к одной генеральной совокупности;  $m$  – серии значений выборок.

Расчет значений эмпирического среднего квадратического отклонения  $s$  в выборке, вероятности  $p$  достоверности различия среднего арифметического выборки и его доверительного интервала  $\Delta$  проводился с применением пакета прикладных программ Statistica 5.0 for Windows 95. За уровень значимости принято  $\beta = 0,05$ . При  $p \geq \beta$  сравниваемые выборки относятся к одной генеральной совокупности; при  $p \leq \beta$  сравниваемые выборки относятся к разным генеральным совокупностям и их средние значения  $\bar{u}_{св}$  достоверно отражают количественные различия в степени пропитки  $\delta_{пр}$  ткани.

Как видно из результатов табл. 1...4, использованная методика позволяет выявить количественные отличия степени пропитки тканей даже при незначительных различиях во времени их пребывания в жидкости (табл. 1 и 2), в температуре пропитывающей жидкости (табл. 3), а также при различиях в показателе капиллярности текстильного полотна (табл. 4).

Таблица 5

Температура воды, °С	$\max u_{св}$					$\bar{u}_{св}$	$s$	$\Delta u_{св}$	$p$
40	0,421	0,423	0,419	0,426	0,424	0,423	0,003	$\pm 0,001$	<0.2
95	0,419	0,421	0,417	0,420	0,421	0,420	0,002	$\pm 0,001$	

Примечание. Пропитка в воде в течение 10 с суровой ткани саржа арт. 3217 с предварительным ее вакуумированием ( $p_{вак} = 100\%$ ).

Температура воды, °С	$u_{св}^{max}$					$\bar{u}_{св}^{max}$	s	$\Delta u_{св}^{max}$	p
	0.537	0.541	0.542	0.536	0.543				
40	0.537	0.541	0.542	0.536	0.543	0.540	0.003	$\pm 0,001$	<0.5
60	0.545	0.538	0.541	0.544	0.543	0.542	0.003	$\pm 0,001$	

Примечание. Пропитка в течение 10 с отбеленной ткани бязь арт. 262 с предварительным ее вакуумированием ( $p_{в\text{ак}} = 100\%$ ).

В то же время анализ результатов табл. 5 и 6 свидетельствует, что значения  $u_{св}^{max}$ , определенные при пропитке суровой и отбеленной тканей с их предварительным вакуумированием, но при различных температурах жидкости, относятся к одной генеральной совокупности и их усредненные значения  $\bar{u}_{св}^{max}$  могут характеризовать максимальную степень заполнения капиллярно-пористой структуры ткани.

### ВЫВОДЫ

1. Предлагаемая методика определения показателя степени пропитки тканей обеспечивает выполнение условия воспроизводимости экспериментальных данных и позволяет с ее помощью проводить изучение закономерностей кинетики пропитки с учетом параметров данного процесса и физико-механических характеристик тканей.

2. Данную методику можно использовать и для установления зависимости меж-

ду степенью пропитки и величиной достигнутого технологического эффекта при проведении различных видов химической отделки тканей, а также при исследовании влияния предшествующих видов обработки текстильного материала на процесс его последующей пропитки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов М.Н., Козлов В.В. К вопросу об оценке качества пропитки текстильных материалов // В сб.: Вопросы новой технологии в отделке хлопчатобумажных тканей. – М. ЦНИИТЭИлегпром, 1979. С. 57...65.

2. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1975.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 29.11.00

УДК 621.928.95

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СУШКИ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ В АППАРАТАХ ВЗП

В.А. УГЛОВ, М.Б. САЖИНА, А.П. БУЛЕКОВ

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Известно [1, 2], что при определенных условиях в аппаратах со встречными закрученными потоками взаимодействующими

фаз (аппараты ВЗП) образуется устойчивое вращающееся кольцо из дисперсных частиц обрабатываемого в них

материала. Указанный гидродинамический режим представляет особый интерес при использовании аппаратов ВЗП в качестве сушилок для дисперсных материалов, поскольку способствует увеличению времени пребывания материала в аппарате, существенно расширяя тем самым ассортимент дисперсных материалов, которые можно подвергнуть сушке.

Практическая реализация режима вращения кольца дисперсного материала в аппарате ВЗП связана с разработкой его математического описания, позволяющего определить необходимые режимно-конструктивные параметры этого процесса. Исследование и получение такой модели и явились целями данного исследования.

На первом этапе были выявлены условия, обеспечивающие образование вращающегося кольца обрабатываемых в аппарате ВЗП дисперсных частиц. При этом взаимодействующие газовые потоки рас-

сматривались как самостоятельные фазы, разделенные проницаемой цилиндрической поверхностью по всей рабочей зоне аппарата. Характерным размером этой поверхности в цилиндрической системе координат служила радиальная координата этой поверхности  $r_*$ .

В качестве численной оценки этого параметра в работе принято значение  $r_* = 0,63R$ , где  $R$  – характерный размер рабочей зоны. Указанная оценка основана на результатах исследований из [3]. Интенсивность перетока вторичного газового потока в центральный аппроксимировалась случайной величиной с равномерной плотностью распределения по осевой координате.

В условиях перечисленных выше допущений с помощью принципа суперпозиции скоростей газовой фазы получено уравнение для определения поля ее осевых скоростей:

$$V_z = \frac{1}{\pi(R^2 - r_k^2)} \left\{ L_1 \left[ 1 - \left( \frac{\operatorname{artg} \frac{r_k}{z}}{\operatorname{arctg} \frac{r_k}{z_0}} \right)^{k+1} \right] - \frac{L_2(z^2 + 2Hz)}{H^2} \right\}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус аппарата;  $r_k$  – радиус кольца;  $L_1$  и  $L_2$  – расходы газа по каналам;  $H$  – высота рабочей зоны аппарата;  $k$  – параметр, характеризующий интенсивность распределения первичного газового потока в рабочей зоне аппарата.

Уравнение (1) позволяет определить осевую координату  $z_0$ , соответствующую нижней границе вращающегося кольца дисперсных частиц. Она находится из условия равенства осевой скорости несущей фазы и скорости витания дисперсных частиц:

$$V_B = V_z. \quad (2)$$

Для оценки скорости витания дисперсных частиц нами использовалось критериальное уравнение [4]:

$$\operatorname{Re}_B = \frac{\operatorname{Ar}}{18 + 0,61\sqrt{\operatorname{Ar}}}, \quad (3)$$

где  $\operatorname{Re}$  и  $\operatorname{Ar}$  – критерии Рейнольдса и Архимеда.

Таким образом, совместное решение уравнений (1...3) позволяет определить координату  $z_0$  нижней границы вращающегося кольца дисперсных частиц в аппарате ВЗП. Параметры, характеризующие объем этого кольца, его порозность, среднее время пребывания частиц в нем, удерж-

живающую способность, определяемую на основе гидродинамических исследований из [3, 5]. Указанные характеристики играют определяющую роль при выборе режима сушки конкретного материала.

Статистическая обработка результатов как качественных (на основе визуальных наблюдений), так и количественных (с помощью аэродинамических датчиков и приборов) опытов позволила получить необходимые количественные оценки основных характеристик вращающегося кольца дисперсных частиц в аппарате ВЗП.

Выделим три формы, в которых реализуется режим вращающегося кольца. При соотношении расходов газа по каналам  $(L_2/L_1) = 0,1 + 0,5$  четкой верхней границы кольца не наблюдается. Увеличение соотношения расходов влечет за собой фиксацию верхней границы кольца с одновременным увеличением его высоты. Дальнейший рост безразмерного отношения  $(L_2/L_1)$  приводит к пульсациям слоя дисперсного материала во вращающемся кольце.

Удерживающая способность вращающегося кольца зависит как от соотношения расходов газовых потоков по каналам, так и от физико-химических свойств обрабатываемого материала. Для волокнообразующих полимеров группы ПВХ максимум удерживающей способности кольца приходится на соотношение расходов  $(L_2/L_1) = 0,7 + 1,2$  в зависимости от марки и технологии получения полимера.

В среднем ширина вращающегося кольца составляет около 4 мм, причем внешняя поверхность кольца находится на расстоянии 1..2 мм от стенки аппарата.

Порозность слоя дисперсных частиц во вращающемся кольце зависит от соотношения расходов газа по каналам и характеристик обрабатываемого материала. Для моделей аппаратов ВЗП диаметром 100...200 мм она составляет 0,65...0,9. Оценка параметра  $K$  разработанной математической модели на основании проведенных исследований может быть принята равной 0,8.

Представленные выше оценки параметров вращающегося кольца дисперсных

частиц получены для волокнообразующих полимеров с капиллярно-пористой структурой близкой к ПВХ. Для других материалов они подлежат уточнению в зависимости от принадлежности обрабатываемого материала к той или иной группе материалов как объектов сушки [1].

Неотъемлемой частью математической модели процесса сушки являются уравнения, описывающие кинетику этого процесса. Для их получения применительно к исследуемому процессу нами использовалось обобщенное уравнение массопередачи [6]. На его основе получено расчетное соотношение для определения времени сушки, необходимого для достижения требуемой влажности готового продукта, которое можно представить в виде

$$\tau = \frac{d \rho r (A - B)}{24 \alpha (t - \theta)} \ln \frac{(u_H - B)(A - u)}{(A - u_H)(u - B)}, \quad (4)$$

где  $d$  – характерный размер частиц дисперсного материала;  $\rho$  – плотность частиц;  $r$  – теплота парообразования;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от сушильного агента к частицам материала;  $t$  – температура сушильного агента;  $\theta$  – температура мокрого термометра;  $u_H, u$  – соответственно начальное и текущее влагосодержание частиц;  $A, B$  – асимптотические равновесные влагосодержания частиц материала.

Методика определения асимптотических равновесных влагосодержаний  $A$  и  $B$ , входящих в расчетное уравнение (4), известна [5].

Совокупность уравнений (1...4) позволяет прежде всего оценить возможность обработки дисперсного материала в режиме вращающегося кольца. Для этого необходимое (определяемое кинетическим уравнением (4)) время сушки должно соответствовать среднему времени пребывания материала во вращающемся кольце дисперсных частиц. В случае соответствия этих характеристик режимные параметры процесса сушки, обеспечивающие заданную производительность, определяются уравнениями (1...3).

## ВЫВОДЫ

1. Предложена математическая модель процесса сушки волокнообразующих полимеров, позволяющая определить необходимые и достаточные условия его реализации в режиме вращающегося кольца дисперсных частиц в аппаратах ВЗП.

2. Получены необходимые оценки параметров разработанной модели, необходимые для расчета режимно-конструктивных параметров процесса сушки дисперсных материалов в режиме вращающегося кольца.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Сажин Б.С.* Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984.
2. *Сажин Б.С., Сажин В.Б.* Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.
3. *Сажин Б.С., Гудим Л.И.* Вихревые пылеуловители. – М.: Химия, 1995.
4. Расчет аппаратов кипящего слоя / Под ред. И.П. Мухленова. – М.: Химия, 1987.
5. *Гудим Л.И., Сажин Б.С.* // Химическая промышленность. – 1987, № 4.
6. *Сажин Б.С., Реутский В.А.* Сушка и промывка текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1990.

Рекомендована кафедрой материаловедения.  
Поступила 01.12.00.



УДК 677.051.25

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
БУНКЕРНЫМ ПИТАНИЕМ КАРДОЧЕСАЛЬНЫХ МАШИН**

*А.Б.КОЗЛОВ, В.П.СЕВОСТЬЯНОВ*

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

В настоящее время бесхолстовое питание кардочесальных машин в прядении хлопка и его смесей с химическими волокнами является наиболее распространенным способом подачи волокнистого материала (ВМ) на чесальные машины [1, 2]. Эти устройства не могут работать без включения в их состав систем автоматического управления подачей ВМ в бункеры из транспортирующего трубопровода, уровнем заполнения бункеров ВМ, скоростью

выпуска ВМ из бункера на вход чесальной машины, давлением воздуха над слоем ВМ в бункерах. Известны несколько схем распределения ВМ по бункерам, например, система с возвратом излишка ВМ в замкнутую магистраль, тупиковая система со сбросом остатка ВМ в последний бункер, тупиковая система с клапанным управлением подачей ВМ в каждый из бункеров (рис.1).

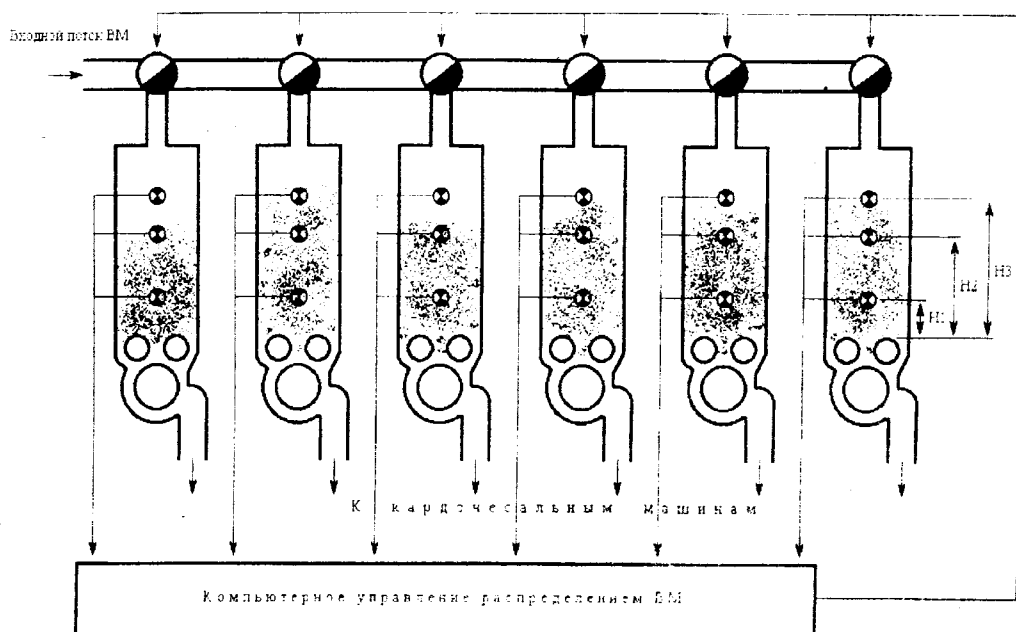


Рис. 1

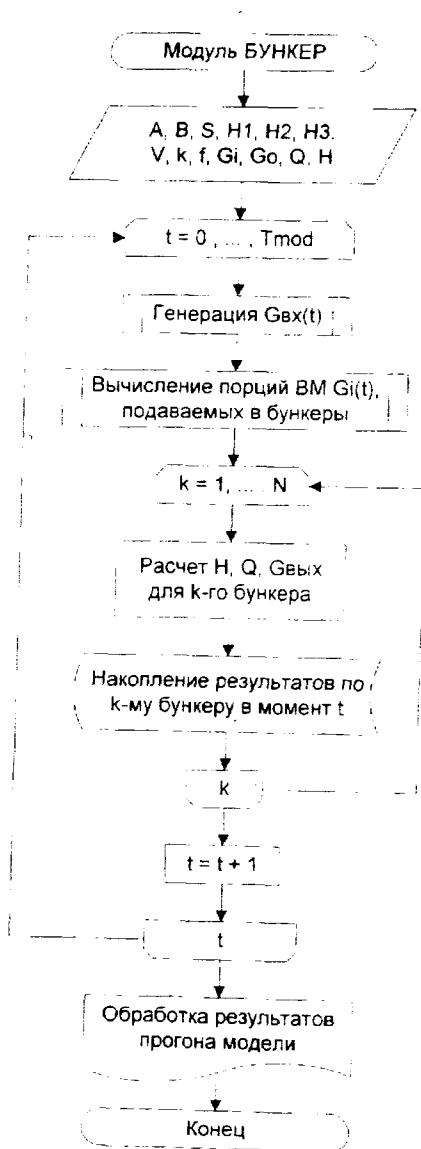


Рис. 2

Для проектирования оптимальных систем бесхолстового питания с учетом перечисленных особенностей была создана математическая компьютерная модель системы, включая и систему автоматического управления (КМ\_САУБП), позволяющая достаточно детально имитировать ее работу и комплексно исследовать совместную работу всех ее частей. Модель включает 1 – имитатор входного потока ВМ, построенный с использованием генератора случайной временной последовательности значений для линейной плотности модели; 2 – модель, реализующую выбранный алгоритм распределения (подачи) ВМ в каждый из бункерных питателей и 3 – модели бункерных питателей (рис.2).

В качестве модели бункерного питателя использована имитационная компьютерная модель, предложенная в [3]. Предполагается, что каждый бункер оснащен двумя измерительными устройствами уровня заполнения бункера на высотах  $H_1$  и  $H_2$  ( $H_1 \leq H_2$ ). Если уровень ВМ превышает  $H_2$ , то питание бункера прекращается. Если уровень ВМ ниже  $H_1$ , то выключается выпуск ВМ. При промежуточном уровне ВМ питание и выпуск бункера остаются в тех состояниях, в которых они были до пересечения уровнем ВМ уровня одного из измерительных устройств (трехпозиционное регулирование). Скорость выпуска считается постоянной и рассчитывается так, чтобы в среднем выполнялось условие материального баланса входящего и суммарного выходящего потоков.

С помощью построенной КМ\_САУБП исследованы три варианта систем, основанные на следующих представлениях о работе системы и алгоритмах управления.

Вариант 1. Поступающий ВМ подается в один бункер до его заполнения и отключения его питания, затем в следующий и т.д. Если в ВМ одновременно нуждаются несколько бункеров, то сначала обслуживается ближайший ко входу бункер, затем следующий и т.д. Если в некоторый момент в подаче ВМ не нуждается ни один из бункеров, то перекрывается подача ВМ во входную магистраль системы распределения.

Вариант 2. Поступающий ВМ в каждый момент времени разделяется в среднем равномерно между всеми бункерами, нуждающимися в питании ВМ. Если в данный момент ни один из бункеров не нуждается в подаче ВМ, то остаток ВМ возвращается на вход закольцованной системы и складывается с вновь поступающим потоком (с запаздыванием на время обратного движения  $\tau$ ).

Вариант 3. Поступающий ВМ подается поочередно и последовательно в каждый из бункеров, нуждающихся в подаче ВМ, в течение одинаковых отрезков времени.

Для сравнения эффективности вариантов распределения использованы следующие характеристики: среднее  $M_x$ , средне-

квадратическое  $S_x$  значения и коэффициент  $C_x$  вариации линейной плотности потока ВМ на входе системы, аналогичные характеристики для потоков на выходе каждого из бункеров.

Для обеспечения возможности сравнения результатов компьютерные имитационные эксперименты проводили при одинаковых значениях параметров: поперечные размеры бункера  $A=1,18$  м;  $B=0,625$  м;  $H_1=0,9$  м;  $H_2=1,5$  м; плотность ВМ  $g=0,5$  г/см<sup>3</sup>; коэффициент трения волокна по металлу  $f=0,3$ ; коэффициент сжатия ВМ  $k=1$  м<sup>-1</sup>.

Среднее значение потока ВМ на входе  $M_x$  рассчитывалось из условия, что общая теоретическая производительность системы в среднем составляет 600 кг/ч. Тогда при шаге моделирования  $dt=0,1$  мин среднее значение  $M_x=1$  кг. Коэффициент вариации для потока ВМ на входе  $C_x$  принят равным 20%.

Скорость выпуска  $V$  у каждого из бункеров определена из условия материального баланса:

$$M_x = N g_{\text{вых}} S V dt.$$

– площадь поперечного сечения на выходе из бункера (принимается равной 0,2 м<sup>2</sup>);  $g_{\text{вых}}$  – плотность ВМ на выходе бункера (вычисляется с помощью математической модели сжатия ВМ в бункере [3]);  $N=6$  – число бункеров в системе. Длительность моделирования  $T_{\text{мод}}$  выбрана равной 60 мин (то есть моделировалась работа системы за 600 шагов  $dt$ ).

Точность результатов моделирования оценивалась в соответствии с общей методологией статистических имитационных экспериментов на ЭВМ. В каждом из опытов выполнено по 10 повторных прогонов модели. Это позволило не только повысить точность точечных оценок, но и оценить эту точность по значениям абсолютной квадратичной погрешности. Объем выборки – длительность моделируемого отрезка времени работы системы – выбиралась таким образом, чтобы эта ошибка в оценках средних значений не превышала 10 %. Результаты экспериментов для 3-х вариантов системы представлены в табл.1...3 соответственно табл.1 – вариант 1; табл. 2 – вариант 2 и табл. 3 – вариант 3.

Таблица 1

№ бункера	1	2	3	4	5	6
$G_{\text{вх}}$	24.787	20.126	24.766	18.821	24.900	18.937
$Sg_{\text{вх}}$	109.409	99.837	109.201	93.201	109.896	93.753
$Cg_{\text{вх}}$	441,3	496,5	440,3	495,7	441,4	494,9
$G_{\text{вых}}$	22.409	21.921	21.790	21.4116	21.541	21.096
$Sg_{\text{вых}}$	4.263	4.674	4.545	4.269	4.874	4.411
$Cg_{\text{вых}}$	19,0	21,3	20,9	19,9	23,1	20,9
$H$	1.359	1.345	1.329	1.283	1.307	1.282
$Sh$	0.326	0,308	0.329	0.286	0.313	0.293
$Ch$	24,0	22,9	24,7	22,3	23,9	22,8
$Q$	0.923	0.898	0.885	0.844	0.866	0.833
$Sq$	0.328	0,334	0,338	0.297	0.343	0,302
$Cq$	35,5	37,2	38,2	35,2	39,6	36,3

Таблица 2

№ бункера	1	2	3	4	5	6
$G_{вх}$	18.836	23.094	17.908	17.832	17.832	17.504
$Sg_{вх}$	58.997	78.829	47.051	46.946	46.946	46.578
$Cg_{вх}$	313,2	341,3	262,7	263,2	263,3	273,1
$G_{вых}$	20.862	21.818	20.796	20.746	20.440	20.609
$Sg_{вых}$	3.007	4.163	3.289	3.209	3.155	3.252
$Cg_{вых}$	14,4	19,1	15,8	15,5	15,4	15,8
H	1.235	1.340	1.250	1.233	1.227	1,251
Sh	0.190	0.267	0.188	0.187	0.186	0,191
Ch	15,4	19,9	15,1	15,2	15,2	15,3
Q	0,789	0,886	0,796	0,785	0,770	0,788
Sq	0,189	0,286	0,199	0,194	0,189	0,199
Cq	23,9	32,3	25,0	24,7	24,4	25,2

Таблица 3

№ бункера	1	2	3	4	5	6
$G_{вх}$	25.229	25.694	23.874	25.791	28.310	24.586
$Sg_{вх}$	111.256	113.219	105.231	113.582	113.262	108.377
$Cg_{вх}$	441.0	440.6	440.8	440.4	400.1	440.8
$G_{вых}$	24.931	25.467	24.044	24.896	25.592	25.771
$Sg_{вых}$	3.451	3.637	3.859	4.085	4.044	3.935
$Cg_{вых}$	13,8	14,3	16,0	16,4	15,8	15,3
H	1.566	1.642	1.520	1.568	1.644	1.671
Sh	0.184	0.173	0.235	0.201	0.190	0.217
Ch	11,7	10,5	15,4	12,8	11,6	13,0
Q	1,124	1,189	1,065	1,128	1,199	1,221
Sq	0,231	0,235	0,273	0,271	0,260	0,264
Cq	20,5	19,8	25,6	24,0	21,7	21,6

Статистические оценки характеристик потока на входе системы во всех моделируемых вариантах составляют  $\bar{G}_{вх} = 496,6$ ;  $Sg_{вх} = 25,94$ ;  $Cg_{вх} = 5,22\%$ .

Высокие значения среднеквадратических отклонений и соответственно коэффициентов вариаций для входных потоков во всех вариантах объясняются присутст-

вием в выборочных значениях “выскакивающих” нулевых значений в те моменты времени, когда подача ВМ в данный бункер прекращалась. Однако исключать их из выборов, на наш взгляд, нецелесообразно, так как эти значения свидетельствуют о нестационарности процесса.

Анализ приведенных данных показывает, что во всех вариантах наблюдается значительное снижение фактической производительности по сравнению с проектной. Это объясняется тем, что выбранные алгоритмы распределения ВМ приводят к периодическим прерываниям либо всего питающего потока, либо потоков на входе отдельных бункеров. Во всех вариантах имеет место высокая неравномерность выходящих потоков с коэффициентами вариации от 19 до 23 % в 1-м варианте распределения, от 14 до 19% во 2-м варианте распределения и от 14 до 16% в 3-м варианте распределения ВМ.

Отсюда следует, что все три рассмотренных варианта не приводят к существенно неравномерному распределению ВМ между бункерами, хотя 3-й вариант является наиболее предпочтительным с точки зрения равномерности выходящих потоков по линейной плотности. 3-й вариант имеет и более высокую фактическую производительность бункеров по сравнению с другими вариантами распределения, хотя различие в средних не слишком велико. Вместе с тем следует отметить, что ни один из вариантов не обеспечивает высокой производительности системы. Поэтому необходимо исследовать другие варианты управления, которые могут дать более высокую фактическую производительность при приемлемом уровне равномерности распределения ВМ между бункерами.

## ВЫВОДЫ

1. Построена компьютерная модель системы распределения волокнистого материала по бункерным питателям кардочесальных машин, реализованная в виде программы, позволяющей исследовать различные варианты распределения волокнистого материала с учетом локальных алго-

ритмов управления уровнем заполнения бункером и их выравнивающей способностью.

2. Выполнены компьютерные имитационные статистические эксперименты с моделью и рассмотрены три варианта систем распределения. Полученные данные позволяют судить об эффективности сравниваемых вариантов. Одновременно установлена эффективность применения метода компьютерной статистической имитации для решения рассматриваемой задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Осьмин Н.А., Севостьянов А.Г., Щербаков В.П.* Механическая технология текстильных материалов: Учебник для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1988.
2. *Николаев В.Б.* Равномерное питание бесколесовых чесальных машин: Дис...канд. техн. наук. – М., 1967.
3. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности: Учебник для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 06.10.00.

# КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВАЛКОВОЕ УСТРОЙСТВО – ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Е.Н. КАЛИНИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Задачей полного анализа исследуемой механической цепи является определение всех кинематических величин, характеризующих абсолютное и относительное перемещения полюсов в принятой системе отсчета и воспринимаемых элементами цепи усилий. При этом важно найти как размер, так и знак искомых величин. Последнее равнозначно установлению характера движения полюсов и характера воспринимаемых усилий. Определив кинематические и силовые характеристики цепи, можно выявить передаточные функции как каждого из элементов, так и всей цепи, являющиеся основой для анализа динамических процессов, протекающих в системе, а также для поиска оптимальных соотношений между конструктивными и технологическими параметрами системы.

Решение задачи основывается на использовании уравнений Кирхгофа для сил, кинематических переменных двухполюсников и уравнений двухполюсников в прямой или обратной форме.

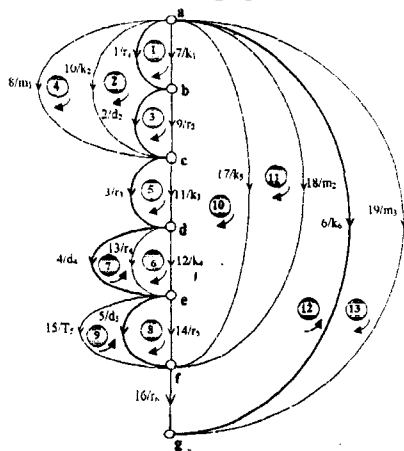


Рис. 1

$$k_e = (\bar{k}_7 \bar{k}_8 \bar{k}_9 \bar{k}_{10} \bar{k}_{11} \bar{k}_{12} \bar{k}_{13} \bar{k}_{14} \bar{k}_{15} \bar{k}_{16} \bar{k}_{17} \bar{k}_{18} \bar{k}_{19} \bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3 \bar{k}_4 \bar{k}_5 \bar{k}_6)^T.$$

Для уравнений, записанных в порядке следования порождающих их хорд, имеем

Из закона Кирхгофа [1] уравнения основных контуров для опорного дерева  $T$  (рис.1), образованного из непланарного линейного графа [2], представлены в табл.1.

Таблица 1

№ контура	Контурные уравнения
1	$k_7 - k_1 = 0;$
2	$k_1 + k_9 - k_2 = 0;$
3	$k_1 + k_{10} - k_2 = 0;$
4	$k_8 - k_2 = 0;$
5	$k_{11} - k_3 = 0;$
6	$k_{12} - k_4 = 0;$
7	$k_{13} - k_4 = 0;$
8	$k_{14} - k_5 = 0;$
9	$k_{15} - k_5 = 0;$
10	$k_{17} - k_2 - k_3 - k_4 - k_5 = 0;$
11	$k_{18} - k_2 - k_3 - k_4 - k_5 = 0;$
12	$k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_{16} - k_6 = 0;$
13	$k_{19} - k_6 = 0.$

Для записи уравнений основных контуров в матричной форме используем кинематические переменные  $k_r$  двухполюсников цепи, записанные в форме матрицы-столбца  $k_e$  при упорядоченном расположении кинематических переменных: сначала хорд, а затем ветвей опорного дерева  $T$ :

$$\begin{pmatrix}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 \bar{k}_7 \\
 \bar{k}_8 \\
 \bar{k}_9 \\
 \bar{k}_{10} \\
 \bar{k}_{11} \\
 \bar{k}_{12} \\
 \bar{k}_{13} \\
 \bar{k}_{14} \\
 \bar{k}_{15} \\
 \bar{k}_{16} \\
 \bar{k}_{17} \\
 \bar{k}_{18} \\
 \bar{k}_{19} \\
 \bar{k}_1 \\
 \bar{k}_2 \\
 \bar{k}_3 \\
 \bar{k}_4 \\
 \bar{k}_5 \\
 \bar{k}_6
 \end{pmatrix} = 0. \quad (1)$$

Система уравнений (1), в которой матрица  $V_f$  [2] имеет порядок ( $m \times n = 13 \times 19$ ), линейно не зависима тогда и только тогда, когда матрица  $V_f$  содержит неособенную подматрицу порядка  $m$  (где  $m$  – число уравнений). То есть независимость уравнений системы определена наличием единичной матрицы  $E$ , определяющей ранг матрицы  $V_f$  (равный  $e-v+1=13$  – числу независимых контурных уравнений).

Если  $V_f$  – матрица основных контуров, то уравнение (1) имеет вид

$$V_f k_e = 0. \quad (2)$$

В разделенной матричной форме (2) выглядит как

$$(E \mid V_{f12}) \begin{pmatrix} k_{ec} \\ k_{eb} \end{pmatrix} = 0, \quad (3)$$

где  $k_{ec}$  и  $k_{eb}$  – матрицы-столбцы кинематических переменных хорд и ветвей соответственно.

Из (3) следует, что

$$E k_{ec} + V_{f12} k_{eb} = 0; k_{ec} = -V_{f12} k_{eb}. \quad (4)$$

Таким образом, кинематические переменные хорд выражаются в виде явных функций от кинематических переменных ветвей опорного дерева графа цепи, а опорное дерево графа должно содержать источники кинематических величин.

В соответствии с законом Кирхгофа для сил [1] узловые уравнения для узлов 2...7 цепи [2] представлены в табл.2.

Таблица 2

№ узла	Узловое уравнение
2	$-F_1 - F_7 + F_9 + F_{10} = 0;$
3	$-F_2 - F_8 - F_9 - F_{10} + F_3 + F_{11} = 0;$
4	$-F_3 - F_{11} + F_4 + F_{12} + F_{13} = 0;$
5	$-F_4 - F_{12} - F_{13} + F_5 + F_{14} + F_{15} = 0;$
6	$-F_5 - F_{14} - F_{15} - F_{17} - F_{18} + F_{16} = 0;$
7	$-F_6 - F_{16} - F_{19} = 0.$

Система уравнений, полученная из графа цепи в соответствии с матрицей  $Q_f$  [2] основных сечений, и матрицы-столбца  $F_c$  силовых переменных двухполюсников цепи, записанных в упорядоченной последовательности индексов хорд и ветвей

$$F_e = (\bar{F}_7 \ \bar{F}_8 \ \bar{F}_9 \ \bar{F}_{10} \ \bar{F}_{11} \ \bar{F}_{12} \ \bar{F}_{13} \ \bar{F}_{14} \ \bar{F}_{15} \ \bar{F}_{16} \ \bar{F}_{17} \ \bar{F}_{18} \ \bar{F}_{19} \ \bar{F}_1 \ \bar{F}_2 \ \bar{F}_3 \ \bar{F}_4 \ \bar{F}_5 \ \bar{F}_6)^T.$$

имеет вид

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{F}_7 \\ \bar{F}_8 \\ \bar{F}_9 \\ \bar{F}_{10} \\ \bar{F}_{11} \\ \bar{F}_{12} \\ \bar{F}_{13} \\ \bar{F}_{14} \\ \bar{F}_{15} \\ \bar{F}_{16} \\ \bar{F}_{17} \\ \bar{F}_{18} \\ \bar{F}_{19} \\ \bar{F}_1 \\ \bar{F}_2 \\ \bar{F}_3 \\ \bar{F}_4 \\ \bar{F}_5 \\ \bar{F}_6 \end{pmatrix} = 0. \quad (5)$$

Уравнение (5) в разделенной матричной форме запишется как

$$\left( Q_{f_{11}} \ \middle| \ E \right) \begin{pmatrix} F_c \\ F_b \end{pmatrix} = 0, \quad (6)$$

где  $F_c$  и  $F_b$  – матрицы-столбцы силовых переменных хорд и ветвей соответственно.

Согласно (6) силовые переменные ветвей графа цепи, выраженные в виде явных функций от силовых переменных хорд,



$$Q_{f_{11}} F_c | E F_b = 0, \quad F_b = -Q_{f_{11}} F_c. \quad (7)$$

Следовательно, силовые переменные двухполюсников цепи могут быть заданы произвольно, так как они выражаются хордами графа цепи. А независимость уравнений (6) следует из наличия единичной матрицы  $E$ , соответствующей вектору ветвей.

В соответствии со свойствами идеализированных двухполюсников [3] вектор  $k_e$  их кинематических переменных и матрица-столбец  $k'_n$  узловых кинематических переменных, записанных с тем же порядком следования индексов элементов и узлов, что и в матрице инцидентий  $A_a$  [2], имеют вид

$$k_e = A_a^T k'_n. \quad (8)$$

где  $\bar{k}_e = (\bar{k}_7 \bar{k}_8 \bar{k}_9 \bar{k}_{10} \bar{k}_{11} \bar{k}_{12} \bar{k}_{13} \bar{k}_{14} \bar{k}_{15} \bar{k}_{16} \bar{k}_{17} \bar{k}_{18} \bar{k}_{19} \bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3 \bar{k}_4 \bar{k}_5 \bar{k}_6)$  – матрица-столбец кинематических переменных двухполюсников цепи;  $\bar{k}_n = (\bar{k}_a \bar{k}_b \bar{k}_c \bar{k}_d \bar{k}_e \bar{k}_f \bar{k}_g)$  – матрица-столбец узловых кинематических переменных;  $A_a^T$  – транспонированная матрица инцидентий графа цепи.

Поскольку узел  $a$  принят в качестве опорного ( $\bar{k}_a = 0$ ), связь между кинематическими переменными цепи выражается через транспонированную упрощенную матрицу инцидентий  $A_a^T$ , где отсутствует столбец матрицы  $A_a^T$ , соответствующий опорному узлу  $a$ , а уравнение (8) выглядит следующим образом:

$$\begin{pmatrix} \bar{k}_7 \\ \bar{k}_8 \\ \bar{k}_9 \\ \bar{k}_{10} \\ \bar{k}_{11} \\ \bar{k}_{12} \\ \bar{k}_{13} \\ \bar{k}_{14} \\ \bar{k}_{15} \\ \bar{k}_{16} \\ \bar{k}_{17} \\ \bar{k}_{18} \\ \bar{k}_{19} \\ \hline \bar{k}_1 \\ \bar{k}_2 \\ \bar{k}_3 \\ \bar{k}_4 \\ \bar{k}_5 \\ \bar{k}_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ \hline -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{k}_b \\ \bar{k}_c \\ \bar{k}_d \\ \bar{k}_e \\ \bar{k}_f \\ \bar{k}_g \end{pmatrix} \quad (9)$$

Уравнение (9) всегда разрешимо в силу свойств матрицы инцидентий  $A_a$ . Для этого в  $A^T$  необходимо выделить неособенную квадратную подматрицу  $A_{21}^T$  порядка  $\nu-1=7-1=6$ , отвечающую опорному дереву  $T$  графа цепи.

Из (9) применительно к исследуемой динамической системе следует, что  $k_n = (A_{21}^T)^{-1} k_{cb}$ , то есть узловые кинематические переменные определяются из матричного уравнения

$$\begin{pmatrix} \bar{k}_b \\ \bar{k}_c \\ \bar{k}_d \\ \bar{k}_e \\ \bar{k}_f \\ \bar{k}_g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{k}_1 \\ \bar{k}_2 \\ \bar{k}_3 \\ \bar{k}_4 \\ \bar{k}_5 \\ \bar{k}_6 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

## ВЫВОДЫ

Установлена взаимосвязь между кинематическими и силовыми переменными элементов динамической системы в форме независимых матричных уравнений, дающих возможность определения передаточных функций как каждого пассивного двухполюсника, так и системы в целом с целью полного анализа и решения задач оптимизации ее динамических характеристик.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сешу С., Балабанян Н. Анализ линейных цепей / Пер. с англ. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963.
2. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 6.
3. Кёниг Г., Блекуэлл В. Теория электромеханических систем / Пер. с англ. – М.-Л.: Энергия, 1965.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 22.11.00.

УДК 677.017.222:621.385

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ ГРУППЫ ВОЛОКОН

А.Ю. МАТРОХИН, Н.А. КОРОБОВ, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Важнейшим этапом при проектировании качества пряжи является выбор и определение свойств волокон. Необходимость определения свойств волокон связана с процессом измерения их количественных показателей. Анализ состояния инструментальной базы для измерения отдельных показателей свойств волокон выявил,

что в настоящее время отечественное приборостроение не может обеспечить потребность текстильных предприятий в современном измерительном оборудовании, а имеющиеся измерительные приборы физически и морально устарели. Перспективным решением возникшей проблемы является использование для осуществления

процесса измерения средств компьютерной техники.

Нами разработан компьютерный метод определения показателей протяженности для группы текстильных волокон, в котором компьютер одновременно является и техническим средством получения первичной информации о протяженности волокна, и техническим средством дальнейшей обработки полученной информации.

Под термином “протяженность волокна” в дальнейшем понимаем его простое свойство, эквивалентное принятому в материаловедении понятию длины. Но поскольку термин “длина” отождествляют согласно [1] с физической величиной (количественным показателем свойства), в данном случае на уровне простого свойства волокна мы использовали понятие “протяженность волокна”.

Объектом исследования служили хлопковые волокна как наименее визуально воспроизводимые из группы натуральных волокон.

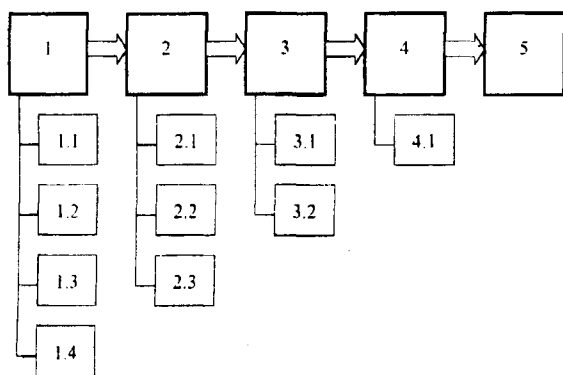


Рис. 1

На рис.1 изображена схема компьютерного измерения показателей протяженности группы волокон. Процесс измерения включает измерительные операции, связанные с подготовкой пробы волокон (1), получением изображения пробы (2), распознаванием и выделением изображения волокна (3), измерением длины одиночного волокна (4) и определением показателей протяженности группы волокон (5).

При реализации операции 1 решались проблемы уменьшения трудоемкости приготовления пробы волокон (1.1), фиксации волокна во время процесса измерения (1.2), получения ровного и контрастного фона для исследуемых волокон (1.3), обеспечения однозначности принятия решений при запуске алгоритма распознавания (1.4).

В результате были получены следующие новые отличительные элементы. Волокна в исследуемой пробе распределены хаотично, то есть отпала необходимость предварительного их распрямления и ориентации относительно одного направления, как это происходило ранее в [2] с применением штапельков или бородок волокон. Кроме этого, волокна ориентированы в одной плоскости проекции, что достигалось их фиксацией между двумя плоскостями, одна из которых была прозрачной, а другая выполняла роль черного фона. Волокна располагались (набрасывались) таким образом, чтобы между ними не было взаимных пересечений. Габариты пробы определялись техническими возможностями компьютера и в практической реализации соответствовали размерам 100×150 мм.

При выполнении операции 2 требовалось получить изображение приготовленной пробы (2.1), преобразовать его к более удобному для компьютерной обработки виду (2.2), восстановить потерянную информацию (2.3).

Для ввода изображения пробы в память компьютера использовался сканер Scan-Magic 1200 CP. В дальнейшем была выбрана оптимальная разрешающая способность в пределах от 300 до 600 пиксел/дюйм. В результате сканирования получено цифровое (растровое) изображение пробы, описываемое двумерным массивом, каждый элемент которого является числовым значением интенсивности отраженного светового потока. Это изображение использовалось как в реальном, так и в увеличенном масштабе. Первичную обработку полученного изображения проводили с помощью программы Photoshop 5.0.

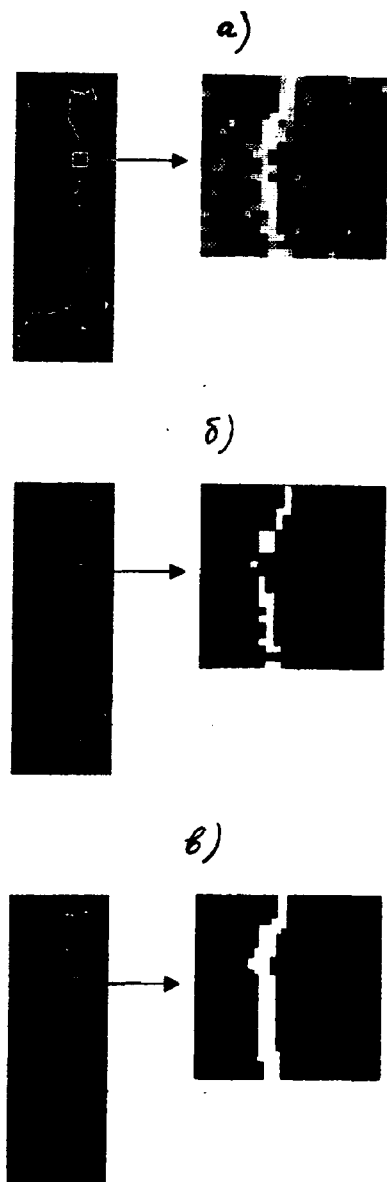


Рис. 2

В целях упрощения распознавания волокна переходили от полутонового (рис. 2-а) изображения пробы (волокна) к двухуровневому (рис. 2-б), иными словами, осуществляли бинаризацию изображения. Впоследствии рисунок пробы подвергали морфологической обработке, чтобы восстановить недостающую информацию, потеря которой вызвана неоднородностью оптических и структурных (извитость) свойств волокон. Обработка осуществлялась по алгоритму, реализованному в системе MatLab 5. В результате окончательно

получили бинарное изображение пробы, содержащее однородные (без разрывов) изображения волокон на однородном фоне (рис.2-в).

При операции 3 распознавали и выделяли изображение волокна (3.1), а также выявляли остов выделенного волокна (3.2).

Опишем последовательность выполнения первого шага по распознаванию и выделению волокна. Вначале интерактивно (мышью) на волокне определяли затравочную точку – она находится в центре окрестности точек размером  $A \times A$ . Линейный размер  $A$  выбирали в зависимости от линейной плотности волокон. Затем алгоритмом распознавания проводили анализ расположения белых и черных точек в выбранной окрестности. В зависимости от этого расположения принималось решение о выборе того или иного направления дальнейшего движения. В случае обнаружения объекта, состоящего из связанных белых точек, и определении направления движения данная окрестность признавалась удачной и происходило выделение обнаруженного объекта, то есть создание нового бинарного изображения, содержащего только объект из связанных точек.

Выбор и осуществление дальнейших шагов происходит автоматически до тех пор, пока не будет пройдено все волокно. Для уменьшения методической погрешности при проведении операции 4 предварительно выявляли остов выделенного волокна, который представлял непрерывную цепочку минимальной толщины из точек белого цвета, лежащих наиболее близко к предполагаемой оси волокна. Сама измерительная операция состояла в суммировании длин элементарных вертикальных, горизонтальных и диагональных составляющих изображения волокна (4.1).

Последняя операция 5 заключалась в накоплении статистической информации по данным измерения длин одиночных волокон и вычислении параметрических (средняя арифметическая длина, штапельная длина, модальная длина) и функциональных (диаграмма распределения, штапельная диаграмма) показателей протяженности группы волокон.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены и экспериментально разработаны операции процесса компьютерного измерения показателей протяженности для группы волокон. При операции подготовки изображения пробы предлагается использовать сканер.

2. В процессе создания алгоритма распознавания и выделения изображения волокна отработана комбинация интерактив-

ного и автоматического режимов программирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 8.417-81. Единицы физических величин.

2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). – М.: Легпромбытиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 01.12.00.

УДК 677.025

## ДИАЛОГОВЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*И.Г. ЦИТОВИЧ, Т.Б. ГУСЕВА*

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

Рассмотрение областей использования трикотажной продукции для медицины, создание сложных технических изделий, конструкционных пластмасс, средств связи, фильтров, медицинских изделий, высококачественных функциональных изделий для спорта и отдыха (особенно при наличии конкурентов на рынке товаров) значительно расширило номенклатуру технических показателей свойств трикотажных изделий и потребовало их жесткой регламентации (нормирования). Такие свойства трикотажных полотен и изделий как эксплуатационная усадка, точность структурных параметров, размеров, пиллингообразование, износостойкость, теплозащитные показатели, компрессионный эффект, влагоперенос и др. стали определяющими для создания высококачественной трикотажной продукции [1].

Формулирование технических требований и их регламентация в соответствии с назначением изделия для текстильной

продукции стали важными звеньями в системе управления качеством и новых форм ее развития.

В соответствии со стандартом ИСО 9004-1 (Управление качеством и элементы системы качества) конкретные требования потребителей и общие требования рынка должны быть преобразованы в предварительный перечень технических требований как основы работы по проектированию. Сюда могут войти следующие требования: эксплуатационные характеристики (условия окружающей среды, безопасность и др.), органолептические характеристики (для текстильных продуктов: цвет, блеск, тактильные свойства и др.), схема размещения и монтажа изделия (размеры и форма опорной поверхности), в частности антропологические измерения человека, проверка и / или обеспечение качества (то есть возможность контроля и воспроизводимость показателей качества).

При разработке технических требований язык потребителя переводится на язык технических требований к материалу (плотну), изделию и процессам.

С точки зрения логики, совокупность свойств нити (пряжи) и параметров структуры однозначно определяет множество физико-механических свойств материала при заданных начальных и граничных условиях (эксплуатационных воздействиях). Таким образом, для множества структур трикотажа должны существовать модели формирования определенных свойств в зависимости от характеристик нити и структуры трикотажа (в виде аналитической или экспериментальной модели или статистики экспериментальных данных по этим свойствам). Ряд свойств, например, теплостойкость, светостойкость и др., зависят только от свойств исходного сырья. В любом случае необходима систематизация показателей свойств пряжи (нитей) и их значений и формирование базы данных.

Нами разработана логическая структура первой версии автоматизированной системы, необходимой для решения задач проектирования трикотажных полотен (изделий), соответствующих по своим качественным показателям эксплуатационным требованиям потребителя, включая соответствие органолептическим показателям (требованиям к художественно-колористическому оформлению) [2].

При предлагаемом подходе первичными являются технические требования, в частности множество физико-механических показателей, отвечающих эксплуатационным характеристикам (допустимых поверхностной плотности, формоустойчивости, растяжимости, износостойкости, допустимой эксплуатационной усадки и др.).

Физико-механические свойства должны удовлетворять эксплуатационным характеристикам и создавать определенные условия комфорта. Конструкция и вид изделия

должны отвечать совокупности художественно-колористических свойств, относящихся к оформлению изделий (их конструкции, размерам, форме, цвету материала, фактуре, наличию рисунков определенного цвета и размера). Иными словами, при проектировании трикотажных изделий в целях обеспечения качества продукции вначале необходимо учитывать эксплуатационные и потребительские характеристики изделия, а дальнейший выбор материалов, оборудования и технологии производства вести с учетом этих показателей. Такой подход к процессу проектирования трикотажных изделий обеспечит получение качественной продукции в соответствии с требованиями покупателей и снизит затраты времени и средств на освоение и запуск в производство новых видов изделий.

Функции машины реализуются как объединение подмножеств индивидуальных функций рабочих органов машины и циклических (временных) характеристик, выбранных из обобщенной (избыточной) структуры функций трикотажных машин:  $F = A_i \cup B_j \cup C_k \cup D_n$ , где  $A_i \subseteq A$  – множество петлеобразующих органов (иглы, платины, нитеводы, игольницы);

$B_j \subseteq B$  – множество, относящееся к работе замков машины;

$C_k \subseteq C$  – множество, относящееся к отбору игл;

$D_n \subseteq D$  – множество временных (циклических) характеристик, включая параметры синхронизации.

Таким образом, решение задачи проектирования невозможно без создания баз данных, объединяющих информацию по видам продукции и их структуре, по показателям качества продукции, видам сырья и их свойствам, структурным элементам трикотажных полотен, трикотажных машин и их функций.

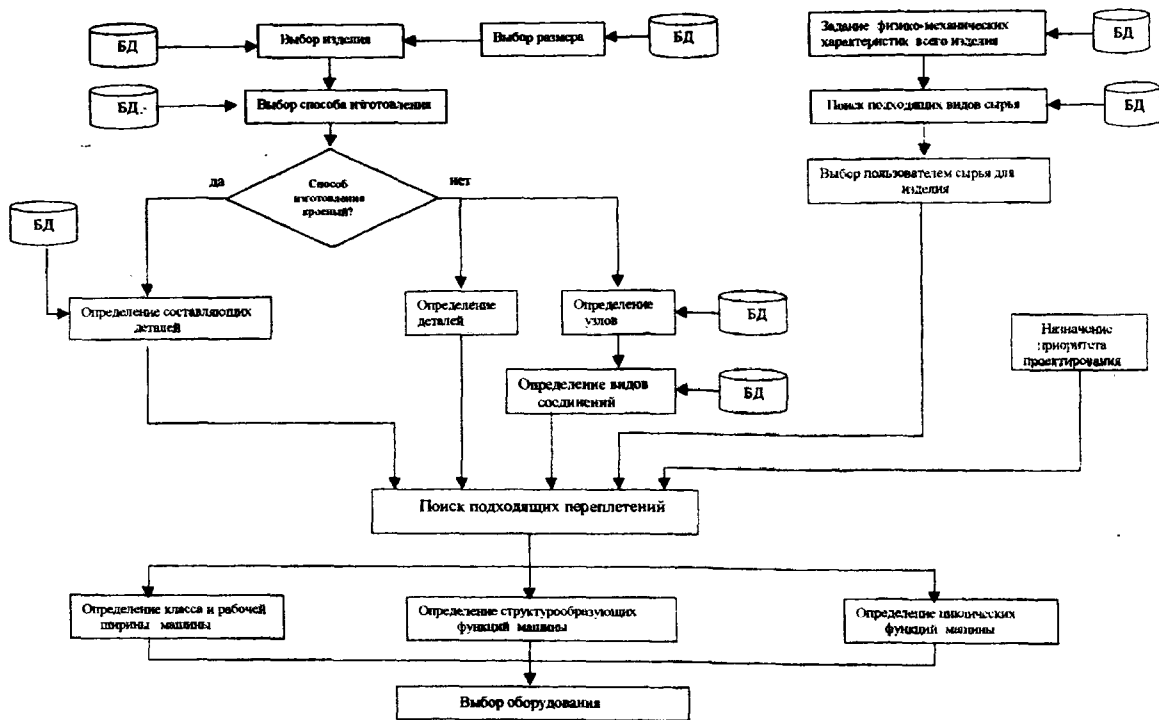


Рис. 1

На рис.1 изображена предлагаемая схема процесса поиска оборудования. Исходными данными для нее служат совокупность физико-механических и художественно-колористических свойств изделия (теплозащитность, формоустойчивость, износостойкость, цвет, фактура, рисунок и т.д.).

Процесс поиска оборудования можно разбить на пять основных этапов.

На первом этапе проектирования уточняются вид проектируемого изделия, ассортимент, назначение и размер.

На втором этапе пользователем в диалоговом режиме задаются технические требования, предъявляемые к проектируемому изделию. Другими словами, пользователь задает числовые диапазоны значений некоторым физико-механическим свойствам.

На третьем этапе выбирается сырье, из которого будет изготавливаться проектируемое изделие. Причем сырье выбирается исходя из заданных на втором этапе физико-механических свойств.

На четвертом этапе производится выбор переплетения (в соответствии с физико-механическими свойствами изделия, рода сырья и линейной плотности пряжи).

Наряду с нитями, используемыми для изготовления трикотажа, переплетение является его важнейшей качественной характеристикой и определяет свойства трикотажа: растяжимость, распускаемость, поверхностную плотность, толщину, формоустойчивость и т.д.

На пятом этапе определяются тип вязальной машины для выработки полотна (изделия) с заданными характеристиками, заданной формы и ее класс. Данными для определения типа и класса машины является род и линейная плотность сырья, структура и параметры переплетения, набор структурных и циклических функций процесса вязания.

Для реализации предлагаемого подхода разработана первая версия диалоговой системы проектирования изделия верхнего трикотажа в среде визуального проектирования C++Builder [3]. Использованные инструментальные средства для разработки

программных средств позволили создать удобный и наглядный пользовательский интерфейс, включающий систему выпадающих меню и набор диалоговых окон.

Разработанная версия системы дает возможность, во-первых, использовать ее как информационно-поисковую систему, позволяющую осуществлять просмотр и поиск имеющихся в данный момент на трикотажной фабрике видов переплетений, сырья, оборудования; во-вторых, моделировать процесс проектирования трикотажного изделия, получая сведения о работе программы, и технологическую информацию.

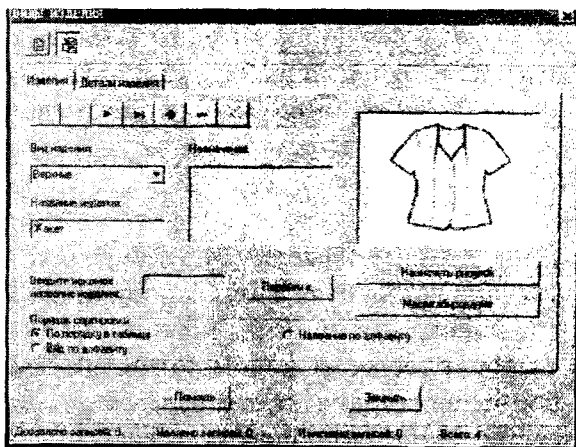


Рис. 2

Рассмотрим примеры некоторых диалоговых окон системы. Окно “Вид изделия”, представленное на рис.2, обеспечивает доступ к информации об ассортименте изделий различных видов и их структуре.

Окно “Переплетения” (рис.3) предоставляет пользователю возможность работать с данными о переплетении, о циклических функциях, которыми должно обладать оборудование для воспроизведения выбранного вида переплетения, а также с данными о физико-механических характеристиках полотна, изготовленного из определенного вида сырья некоторым переплетением.

Таким образом, применение предлагаемого подхода разрешает проектировать любое трикотажное изделие исходя из эксплуатационных и потребительских требований, предъявляемых к изделиям.

Для работы с базой данных разработан набор диалоговых окон, с помощью которого можно просматривать и редактировать информацию из базы данных.

Каждое окно можно использовать как для просмотра, так и для редактирования данных. Предлагаемая структура пользовательского интерфейса позволяет легко осуществлять поиск требуемой информации, модернизировать имеющуюся или вводить новую информацию, что достаточно просто адаптирует программный комплекс к изменяющейся информационной ситуации.

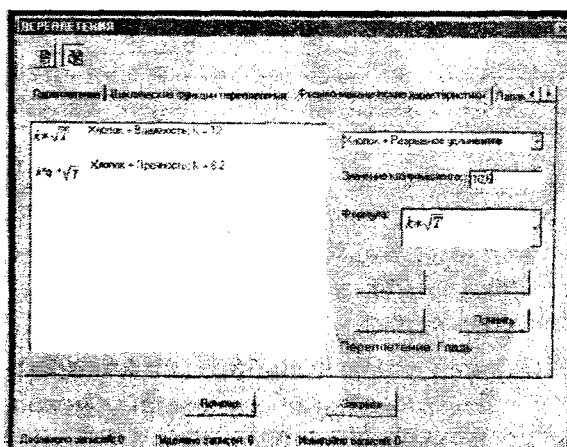


Рис. 3

том технологических, технических и ресурсных ограничений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цитович И.Г., Сенчило И.И., Орбеладзе Е.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, № 1. С.72...75.
2. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Радио и связь, 1988.
3. Вальвачев А., Сурков Д., Сурков К. Программирование в среде C++Builder. – Мн.: ООО Попурри, 1998.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 31.10.00.



УДК 677.072.61:687.03

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СУХОЖИЛЬНОЙ НИТИ

Б. ДАВААСУРЭН, С. ТУГС

(Монгольский технический университет)

Настоящая статья посвящается исследованиям прочных и упругих сухожильных нитей, выработанных из сухожилий животных, традиционным способом, который применялся древними монголами.

Авторами рассматриваются отдельные свойства сухожильной нити, сделанной из воловьего сухожилия, и подчеркивается, что такая нить является новым объектом исследования.

К сухожильной нити предъявляются требования высокой прочности и упругости. В зависимости от назначения она может быть тонкой и грубой. Тонкая нить применяется для вышивки орнамента, заковки монгольского гутула (сапога) и прибития головки, грубая нить – для шитья подошвы. Кроме того, сухожильная нить может использоваться в ветеринарии и медицине при операциях для зашивания ран (даже во внутренних швах), а также при заготовке редкого медицинского сырья.

В работе исследовались такие показатели сухожильной нити, как линейная плотность, разрывная нагрузка, крутка.

Эксперименты выполнялись в лабораториях материаловедения Технического университета и Центра исследования шерсти и козьего пуха при корпорации “Армоно” (Монголия), где для измерения показателей прочности нити использовалось оборудование FY-10, FX-15.

Исследованию подвергались различные сухожильные нити, а также хлопковые, шелковые, бумажные и льняные. Полученные результаты показали, что сухожильная

нить, заготавливаемая в Монголии, по прочности является близкой к шелковой и прочнее остальных видов нитей.

Производство нити включает следующие операции: разрез засушенного и мятого сухожилия, превращение свободных волокон в нить при помощи кручения, дополнительное скручивание и превращение полученной нити в крученую нить (в зависимости от назначения), сортировка нити по толщине и наматывание ее на бобину.

Разрывная нагрузка  $Y$  сухожильной нити зависит от ее линейной плотности  $x_2$  и крутки  $x_1$ .

По результатам исследований получены регрессионные уравнения

$$Y_1 = 0,292 - 0,01098 x_1 -$$

$$- 0,02569 x_2 + 0,00181 x_1 x_2,$$

$$Y_2 = 0,198 - 0,00174 x_1 - 0,00209 x_2 -$$

$$- 0,00142 x_1 x_2,$$

$$Y_3 = 0,106 + 0,00005 x_1 - 0,00015 x_2 -$$

$$- 0,00007 x_1 x_2,$$

где  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  – прочность трех видов (тонкой, полутонкой и грубой) сухожильной нити;  $x_1$  – крутка;  $x_2$  – линейная плотность.

По данным регрессионным уравнениям для максимальной разрывной нагрузки оп-

ределены оптимальные значения крутки и линейной плотности:

$$Y_1=0,359; x_1=442; x_2=468,$$

$$Y_2=0,361; x_1=364; x_2=694,$$

$$Y_3=0,289; x_1=266; x_2=1398.$$

Таким образом, на основе анализа полученных результатов можно заключить следующее.

По мере увеличения линейной плотности сухожильной нити ее разрывная нагрузка уменьшается.

Сухожильные нити по значению разрывной нагрузки не уступают шелковой нити и в 11,5 раза превышают хлопковую,

УДК 677.052.932

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ ОПОР ПРОХОДНОГО ВЕРЕТЕНА

В.А. КОПНИН

(Костромской государственной технологической университет)

При разработке проходных веретен специалистами ВНИИЛТекмаша и Коломенского завода "Коломнатекмаш" гнезда опор веретенного узла были выполнены раздельно. В [1, 2] имела место гипотеза о том, что гнездо неравномерно. Когда жесткости опор определили экспериментально, то это предположение подтвердилось [3].

Поскольку за последнее время (с 1992 г.) конструкция веретена была усовершенствована: разъемная опора заменена стальной трубкой, то встал вопрос об определении коэффициента жесткости опор новой конструкции.

Измерение коэффициента жесткости  $K$  опор проводили косвенным путем по методике, предложенной в [4] для 10 веретен марки ВПК 32-65-140, путем изменения нагрузки  $P$  на веретено и определением перемещения  $a$  конца веретена.

Сначала определяли перемещение для веретена на упругих опорах, затем вместо

в 2,4 раза бумажную и в 1,8 раза льняную нити.

Производство сухожильных нитей дешевле производства всех других нитей, а сами нити являются экологически чистой продукцией, не оказывающей никакого вредного влияния на окружающую среду и здоровье человека.

В будущем сухожильная нить может найти более широкую сферу применения, что предопределяет необходимость увеличения ее производства и дальнейшего изучения ее свойств.

Рекомендована кафедрой материаловедения МонТУ. Поступила 31.05.00.

резиновых колец устанавливали стальные кольца. Разность между перемещениями верха шпинделя веретена при фиксированной нагрузке была обусловлена деформацией обоих резиновых колец и, таким образом, найден общий коэффициент жесткости.

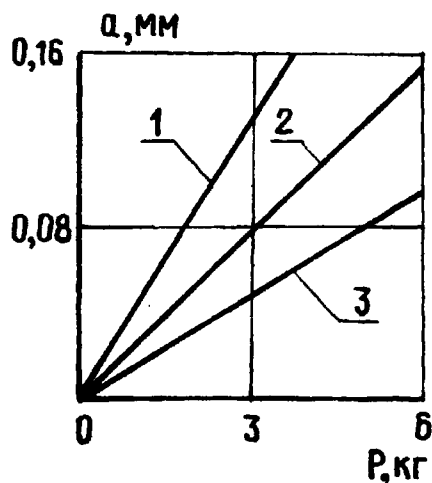


Рис. 1

На рис.1 изображены зависимости  $a=\varphi(P)$  для конструкций веретена, где 1 – на упругих опорах; 2 – без амортизаторов; 3 – для верхней опоры веретена.

Коэффициент жесткости  $K_1$  нижней опоры определяли по формуле (1) с учетом, что  $K=P/a$ :

$$K_1 = \frac{KK_2}{K_2 - K} \quad (1)$$

Приведенные коэффициенты жесткости опор веретена, рассчитанные по результатам эксперимента, находятся в пределах:

$$K_1=4,8+5,5 \text{ кг/мм};$$

$$K_2=6,8+10,8 \text{ кг/мм (верхняя опора).}$$

Такой разброс экспериментальных данных можно объяснить тем, что физико-механические свойства резины вследствие очень многих обстоятельств не являются постоянными, кроме того, резина подвержена старению (она теряет свою упругость

в течение времени). Следует отметить, что все измерения проводились на серийных амортизаторах.

## ВЫВОДЫ

В результате экспериментов сделано заключение о равнопрочности новой конструкции веретена, увеличивающей его эксплуатационные возможности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляев Е.И.* //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, №2. С.136...139.
2. *Коритыцкий Я.И.* Колебания текстильных машин. – М.: Машиностроение, 1973. С.320.
3. *Беляев Е.И.* //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, №5. С.113...116.
4. *Коритыцкий Я.И.* Исследование динамики и конструкций высокопроизводительных веретен текстильных машин. – М.: Машгиз, 1963. С.643.

Рекомендована кафедрой промышленной экологии и безопасности. Поступила 28.11.00.

УДК 677.05:378.147

## ИЗ ОПЫТА СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

*Н. Н. КУДРИНА, Т.М. КУЗЬМИНА, Е.Н. ХОЗИНА.*

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

Широкое внедрение компьютеров во все сферы деятельности общества во многом изменило традиционные подходы к образованию. В настоящее время проводится широкий спектр работ в области создания и проектирования новых форм обучения (к ним относятся обучающие программы), которые дополняют существующие традиционные формы [1].

Авторами разработана обучающая программа по курсу "Динамика текстильных

машин", предназначенная как для помощи в организации самостоятельной работы студентов специальности 170700 (машины и аппараты текстильной и легкой промышленности), так и входящая в блок специальных дисциплин. Основная сложность в изучении курса заключается в том, что он базируется на дисциплинах из естественнонаучного и общепрофессионального циклов, которые изучаются студентами на более ранних курсах. К девятому семестру

многие необходимые знания и навыки оказываются забытыми и требуется дополнительное время для их восстановления.

Предлагаемая программа, содержащая вопросы теории, относящиеся не только к самому курсу "Динамики текстильных машин", но и к курсам физики, математики, теоретической механики и т.д., предназначена для восстановления утраченных знаний, а также в виде помощи при изучении нового материала по дисциплине "Динамика текстильных машин" в период самостоятельной работы студентов.

Данная обучающая программа содержит шесть отдельных разделов, где в краткой форме представлены основные материалы по темам, включенным в программу курса. Программа курса разработана с учетом требований государственного общеобразовательного стандарта. Каждый отдельный раздел состоит из двух частей. Первая часть содержит теоретический материал, вторая – тестовые задания.

В программу включены тесты открытого и закрытого типов, а также задачи на установление соответствий. Последовательность выбора тестовых заданий, включенных в данный раздел, определяется самим студентом, но конкретный вариант задания определяется случайным образом, что вносит элементы новизны при повторной работе с программой.

После появления на экране дисплея тестовой задачи студенту необходимо решить ее, а затем в той или иной форме ввести ответ в компьютер. Каждый ответ анализируется компьютером, после чего на дисплей выводится сообщение о правильности или неправильности ответа. Если ответ окажется неправильным, то компьютер выдаст не только сообщение об ошибке, но и правильный ответ с пояснением, в котором есть ссылка на теоретический раздел.

Разработана программа в среде C++Builder. Выбор этого программного средства обусловлен тем, что C++Builder имеет удобную визуальную среду, которая обеспечивает разработку приложений из компонентов и поддерживает двунаправленное проектирование (изменения, сле-

данные в визуальной среде, отражаются на исходном коде программы, а изменение исходного кода отражается в визуальной среде). Визуальная среда по указаниям программиста строит форму со всеми компонентами (блоками редактора, надписями, кнопками) и формирует исходный код соответствующей программы. Программист дописывает на языке C++ детали программы – процедуры обработки событий, делая это во встроенном в визуальную среду редакторе кода.

Широкие возможности компонентов, в частности, компонента RichEdit, позволили оформить теоретический материал с использованием различных средств форматирования, предоставляемых текстовым редактором Word, а возможности компонента Image – дополнить текст вопросов рисунками и чертежами, созданными с помощью графических редакторов.

Схема работы с программой следующая.

После запуска программы на экране появляется окно-обложка, на котором размещена краткая информация об обучающей программе. Для дальнейшей работы необходимо нажать кнопку **ОК** и появится окно **Оглавление**, в котором можно выбрать любую тему, входящую в состав обучающей программы. Темы пронумерованы и имеют названия. Каждой теме соответствует своя кнопка. Чтобы приступить к изучению любой темы, необходимо нажать на кнопку с номером нужной темы и на экране откроется окно **Тема**.

Ряд кнопок, расположенных в нижней части окна **Тема**, позволяет вызвать любую задачу из рассматриваемой темы. Количество задач в каждой теме разное. Начать работу можно с любой задачи, которая выводится в отдельном окне.

Все задачи данной обучающей программы можно разделить на три группы.

Пример окна **Задача** первой группы представлен на рис.1.

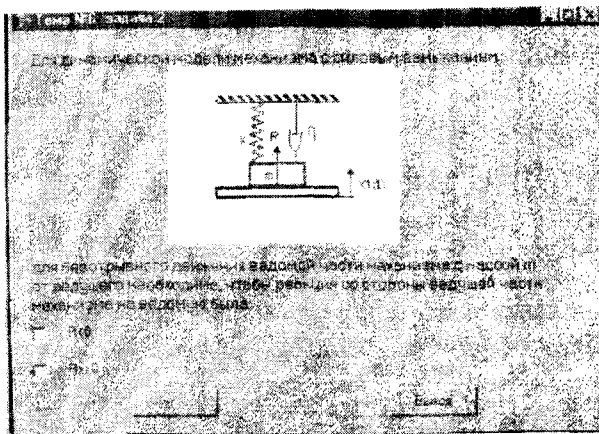


Рис. 1

На экран выводятся вопрос и возможные варианты ответов. Обучающийся должен установить флажки около тех ответов (в нашем примере это один ответ, однако в других случаях их может быть несколько), которые он считает правильными, и завершить ввод ответов нажатием кнопки **Готово**. При каждом новом запуске таких задач меняется либо вопрос полностью, либо только порядок следования вариантов ответов. При нажатии кнопки **Готово** появляется окно **Результат**, в котором выводится оценка (правильно/неправильно) ответа, и в случае ошибочного ответа – правильный ответ. После закрытия окна **Результат** вместе с ним закрывается и окно **Задача**.

Пример окна **Задача**, относящийся ко второй группе, показан на рис.2.

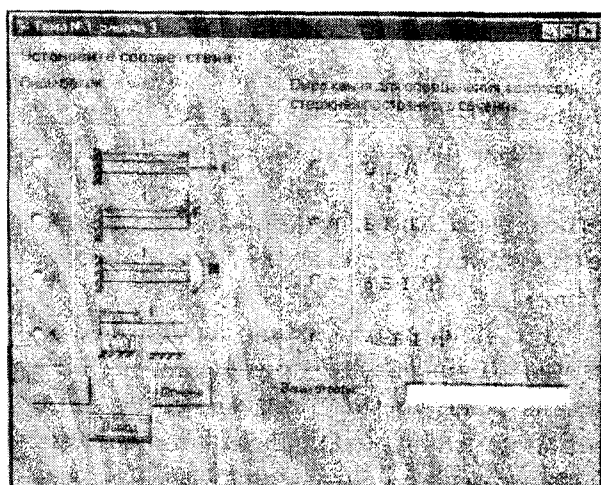


Рис. 2

Ко второй группе задач относятся задачи на установление соответствия. Выводятся два списка и нужно установить соответствия между элементами этих списков. Сначала выбирается элемент из первой группы, затем соответствующий элемент из второй группы и т.д. В поле "Ваши ответы" автоматически выводятся номера выбранных пар (например, 4а, 2в). Если случайно выбрана не та пара, можно нажать кнопку **Отмена** и начать работу сначала. После выбора всех пар становится доступной кнопка **Готово**, которая вызывает окно **Результат**.

Пример задания из третьей группы приведен на рис.3.

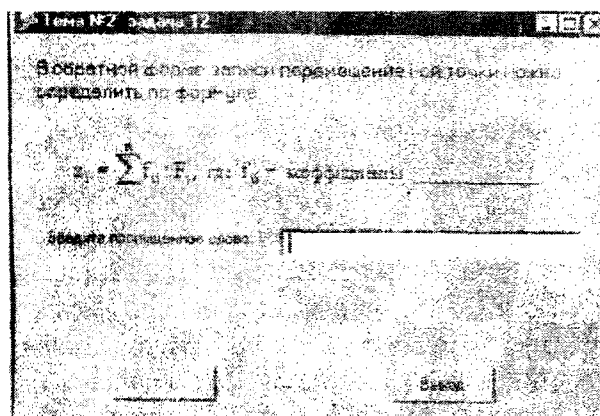


Рис. 3

В эту группу объединены задания "на пропущенное слово". Приводится фраза, содержащая формулу (как на рис.3), и, возможно, имеющая пропущенное слово. Это слово надо ввести в специальное поле ввода. При нажатии кнопки **Готово** происходит проверка, причем неважно, заглавные или строчные буквы использовались при вводе слова, поставлены пробелы в начале слова или нет. Если слово имеет синонимы, то правильность ответа будет подтверждена при вводе любого из них.

В каждом окне имеется кнопка **Выход**, поэтому прервать работу можно на любом этапе. При нажатии кнопки **Выход** в окне **Задача** мы переходим в окно **Тема**. При нажатии этой кнопки в окне **Тема** мы переходим в окно **Оглавление** и затем за-

вершаем работу. Начать работу также можно с любой темы и с любой задачи.

## ВЫВОДЫ

Разработана обучающая программа по курсу "Динамика текстильных машин", предназначенная не только для получения новых знаний и как помощь студентам в

организации самостоятельной работы, но и для повторения пройденных курсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плехова Л.Ф., Ситников Ю.К. Познавательная деятельность студентов в условиях компьютерного обучения // Педагогика. – 1999, №7.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 04.12.00.

УДК 677.075.004.12:620.1

## ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА РАСТЯЖЕНИЯ ТРИКОТАЖА

В.В. САДОВСКИЙ, А.В. КОЗЛОВ

(Гомельский кооперативный институт,  
Амурский государственный университет)

Для реализации метода изучения динамики структурных изменений трикотажа в процессе растяжения создана оптоэлектронная система (рис.1), включающая черно-белую видеокамеру 1 с подвижными объективами высокого разрешения 2, осветители с немигающим нормированным светом 3, электронную плату ввода видеоизображений 4 и специальную программу, осуществляющую управление и обработку сигналов видеокамеры компьютером.

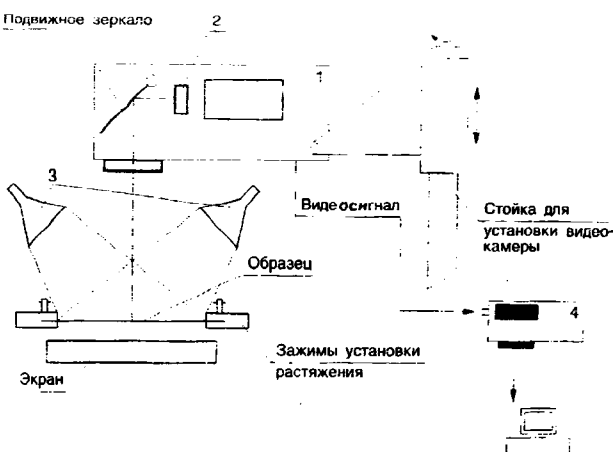


Рис. 1

Управление работой оптоэлектронной системы в процессе получения видеофильма осуществляют четыре алгоритма: компенсации неравномерности освещения образца, автоматической настройки резкости изображения, настройки масштаба изображения и оцифровки видеосигналов.

Первые три алгоритма служат для обеспечения равнозначных условий получения изображений в течение всего эксперимента, четвертый – для преобразования изображения каждого кадра в растровый вид.

Задачей алгоритма компенсации неравномерности освещения является определение неравномерности освещения рабочей зоны и в соответствии с ней выполнение автоматической регулировки чувствительности приема световых сигналов видеокамерой [1].

Для повышения равномерности освещения рабочей зоны применяли два осветителя с матовыми стеклами, которые питались от специальной электронной схемы, формирующей неп пульсирующее напряжение.

Алгоритм автоматической настройки резкости изображений осуществляет

управление электромеханическим приводом подвижных объективов и программой анализа видеосигнала.

Алгоритм настройки масштаба начинает работать после выполнения двух первых. Он выполняет две функции: определяет и запоминает масштаб размеров изображения эталона, например, миллиметровой полоски, помещенной в поле зрения видеокамеры; дает команду приводу масштабирующего объектива на настройку изображения каждого исследуемого образца в соответствии с выбранным масштабом.

Задача алгоритма оцифровки заключается в представлении стандартного видеоизображения в растровом виде, то есть в виде сетки, состоящей из вертикальных и горизонтальных линий, точки пересечения которых отображают интенсивность отражения света. Оцифровка осуществляется быстродействующим аналогово-цифровым преобразователем со скоростью 30 кадров изображений в секунду. В результате работы алгоритма производится покадровая оцифровка видеофильма и перевод его на

магнитный диск компьютера в файл специального формата для обеспечения возможности дальнейшей обработки видеофильма алгоритмами описания и распознавания объектов. Наличие данного файла позволяет обрабатывать фильм с любой скоростью и перемещаться в любую его часть.

## ВЫВОДЫ

Предложена компьютерная оптоэлектронная система для изучения динамики структурных изменений трикотажа в процессе растяжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Садовский В. В., Козлов А. В., Медведчикова М. Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, № 5. С.10...13.

Рекомендована кафедрой товароведения непродовольственных товаров Гомельского кооперативного института. Поступила 22.11.00.

### К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ НИКОЛАЯ СТЕПАНОВИЧА СОРОКИНА

31 января 2001 года Николаю Степановичу Сорокину исполнилось бы 100 лет.

Доктор технических наук, профессор Ивановского текстильного института им. М.В. Фрунзе (ныне Ивановская государственная текстильная академия) Н.С. Сорокин являлся основоположником учения о кондиционировании воздуха на предприятиях текстильной промышленности. Его теоретические исследования позволили создать качественно новые способы кондиционирования воздуха и аспирации текстильных машин. Предложенная им активная подача воздуха на рабочие места произвела настоящую революцию в процессах воздухо-распределения.

Николай Степанович Сорокин родился в г. Иваново-Вознесенске, и вся его жизнь была тесно связана с текстильной промышленностью, с родным городом, с Ивановским текстильным институтом. Его учителями были выдающиеся ученые: В.М. Келдыш, Н.Н. Лузин, В.М. Чаплин, О.А. Чаплыгин.

Проф. Н.С. Сорокиным написано и опубликовано более 40 научных трудов, свыше 20 кандидатов наук обязаны ему своим приобщением к серьезной научной деятельности.

Учебниками проф. Н.С. Сорокина "Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных фабриках", а также "Аспирация машин и пневматический транспорт в текстильной промышленности" пользовалось и пользуется не одно



поколение инженеров-текстильщиков. Эти учебники переведены на многие иностранные языки.

Н.С. Сорокин был крупным общественным деятелем. Несколько раз подряд он избирался депутатом местных Советов. С 1960 г. Н.С. Сорокин – бессменный член правления Ивановского городского общества Советско-Польской дружбы. Николай Степанович выезжал в Польшу, где в Лодзинском политехническом институте читал курс лекций для студентов. Профессор Н.С. Сорокин был председателем оргкомитета Всесоюзной межвузовской конференции по проблемам охраны труда, прошедшей с большим успехом в 1969 году в г. Иваново. В 1971 г. он – участник VI Всемирного конгресса по охране труда в Вене.

Профессор Н.С. Сорокин постоянно встречался со студентами, выступал перед ними с лекциями и докладами.

Николай Степанович был настоящим интеллигентом, прекрасным педагогом и богато одаренным человеком. Все, кто знал и помнит Николая Степановича, говорят о нем с любовью и глубоким уважением. Он всегда с большой заботой относился к своим коллегам и ученикам и постоянно был готов оказать помощь тем, кто в ней нуждался.

Многолетняя научная, педагогическая и общественная деятельность проф. Н.С. Сорокина отмечена правительственными наградами. Президиум Верховного Совета СССР наградил его двумя орденами "Знак почета" и медалями. Он носил



звание “Заслуженный деятель науки и техники РСФСР”.

Н.С. Сорокин был основателем и бессменным (до 1976 г.) главным редактором журнала “Известия вузов. Технология текстильной промышленности”. Под его руководством журнал стал авторитетным и широко распространяемым научным изданием у нас в стране и за ее пределами.

В настоящее время – это единственный в России научный журнал текстильного профиля, который усилиями членов редколлегии и руководителей родственных журналу вузов, сохраняя традиции, издается на должном издательском и научном уровне.

**Ректорат ИГТА.**

**Редколлегия и редакция журнала.**

## К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ФЕДОРА МИХАЙЛОВИЧА ПЛЕХАНОВА

2 февраля 2001 года исполнилось 70 лет со дня рождения профессора кафедры прядения хлопка Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, профессора кафедры прядения Ивановской государственной текстильной академии, доктора технических наук Федора Михайловича Плеханова.

Ф.М. Плеханов родился в 1931 году. По окончании Ивановского текстильного института им. М.В. Фрунзе он трудился на фабрике «Шуйский пролетарий» (г. Шуя Ивановской обл.), где прошел большой путь от мастера до главного инженера предприятия.

С 1970 г. Ф.М. Плеханов – заместитель начальника планово-производственного управления Минлегпрома РСФСР, а с 1973 г. – директор Московской хлопчатобумажной фабрики имени М.В. Фрунзе.

Под руководством Ф.М. Плеханова впервые в текстильной промышленности проведена реконструкция фабрики с вводом пневмомеханического прядения и пневморепирного ткачества, осуществлена комплексная механизация и автоматизация технологических процессов.

Ф.М. Плеханов проявил себя опытным организатором и руководителем производства, высококвалифицированным и технически грамотным специалистом. Возглавляемое им предприятие на протяжении нескольких лет ежегодно занимало лидирующие места во всесоюзных и республиканских социалистических соревнованиях по отрасли.



Плеханов Ф.М. постоянно занимался и занимается научной деятельностью. В 1979 г. в Московском текстильном институте им. А.Н. Косыгина Ф.М. Плеханов защитил диссертацию на тему: «Комплексные исследования технологических процессов пневмомеханического прядения». Им опубликовано более 100 научных работ, в том числе получено 25 авторских свидетельств, 16 монографий. Ф.М. Плеханов награжден золотой, серебряной

и бронзовой медалями ВДНХ.

С 1981 г. Ф.М. Плеханов возглавлял организованный им филиал кафедры прядения хлопка МТИ на производстве, а также вел большую общественную работу. Ф.М. Плеханов был членом Экспертного совета ВАК СССР при Совете Министров СССР, секции Совета при Совете Министров СССР по присуждению государственных премий, членом Президиума Центрального правления НТО Легпрома. Федор Михайлович входил в состав редакционной коллегии журнала «Текстильная промышленность», был членом Ученого Совета Московского текстильного института.

Ф.М. Плеханов награжден государственными наградами: орденом «Знак Почета», грамотами. Ему присвоены почетные звания «Заслуженный рационализатор РСФСР», «Заслуженный работник легкой и текстильной промышленности РСФСР».

В настоящее время Ф.М. Плеханов полон сил и творческой энергии. Он читает лекции студентам дневного и вечернего отделений, руководит курсовым и дипломным проектированием, проводит ис-

следовательские работы. Под его руководством впервые в истории отечественной текстильной промышленности в 1999 г. создан прообраз учебника XXI века – мультимедийный компакт-диск «Теория прядения хлопка», по материалам которого издана книга «Прядение: прошлое и настоящее».

От всей души поздравляем Федора Михайловича с юбилеем! Желаем ему крепкого здоровья, благополучия и дальнейших успехов в деле подготовки инженерных и научных кадров.

**Ректорат и кафедра прядения ИГТА.  
Редколлегия и редакция журнала “Технология текстильной промышленности”.**

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

*Левковская Т.Н., Михалькова О.Н.* Методологические основы управления оборотными средствами. . . . . 3

**Текстильное материаловедение**

*Шляхтенко П.Г.* Исследование дифракции света на тканых сетчатых полотнах при различных углах падения света. . . . . 6

**Первичная обработка. Сырье**

*Жуков В.И., Корабельников Р.В., Соркин А.П.* Расчетное определение компонент деформации сжатия волокнистого материала в массе. . . . . 11

*Латшин А.Б., Пашин Е.Л.* Ранжирование конструктивных параметров трепальной машины по уровню изменения силы натяжения льняных прядей. . . . . 14

**Прядение**

*Зубарева Н.И., Люсова Н.Е., Катитанов А.Ф.* Исследование удельных сил трения и поперечного сжатия волокон в ленте. . . . . 18

*Аветисян А.В., Хосровян Г.А., Любимов А.И.* Разработка устройств для повышения эффективности очистки полуфабрикатов прядильного производства от сорных примесей при обработке их пыльчатой поверхностью. . . . . 21

*Павлов К.Ю.* Критерии оценки обрывности нити. . . . . 25

**Ткачество**

*Николаев С.Д., Панин И.Н., Назарова М.В.* Анализ причинно-следственных связей между параметрами, структурой паковки и свойствами нитей при перематывании на основе бинарной теории информации. . . . . 28

*Воронин С.Ю., Быкадоров В.Р.* Корректировка натяжения основы на ткацком станке СТБ. . . . . 34

*Плаксин Е.Б., Ступников А.Н., Тягунов В.А.* Исследование натяжения основных нитей на ткацком станке после его останова. . . . . 39

**Отделка**

*Сафонов В.В., Шкурихин И.М.* Влияние ферментов и аминокислот на крашение целлюлозных текстильных материалов водорастворимыми красителями. . . . . 43

*Исмаилов Р.И., Тамбовцева Т.В., Аскарлов М.А.* Влияние водорастворимой полимерной композиции на основе поличетвертичной соли N, N-диметиламиноэтилметакрилата с аллилбромидом на физико-механические показатели шерстяного волокна. . . . . 47

**Технология нетканых материалов**

*Кахраманов Ф.Р., Фролова И.В., Легкова И.А.* Аэродинамический процесс формирования текстильного волокнистого продукта. . . . . 50

*Котлярова Е.Ф., Горбатовская М.А., Овчинникова С.А., Горчакова В.М.* О взаимосвязи структуры нетканых иглопробивных фильтров и их деформационных характеристик в условиях термоуплотнения. . . . . 52

<i>Жуманиязов К., Бурнашев Р.З., Алимова Х., Гулямов У.М.</i> К вопросу рационального выбора смеси волоконистого холста. . . . .	56
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Трикотажное производство

<i>Щербаков В.П., Заваруев В.А., Королева Н.А., Цыганов И.Б.</i> Расчет прочности комбинированной нити для основовязаного трикотажа. . . . .	59
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Швейное производство

<i>Кукушкин М.Л., Чарковский А.В.</i> Измерение давления на тело компрессионных медицинских изделий. . . . .	63
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Текстильные машины и аппараты

<b>Шмелев В.А., Михайлова Н.В.</b> К решению задачи о векторах скоростей и ускорений шести-звенного батанного механизма. . . . .	66
<i>Самсонов В.С.</i> Пневмофрикционный привод тканетранспортирующих роликов с автоматическим управлением. . . . .	69
<i>Ушакова Н.Л.</i> Метод определения состава и расположения оборудования в поточной линии. . . . .	73
<i>Комиссаров И.И.</i> Прогнозирование ползучести и уплотнения стенки заготовки манекена одежды в процессе ее центрифугирования. . . . .	77

### Автоматизация технологических процессов

<i>Курнышев Б.С., Данилов С.П.</i> Управление координатами асинхронного электропривода механизмов текстильных производств. . . . .	81
<i>Кутын Ю.К., Кутын А.Ю., Винокуров С.А.</i> Проектирование параметров сновальной паковки и управление ее формированием. . . . .	85

### Экология и промтепллоэнергетика

<i>Герасимов М.Н., Махов О.Н., Логинов С.В.</i> Статистическая оценка методики определения показателя степени пропитки тканей. . . . .	90
<i>Углов В.А., Сажина М.Б., Булеков А.П.</i> Математическая модель сушки волокнообразующих полимеров в аппаратах ВЗП. . . . .	93

### Информационные технологии

<i>Козлов А.Б., Севостьянов В.П.</i> Компьютерное моделирование автоматической системы управления бункерным питанием кардочесальных машин. . . . .	97
<i>Калинин Е.Н.</i> Компьютерный анализ динамической системы валковое устройство – текстильный материал . . . . .	102
<i>Матрохин А.Ю., Коробов Н.А., Гусев Б.Н.</i> Компьютерное измерение показателей протяженности группы волокон. . . . .	106
<i>Цитович И.Г., Гусева Т.Б.</i> Диалоговые средства проектирования технологического процесса изготовления трикотажных изделий. . . . .	109

### Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Даваасурэн Б., Тугс С.</i> Исследование свойств сухожильной нити. . . . .	113
<i>Копнин В.А.</i> Определение коэффициента жесткости опор проходного веретена. . . . .	114
<i>Кудрина Н.Н., Кузьмина Т.М., Хозина Е.Н.</i> Из опыта создания обучающих программ. . . . .	115
<i>Садовский В.В., Козлов А.В.</i> Оптоэлектронная система для реализации метода изучения динамики структурных изменений трикотажа в процессе растяжения. . . . .	118
К 100-летию со дня рождения Николая Степановича Сорокина. . . . .	120
К 70-летию со дня рождения Михаила Федоровича Плеханова. . . . .	122