

Федеральное агентство по образованию

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 3 (290)  
2006**

Издание Ивановской государственной текстильной академии  
**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

---

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН.*

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

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

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

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

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

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

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

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 08.05.2006. Подписано в печать 30.06.2006. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 16,27 усл.-печ. л.; 16,52 усл. кр.-отт. Заказ 2817.

Тираж 450 экз.

---

ОАО "Ивановская областная типография"  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.  
E-mail: [091-018@adminet.ivanovo.ru](mailto:091-018@adminet.ivanovo.ru)

УДК 657.6

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕОСНАЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
НА БАЗЕ ЛИЗИНГОВОГО МЕХАНИЗМА\****К.М. МАРКОВ***(Ивановская государственная текстильная академия)**

Проблема кризиса предприятий отрасли текстильной промышленности во многом определяется состоянием основных производственных фондов и эффективностью форм финансирования технического переоснащения.

Одной из форм финансового инструмента для обновления парка технологического оборудования является финансовый лизинг. Отличительной чертой финансового лизинга, по сравнению с другими способами инвестирования, является то, что предприятию предоставляется не денежный ресурс, являющийся большим дефицитом, а средства производства, которые практически сразу включаются в производственный процесс.

Финансовый лизинг, широко распространенный в мировой практике, постепенно получает признание в российском бизнесе. Вместе с тем, использование данного финансового инструмента для предприятий текстильной отрасли в значительной степени сдерживается отсутствием качественного механизма реализации этого процесса и широким распространением бюрократических преград.

Анализ литературных источников по вопросам использования финансового лизинга показал, что большая часть исследований, как правило, затрагивает вопросы создания и функционирования лизинговых компаний или стратегического развития лизинга в России и за рубежом.

Разработке механизма обновления парка технологического оборудования на

предприятиях текстильной промышленности России за счет финансового лизинга не уделялось должного внимания. Большинство лизинговых компаний в меняющихся условиях рынка придерживаются малоэффективных стереотипов лизинговых сделок, в то время как рациональная организация лизингового процесса во многом определяет результаты эффективной хозяйственной деятельности предприятий – лизингополучателей.

При сложившейся возрастной структуре производственного оборудования на текстильных предприятиях, его физическом и моральном износе объем инвестиций явно недостаточен для осуществления эффективной структурной политики и обновления производственных фондов.

Подобное относится и к инструменту "льготной нормы амортизации", который получил распространение в отрасли в последние 5...7 лет.

Использование последнего инструмента хотя и решает в определенной степени проблему дополнительного источника финансирования для обновления производственных фондов, но одновременно приводит к снижению главного экономического показателя успешной работы предприятия – прибыли и создает искусственные предпосылки снижения налоговых отчислений во все виды бюджета. Последнее в определенной степени ставит под угрозу финансовую безопасность отечественной экономики.

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. экон. наук С.В. Гориновой.

В настоящее время, в условиях существенного уменьшения в России рынка долгосрочного кредитования, финансовый лизинг может рассматриваться в качестве эффективного направления обслуживания инвестиционного процесса.

Лизинг, как капиталосберегающая форма инвестиций, в последние годы стал неотъемлемой частью экономики большинства промышленно развитых стран. Так, удельный вес лизинговых операций в общих объемах инвестиций США составляет порядка 30%. В западных странах доля лизинга в обновлении промышленного парка оборудования и машин составляет более 25%. Увеличение объема лизинговых договоров за последнее десятилетие на внутреннем рынке России составило: в 1995г. – 50 млн. дол., в 1997г. – 500 млн. дол., в 2001г. – более одного млрд. дол.

Такое развитие лизинга в России объясняется преимуществами, которые получает как лизингополучатель, так и лизингодатель.

Одним из условий устойчивого функционирования лизинговой деятельности является постоянное совершенствование комплекса нормативно-правовых актов, призванных регулировать взаимоотношения лизингодателя и лизингополучателя,

лизингодателя и кредитной организации, изготовителя (продавца оборудования) и лизингодателя и другие взаимоотношения, возникающие в ходе осуществления лизинговых операций.

В процессе подготовки лизинговой сделки важным этапом, влияющим на ее эффективность, является квалифицированный выбор лизингополучателя, который определяется финансовым состоянием предприятия и показателями его платежеспособности.

Существующие "Методические рекомендации по реформе предприятия" предлагают использовать достаточно большой перечень показателей финансового состояния предприятий, что во многом усложняет процесс оценки лизингополучателя и даже может привести к противоречивым выводам.

По нашему мнению, оценка финансового состояния может ограничиваться коэффициентами абсолютной, быстрой и текущей ликвидности.

Предложенный подход к оценке экономического состояния предприятий позволяет лизинговой компании осуществлять отбор лизингополучателей путем их ранжирования по показателям финансового состояния.

Т а б л и ц а 1

Этапы	Содержание этапа	Критерии эффективности	
		качественные	количественные
1	Анализ финансового состояния лизингополучателей	– своевременная выплата лизинговых платежей на каждом этапе и в целом по всей сделке; – исключение потерь, связанных с невыполнением потенциальными лизингополучателями договорных обязательств по лизинговым выплатам	-
2	Ранжирование лизингополучателей по показателям финансового состояния	– исключение потерь, связанных с невыполнением потенциальными лизингополучателями договорных обязательств по лизинговым выплатам	-
3	Формирование портфеля заявок на лизинговые сделки для лизингополучателей с высоким рангом финансового состояния	– своевременные выплаты заработной платы работникам компании; – своевременные погашения кредитов; – своевременные расчеты с поставщиками различного рода ресурсов (материально-технических, энергетических); – своевременные расчеты с бюджетными организациями	оценка прибыльности заявок по уровню относительной рентабельности (I этап ранжирования)

П р о д о л ж е н и е т а б л. 1

4	Ранжирование менее	– исключение рисков, связанных с невыполнением	-
---	--------------------	--	---

	финансовоустойчивых предприятий с учетом ожидаемых у них рисков	лизингополучателями договорных обязательств по лизинговым выплатам	
5	Формирование портфеля заявок на лизинговые сделки для лизингополучателей с более низкими рангами финансового состояния	– своевременные выплаты заработной платы работникам компании; – своевременные погашения кредитов; – своевременные расчеты с поставщиками различного рода ресурсов (материально-технических, энергетических); – своевременные расчеты с бюджетными организациями	оценка прибыльности заявок по уровню относительной рентабельности (II этап ранжирования)

Для оценки эффективности этапов лизингового механизма в табл. 1 предлагается классификация количественных и качественных критериев, выполненных группой экспертов двух лизинговых компаний Ивановского региона.

В табл. 1 представлены критерии эффективности этапов лизингового механиз-

ма, реализация которого на ряде лизинговых сделок позволит увеличить прибыль на 15...20%.

Рекомендована кафедрой организации производства и логистики. Поступила 04.04.06.

УДК 339.9

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕНОВОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СДЕЛОК

*Н.В. ДОДЕЛЬЦЕВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Анализ текущих цен внешних рынков включает сбор информации о текущих ценах, ее систематизацию и анализ. Отсюда следует, что если имеющуюся информацию по ценам, полученную из публикаций или же путем запросов и расчетов, распределить по этапам формирования, то есть отдельным стадиям ценообразования, то можно упорядочить информационный массив данных и классифицировать наличные цены по степени их приближения к реальному рыночному уровню.

Для определения экспортных цен существует не менее десяти различных методов, выбор которых зависит от специфики продукции и наличия конкурентных материалов.

Ниже предлагается разработанная нами методика определения экспортной цены

[1], [2] изделия с использованием сравнительного и расчетного методов, которая поэтапно систематизирует все характеристики цены и дает объективную картину расчетной цены со всеми внесенными поправками. В качестве примера представлен расчет экспортной цены дизельного двигателя Т-450Д.

1. ОАО "Автодизель" предполагает в 2007 г. поставку в одну из стран Южной Америки 50 штук на условиях СІР – Буэнос-Айрес со следующей оплатой: 50% – аванс на закупку комплектующих за 3 месяца до даты поставки и 50% – по аккредитиву.

2. Поскольку ценовая политика предприятия ОАО "Автодизель" – "ориентация на конкурентов", в качестве базы сравнения взяты следующие материалы фирм-конкурентов на аналогичные изделия (табл. 1

Таблица 1

Фирма-производитель	Источник информации	Дата документа	Срок поставки	Марка машины (для машино-технической продукции)	Цена в конкурентном материале
Пьяджо (Италия)	цена предложения	01.01.06	2006 г.	AFD-1M	8533,0 дол. США
Ломбардини (Италия)	прейскурант фирмы	01.02.06	- " -	3LD	5865 евро
Финимеханика (Италия)	прейскурант фирмы	01.03.06	- " -	RH-186	6072,0 дол. США

Расчет контрактной цены осуществляется на базе конкурентных материалов в два этапа.

1. Расчет приведенной базовой цены.
2. Расчет цены для конкретных условий сделки на основе приведенной базовой цены.

Расчет приведенной базовой цены

1. Поправка на валюту цены. Расчет осуществляется в табл. 2 – введение поправки на валюту цены.

Таблица 2

№ п/п	Показатели	AFD- 1M	3LD	RH-186
1	Фирма-продавец	Пьяджо (Италия)	Ломбардини (Италия)	Финимеханика (Италия)
2	Источник информации	Цена предложения	Прейскурант фирмы	Прейскурант фирмы
3	Валюта цены	доллары США	евро	доллары США
4	Цена конкурентного материала	8533,0 долларов США	5865 евро	6072,0 долларов США
5	Курс (валюта к доллару США)	1/1	1/1,2	1/1
6	Цена, доллары США	8533,0	7038,0	6072,0

2. Поправка на дату конкурентного материала или поправка на срок поставки. Приведение цен на дату конкурентного материала (на срок поставки) осуществляется по формуле:

$$P_{\text{тек}} = P_{\text{конк}} \left( \frac{I_{\text{тек}}}{I_{\text{конк}}} \right), \quad (1)$$

где  $P_{\text{тек}}$ ,  $P_{\text{конк}}$  – цены изделия-аналога конкурента соответственно на момент расчета цены и на дату конкурентного материала (на дату поставки);  $I_{\text{тек}}$ ,  $I_{\text{конк}}$  – индексы экспортных цен на данную группу товаров страны-конкурента соответственно на момент расчета цены и на дату конкурентного материала (на срок поставки).

Поправка на срок поставки производится по индексам цен на машины, оборудование и транспортные средства. На 2007 г. индексы цен прогнозируются исходя из изменения

этих индексов за последний год (в данном случае с 2005 на 2006 гг.).

Для 3LD поправка взята по индексам экспортных цен Германии (источник: <http://www.fordewind.spb.ru/Info/Sole/mini17.htm>):

$$\frac{I_{\text{тек}}}{I_{\text{конк}}} = \frac{I_{07}}{I_{06}} = \frac{131,5}{127,3} = 1,033.$$

Для AFD-1M использованы индексы цен производителей в Италии:

$$\frac{I_{\text{тек}}}{I_{\text{конк}}} = \frac{I_{07}}{I_{06}} = \frac{173,4}{162,3} = 1,068.$$

Поправка для RH-186 будет равна 1. Результаты расчетов занесены в табл. 3 (введение поправки на дату конкурентного материала).

Таблица 3

№ п/п	Показатели	T-450Д	AFD-1M	3LD	RH-186
1	Дата документа (срок поставки)	-	2005	2006	2007
2	Дата расчета	2007	2007	2007	2007
3	Цена, доллары США	-	8533,0	7038,0	6072,0
4	Величина поправки	-	1,068	1,033	1,0
5	Цена с учетом поправки на дату конкурентного материала (на срок поставки)	-	9113,24	7270,25	6072,0

3. Поправка на уторговывание (скидку). Поскольку источниками информации по конкурентным изделиям выступают прейскуранты фирм и цена предложения, то, очевидно, что эти цены включают в себя

надбавку на уторговывание. Предположим, что эта надбавка составляет 10%. Расчеты заносятся в табл. 4 (введение поправки на уторговывание).

Таблица 4

№ п/п	Показатели	AFD-1M	3LD	RH-186
1	Источник информации	цена предложения	прейскурант фирмы	прейскурант фирмы
2	Цена с учетом предыдущей поправки	9113,24	7270,25	6072,0
3	Скидка на уторговывание, %	10	10	10
4	Поправочный коэффициент	0,9	0,9	0,9
5	Цена с учетом поправки на уторговывание	8201,92	6543,23	5464,80

4. Поправка на серийность (количество). В связи с тем, что скидка на количество по дизельному двигателю AFD-1M неизвестна, условно принимаем, что она такая же, как и в прейскуранте на модель RH-186, то есть – 5% на 10 штук и 10% на 100 штук. Цена предложения на AFD-1M в конкурент-

ном материале устанавливалась при объеме партии – 15 штук. Это значит, что в нее уже заложена скидка на количество. Очевидно, цена предложения одного двигателя будет выше на (1/0,95) - 1,05. Расчеты заносятся в табл. 5 (введение поправки на количество).

Таблица 5

№ п/п	Показатели	AFD-1M	3LD	RH-186
1	Количество товара в конкурентном материале	15	1	1
2	Цена с учетом предыдущей поправки	8201,92	6543,23	5464,80
3	Поправочный коэффициент	1,05	1,0	1,0
4	Цена с учетом поправки на количество	8612,02	6543,23	5464,80

5. Поправка на условия платежа. Инкассо и аккредитив считаются наличным платежом, поэтому для 3LD и RH-186 поправочный коэффициент равен 1,0. Принимаем следующие условия платежа: аванс

10%; инкассо 50%; рассрочка 40% на 2 года при 5% стоимости кредита.

Поправочный коэффициент на условия платежа за дизельный двигатель AFD - 1M рассчитывается по следующей формуле:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{прив}} &= \sum_{i=1}^n d_i (1+b)^{n_i} + R(1+b)^{n_k} \left[ \frac{r}{b} + \left( 1 - \frac{r}{b} D \right) \right] = \\
 &= d_a (1+0,08)^{n_a} + d_1 (1+0,08)^{n_1} + 0,4(1+0,08)^{n_k} \left[ \frac{0,05}{0,08} + \left( 1 - \frac{0,05}{0,08} \cdot 0,102 \right) \right] = \\
 &= 0,1(1+0,08)^1 + 0,5(1+0,08)^0 + 0,4(1+0,08)^0 [0,625 + (1 - 0,625 \cdot 0,102)] = 0,98, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где  $d_a = 0,1$  – доля аванса;  $d_i = 0,5$  – доля инкассо;  $b = 0,08$  – средняя величина банковского процента для заемщиков на 01.01.06 г.;  $n_a = 1$  – разница (в годах) между датой приведения цены (2007) и датой авансового платежа (2006);  $R = 0,4$  – доля кредитуемой части общей суммы контракта, то есть общей суммы за вычетом авансовых и других предшествующих платежей;  $n_u = 0$  – разница в го-

дах между платежом инкассо (2007) и годом приведения (2007);  $n_k = 0$  – разница в годах между датой приведения (2007) и датой начала кредита (2007);  $r = 0,05$  – стоимость кредита (годовой процент, взимаемый с покупателя за предоставленный товарный кредит  $K$ );  $D$  – коэффициент кредитного влияния, который можно определить по формуле:

$$D = \frac{(1+b)^t - 1}{tb(1+b)^t} = \frac{(1+0,08)^2 - 1}{2 \cdot 0,08(1+0,08)^2} = \frac{(1,08)^2 - 1}{1,4 \cdot (1,08)^2} = \frac{0,17}{1,63} = 0,102, \quad (3)$$

где  $t = 2$  – срок кредита. Результаты расчетов приведены в табл. 6 (введение поправки на

условия платежа).

Таблица 6

№ п/п	Показатели	AFD-1M			3LD	RH-186
		а) 2006	б) 2007	в) с 2007	2006	2007
1	Год платежа				2006	2007
2	Цена с учетом предыдущей поправки		8612,02		6543,23	5464,80
3	Поправочный коэффициент		0,98		1,0	1,0
4	Цена с учетом условий платежа		8439,78		6543,23	5464,80

6. Поправка на базисные условия. Для моделей AFD-1M и 3LD поправочные коэффициенты на базисные условия будут равны 1,0. Цену модели RH-186 на условиях "франко-склад продавца" увеличивают условно на 5%

– то есть на стоимость упаковки и транспортировки до границы (порта) страны продавца. Расчеты оформляются в табл. 7 (введение поправки на базисные условия).

Таблица 7

№ п/п	Показатели	AFD-1M	3LD	RH-186
1	Базис поставки	DAF – граница Италии	DAF – граница Германии	EXW - франко-склад продавца
2	Цена с учетом предыдущей поправки	8439,78	6543,23	5464,80
3	Поправочный коэффициент	1,0	1,0	1,05
4	Цена с учетом базисных условий	8439,78	6543,23	5738,04

7. Поправка на комплектацию. Модели AFD-1M и 3LD поставляются с комплектом гарантийного ЗИП, поэтому цена комплекта ЗИП включается в цену дизельного двигателя.

Для модели AFD-1M цена гарантийного комплекта ЗИП составляет 130 долларов США, а для 3LD – 95 долларов США. Расчет производится в табл. 8 (введение поправки на комплектацию поставки).

Таблица 8

№ п/п	Показатели	T-450Д	AFD-1M	3LD	RH-186
1	Цена с учетом предыдущей поправки		8439,78	6543,23	5738,04
2	Наличие комплекта гарантийного ЗИП	нет	есть	есть	нет
3	Скидка	-	130,0	95,0	-
4	Цена со скидками (с учетом поправки на комплектацию)	-	8569,78	6448,23	5738,04

8. Поправка на технико-экономические условия. Расчет цен с учетом поправки на технико-экономические условия будет осуществляться по одному из главных параметров, представленных в табл. 9 (введение поправки на технико-экономические различия).

Поправки определены по информационным материалам ведущих фирм-производителей дизельных двигателей.

При этом величина поправочного коэффициента определяется по формуле:

$$n = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^n, \quad (4)$$

где  $N_1$  – соответственно цена и технический параметр изделия по конкурентному материалу;  $N_2$  – соответственно цена и технический параметр изделия, принятого за базу расчета.

Таблица 9

№ п/п	Показатели	T-450Д	AFD-1M	3LD	RH-186
1	Цена с учетом предыдущей поправки	-	8569,78	6448,23	5738,04
2	Мощность, кВт	8	10	7,5	7
3	Поправочный коэффициент на мощность	-	0,89	1,08	1,12
4	Максимальная частота вращения, мин	3600	4500	3200	3200
5	Поправочный коэффициент на частоту вращения	-	0,67	1,05	1,05
6	Поправочный коэффициент на рабочий процесс	-	0,9	1,0	1,0
7	Цена с учетом технико-экономических параметров	-	4599,14	7312,29	6747,94

9. Определение базовой приведенной цены. Обычно в качестве базовой приведенной цены берут среднюю арифметиче-

скую цену из приведенных цен конкурентов, то есть

$$\frac{4599,14 + 7312,29 + 6747,94}{3} = 6219,79 \text{ долларов США.} \quad (5)$$

Расчет цены для конкретных условий сделки по T-450Д на основе приведенной базовой цены.

1. Валюта предстоящей сделки – доллары США. Следовательно, приведенную базовую цену пересчитывать не нужно. Дата расчета экспортной цены совпадает со сроком поставки по предстоящей сделке, поэтому пересчет не требуется.

2. В цену предложения по предстоящей сделке ОАО "Автодизель" планирует включить величину скидки на уторговывание в размере 10%. Таким образом, поправочный коэффициент будет равен 1,1.

3. Поправочный коэффициент на серийность будет равен 1,0, так как при годовом выпуске дизельных двигателей для внутреннего рынка 10000 шт. увеличение выпуска на 50 штук незначительно повлияет на снижение накладных расходов, а также на снижение средней стоимости затрат на материа-

лы и комплектующие изделия и снижение трудозатрат за счет серийности заказа.

4. Размер поправки на авансовые платежи определим по формуле:

$$P_A = K_B \left( \frac{a_1}{100} \cdot \frac{t_1}{12} \right) = 0,08 \left( \frac{50}{100} \cdot \frac{3}{12} \right) = 0,01, \quad (6)$$

где  $P_A$  – размер поправки на авансовые платежи в процентах;  $K_B$  – величина банковского процента при кредитовании экспортных операций (для данной страны и на данный период времени);  $a_1$  – размеры авансовых платежей в процентах от базисной цены;  $t_1$  – сроки авансирования в месяцах.

Таким образом, за счет авансовых платежей цена будет снижена на 1%. Отсюда поправочный коэффициент будет равен 0,99.

5. Поставки осуществляются на условиях СІР – Буэнос-Айрес. Следовательно, в цене необходимо учесть стоимость фрахта до Буэнос-Айреса и страхования. По тарифам

транспортно-экспедиторской фирмы "МСТ" стоимость фрахта Ярославль – Буэнос-Айрес за 20-футовый контейнер равна 2850 долларов США. Стоимость страхования будет составлять примерно 200 долларов за всю партию.

В пересчете на одно изделие поправка на базисные условия составит:

$$\frac{2850 + 200}{50} = \frac{3050}{50} = 61 \text{ доллар США.}$$

6. Комплектация дизельного двигателя Т-450Д совпадает с комплектацией, принятой при расчете базовой приведенной цены, поэтому поправочный коэффициент будет равен 1,0.

Расчет экспортной цены, приведенной к конкретным условиям сделки, осуществляется в табл. 10.

Т а б л и ц а 10

№ п/п	Показатели	Предполагаемая сделка
1	Базовая приведенная цена в долларах США	6450,59
2	Валюта предстоящей сделки	доллары США
3	Курс валюты предстоящей сделки к доллару США на дату расчета	1/1
4	Расчетная цена в валюте предстоящей сделки	6450,59
5	Поправка на срок поставки	1,0
6	Цена с учетом срока поставки	6450,59
7	Поправка на уторговывание	1,1
8	Цена с учетом поправки на уторговывание	7095,65
9	Цена с учетом поправки на серийность	7095,65
10	Поправка на кредитование покупателя или поправка на авансовый платеж	0,99
11	Цена с учетом поправки на условия платежа	7024,69
12	Поправка на базисные условия поставки, доллары США	61,0
13	Цена с учетом поправки на базисные условия поставки	7085,69
14	Поправка на комплектацию	-
15	Расчетная экспортная цена	7085,69

## В Ы В О Д Ы

Нами представлен процесс формирования цены, которая учитывает и сложившиеся мировые цены на аналогичную продукцию, и конкретные условия предстоящей сделки. В нашем примере цена равна 7085,69 долларов США. Показано формирование таблиц с поэтапно записанными данными и поправочными коэффициентами, которые по окончании расчетов представляются на утверждение маркетинг-директору.

Очевидно, что определенная по представленной методике цена экспортного това-

ра будет использоваться с целью оценки эффективности его реализации на внешнем рынке.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Додельцева Н.В. Разработка ценовой политики внешнеторговых организаций. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2006.

2. Маркетинг во внешнеэкономической деятельности предприятия (Методические рекомендации / ВНИИ внешних связей / Подгот. Завьялов П.С. и др.). – 2-е изд. – М.: Внешторгиздат, 1999.

Рекомендована кафедрой бухгалтерского учета и аудита. Поступила 07.04.06.

## РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В ИВАНОВСКОМ РЕГИОНЕ

*О.В. МЕЛЬНИКОВА*

**(Ивановский филиал Российского университета кооперации)**

Основные проблемы повышения инвестиционной привлекательности российских регионов в значительной степени связаны с тем, что областные администрации в настоящее время не имеют четкого представления о стратегических перспективах своего развития. Многие регионы не обладают эффективными механизмами для развития предпринимательства, привлечения инвестиций, градостроительства, бюджетного планирования, формирования программ развития.

В современных условиях рыночной экономики регионы конкурируют между собой за привлечение инвестиций, создание новых рабочих мест и производственных мощностей. В связи с этим возникла насущная потребность в создании организации, которая бы отстаивала интересы Ивановского региона, особенно текстильной промышленности.

С учетом сложившегося в большинстве субъектов Российской Федерации положения представляется целесообразным улучшить организацию управления инвестиционной деятельностью на основе следующих принципиальных подходов:

– обязательная ориентация региональной инвестиционной политики на разработку и выполнение стратегического плана социально-экономического развития региона;

– участие и реализация инвестиционной программы наряду со структурными подразделениями администрации представителей бизнес-сообщества региона (предприятий, банков), научных и образовательных учреждений, общественных организаций;

– выбор организационной формы управления инвестиционной деятельностью в регионе, который необходимо осу-

ществлять исходя из существующих внешних и внутренних условий.

Наиболее эффективной организационно-правовой формой представляется независимое некоммерческое партнерство "Агентство по управлению региональными инвестициями" (АУРИ, работающее в интересах всех представителей региона, а также инвесторов.

Цель и задачи создания в Ивановском регионе агентства по управлению региональными инвестициями заключаются в следующем. Главная цель деятельности АУРИ – формирование образа региона, как места, привлекательного для инвестиций.

Ивановская область, как показывают независимые рейтинговые агентства, относится к регионам с незначительным потенциалом и умеренным индексом риска. Российские эксперты считают, что именно этот тип позволяет неспешно, но стабильно реализовывать долгосрочные проекты, что, к сожалению, не дооценивается нашими западными партнерами.

Основными факторами, обеспечивающими инвестиционную привлекательность Ивановской области, в частности, текстильной промышленности, являются:

– выгодное географическое положение;

– близость к экономическому и финансовому центру страны;

– развитая система транспортных коммуникаций, пересечения важнейших железнодорожных и автомобильных магистралей;

– развитая система связи и телекоммуникаций;

– многоотраслевая экономика области, наличие уникальных производств и высокоточных технологий;

– благоприятные экономические условия для развития бизнеса;

– активное содействие со стороны органов государственной власти и местного самоуправления инвесторам;

– долгосрочные, устойчивые тенденции снижения инвестиционного риска;

сложившаяся система законодательного обеспечения инвестиционной деятельности.

Для достижения поставленной цели функционирование АУРИ в Ивановской области должно обеспечить решение следующих задач:

– осуществляет анализ природных, демографических, производственных, финансовых и других ресурсов региона;

– проводит постоянный мониторинг экономики региона, составляет прогноз тенденций изменения в ключевых отраслях и на предприятиях региона;

– анализирует современный опыт реформирования хозяйства, включая схемы финансирования отдельных проектов; изучает возможности реализации тех или иных проектов с точки зрения их приемлемости для использования в регионе;

проводит примерную оценку затрат результатов по данным проектам;

– обеспечивает объективность и достоверность конкурсного отбора инвестиционных проектов;

– участвует в обеспечении защиты интересов участников инвестиционного процесса;

– обеспечивает расширение использования наряду с бюджетами других источников финансирования капитальных вложений в социально-экономическое развитие региона.

В целом АУРИ должен обеспечивать репрезентативность различного рода групп интересов, а вместе с этим объективность и сбалансированность разрабатываемой экономической стратегии развития региона, что и позволит обеспечить рост конкурентоспособности Ивановской области.

Рекомендована кафедрой экономики и бухгалтерского учета. Поступила 25.05.06.

УДК 539.434:677.494

**МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА  
ВЯЗКОУПРУГОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ***А.В. ДЕМИДОВ, А.Г. МАКАРОВ, А.М. СТАЛЕВИЧ***(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)**

Основу исследования механических свойств технических тканей, изготовленных из современных полимерных материалов, составляют феноменологические теории, базирующиеся на эксперименте [1] при учете активирующего влияния механического воздействия в зоне действия неразрушающих нагрузок и деформаций. При этом важными деформационными характеристиками, наряду с релаксирующим модулем и податливостью, признаны времена релаксации и запаздывания [2], которые не могут быть определены только из эксперимента. Для их определения требуется математическое моделирование процесса вязкоупругости.

Наиболее простые математические модели релаксации и ползучести строились на общепринятом и физически обоснованном нормальном распределении релаксирующих и запаздывающих частиц по временам релаксации и запаздывания, характеризующим спектр релаксации и запаздывания [3]. В качестве временной шкалы для удобства использовалась полулогарифмическая шкала приведенного безразмерного времени, хорошо отражающая как большие, так и малые времена.

Методики определения механических характеристик и дальнейшего прогнозирования деформационных процессов, основанные на нормальном распределении, успешно применялись к материалам простой макроструктуры, например, к вискозно-лавсановым тканям [4]. Однако с усложнением макроструктуры полимерных материалов происходило и изменение вида распределения – спектры релаксации и запаздывания отражали это усложнение,

становились более "растянутыми" и менее ярко выраженными.

Для описания указанных спектров требовалось применение иного распределения, чем нормальное. Такое распределение должно обладать как внешним сходством с нормальным распределением, так и замедленным убыванием определяющей его плотности при удалении в область больших и малых времен в полулогарифмической временной шкале. Спектрам указанного вида, как было показано экспериментально, соответствует вероятностное распределение Коши, интегральная функция которого есть нормированный арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ) [5].

Таким образом, полимерные материалы и, в частности, синтетические ткани, можно разделить на две группы. К первой группе относятся материалы с относительно простым макростроением, спектры релаксации и запаздывания у которых соответствуют нормальному распределению. Ко второй группе относятся материалы с более сложным макростроением, спектры релаксации и запаздывания у которых хорошо описываются производной функции НАЛ.

Увеличение разновидности полимерных материалов и усложнение их макроструктуры ведет к увеличению второй группы материалов, что определяет актуальность математического моделирования вязкоупругих свойств с использованием распределения релаксирующих и запаздывающих частиц по закону НАЛ.

Исследования лаборатории механики ориентированных полимеров СПГУТД,

относящиеся к определению механических характеристик и прогнозированию деформационных процессов вискозно-лава-сановых тканей [3], были продолжены при изучении вязкоупругих свойств синтетических тканей технического назначения, применяемых в спецодежде [6].

Синтетические ткани для спецодежды имеют в основном сложное макростроение, поэтому их можно отнести к материалам второй группы. В силу главной задачи спецодежды – обеспечения безопасности и защиты человека от вредных воздействий указанные синтетические ткани должны обладать определенными механическими свойствами.

К факторам, способным причинить вред организму человека, можно отнести ряд механических воздействий, например, удары, воздействия нагрузки и деформации. В настоящее время особое внимание уделяется разработке и производству тканей для спецодежды, обладающих определенными защитными свойствами, что повышает актуальность изучения механиче-

ских характеристик указанных материалов и прогнозирования деформационных процессов с их участием.

Иллюстрируя использование функции НАЛ для моделирования вязкоупругости плащевой ткани с полиэфирным волокном с водоотталкивающей отделкой [7], применяемой в качестве материала верха противоударного подшлемника, предназначенного для защиты головы человека от случайно падающих предметов, получаем следующие деформационные характеристики: модуль упругости  $E_0 = 5,93$  ГПа; модуль вязкоупругости  $E_\infty = 0,82$  ГПа; коэффициент интенсивности процесса релаксации  $1/b_{пэ} = 0,043$ ; функцию времен релаксации  $\tau_e$  (рис. 1); спектр релаксации  $\bar{H}$  (рис. 3); начальную податливость  $D_0 = 0,17$  ГПа<sup>-1</sup>; предельно-равновесную податливость  $D_\infty = 1,22$  ГПа<sup>-1</sup>; коэффициент интенсивности процесса ползучести  $1/b_{пс} = 0,139$ ; функцию времен запаздывания  $\tau_\sigma$  (рис. 2); спектр запаздывания  $\bar{Q}$  (рис. 4).

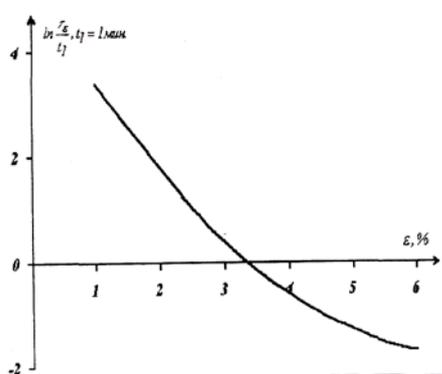


Рис. 1

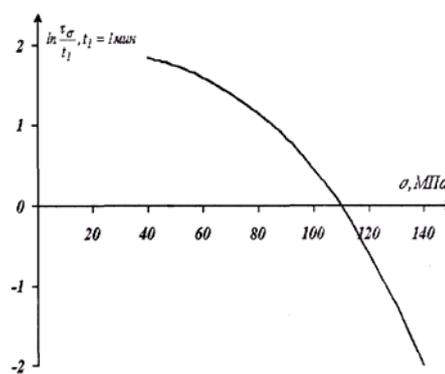


Рис. 2

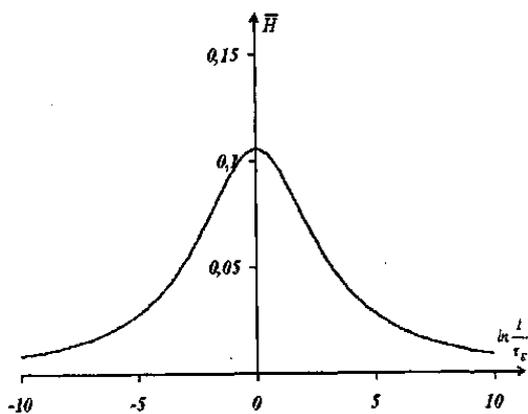


Рис. 3

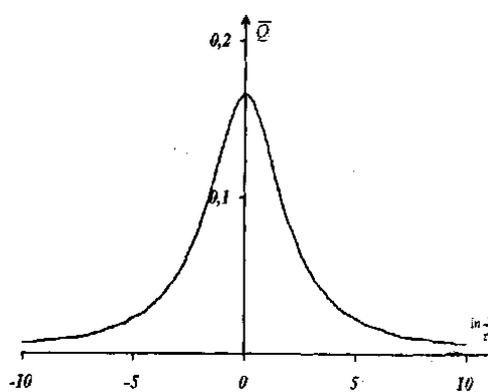


Рис. 4

Рассчитанные деформационные характеристики плащевой ткани далее применяются при прогнозировании вязкоупругих процессов, например, деформационно-восстановительных процессов и процессов обратной релаксации, как численное решение интегральных уравнений Больцмана-Вольтерра [8].

Прогнозирование деформационно-восстановительных процессов и процессов обратной релаксации приобретает особую актуальность при исследовании деформационных свойств материалов для спецодежды. Методики прогнозирования вязкоупругих процессов являются аппаратом исследования свойств указанных материалов как средства защиты от опасных механических воздействий. Ударно-защитное предназначение рассматриваемой плаще-

вой ткани определило первостепенную роль в исследовании ее механических характеристик, особенно ее упругих свойств.

Моделирование процессов деформирования тканей, основы которого изложены в [4], позволяет перейти к анализу энергетических характеристик. С этой целью производится выделение упругих компонент деформации и механической работы деформирования, определяющих упруго-восстановительные свойства ткани. Воспользуемся для этого прогнозом процесса растяжения ткани с постоянной скоростью деформирования  $\dot{\varepsilon}$  [9].

Упругий компонент деформации  $\varepsilon_{t0}$  для значения полной деформации  $\varepsilon_t$  и напряжения  $\sigma_t$  определяется по формуле

$$\varepsilon_{t0} = E_0^{-1} \sigma_t = \varepsilon_t - \left(1 - E_\infty E_0^{-1}\right) \int_0^t \varepsilon_{t-s} \phi'_{\varepsilon s} ds, \quad (1)$$

где  $\phi'_{\varepsilon t} = \frac{\partial \phi_{\varepsilon t}}{\partial t}$  – производная функции НАЛ.

Затем определяется удельная механическая работа деформирования (на единицу объема):

$$a_t = \int_0^{\varepsilon_t} \sigma_t d\varepsilon = 0,5 E_0 \varepsilon_t^2 - \dot{\varepsilon} (E_0 - E_\infty) \int_0^t \int_0^s \varepsilon_{t-s} \phi'_{\varepsilon s} ds dt, \quad (2)$$

ее упругий  $a_{t0} = 0,5 E_0^{-1} \sigma_t^2$  и рассеивающий  $a_{tt} = a_t - a_{t0}$  компонент.

Расчет компонент удельной механической работы и компонент деформации плащевой ткани приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

$\varepsilon_t, \%$	$\varepsilon_{t0}, \%$	$\varepsilon_t - \varepsilon_{t0}, \%$	$a_t, \text{ГПа}$	$a_{t0}, \text{ГПа}$	$a_{tt}, \text{ГПа}$
2	1,43	0,57	0,91	0,56	0,35
4	2,23	1,73	2,63	1,38	1,25
6	2,91	3,09	5,47	2,43	3,04.

Как видно из табл.1, при малой деформации (2%) преобладают упругие компоненты деформации и механической работы. Доля рассеянной энергии в этом случае составляет величину 30...40%. В то же

время с увеличением деформации (6%) начинают преобладать рассеивающие компоненты механической работы деформирования, характеризующие вязкоупругую и пластическую составляющие деформации.

Исследование упругих и рассеивающихся компонент механической работы деформирования позволяет проанализировать вязкоупругие свойства материалов, применяемых в ударозащитных подшлемниках. В данном случае важно, насколько защитный материал может погасить ударное механическое воздействие.

В связи с этим необходимо отметить, как положительный момент, увеличение доли рассеивающейся составляющей механической энергии деформирования при

увеличении деформации. В то же время при небольшой деформации преобладание упругих компонент деформации и энергии деформирования приводит к тому, что материал хорошо восстанавливается и пригоден для дальнейшего использования.

С целью контроля прогнозирования вязкоупругости разработаны интегральные критерии правдоподобия определяемых вязкоупругих характеристик [10]:

$$E_0 D_{\sigma t} + \int_0^t D_{\sigma \theta} E'_{\varepsilon; t-\theta} d\theta = 1, \quad (3)$$

$$D_0 E_{\varepsilon t} + \int_0^t E_{\varepsilon \theta} D'_{\sigma; t-\theta} d\theta = 1, \quad (4)$$

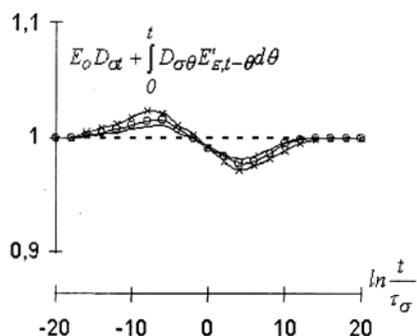


Рис. 5

позволяющие контролировать как точность их определения, так и достоверность прогнозирования деформационных процессов (здесь  $E'_{\varepsilon t} = \frac{\partial E_{\varepsilon t}}{\partial t}$ ,  $D'_{\sigma t} = \frac{\partial D_{\sigma t}}{\partial t}$  – производные релаксирующего модуля  $E_{\varepsilon t}$  и податливости  $D_{\sigma t}$

Применение критериев к рассматриваемой плащевой ткани подтверждает гипотезу о распределении НАЛ релаксирующих и запаздывающих частиц (рис. 5 – критерия (3) к плащевой ткани: ---- –  $\sigma = 82$  МПа; --o-- –  $\sigma = 114$  МПа; ---- –  $\varepsilon = 136$  МПа; рис. 6 – критерия (4) к плащевой ткани: ---- –  $\varepsilon = 5\%$ ; --o-- –  $\varepsilon = 3\%$ ; ---- –  $\varepsilon = 1\%$ ), а также достоверность определения среднестатистических времен релаксации и запаздывания.

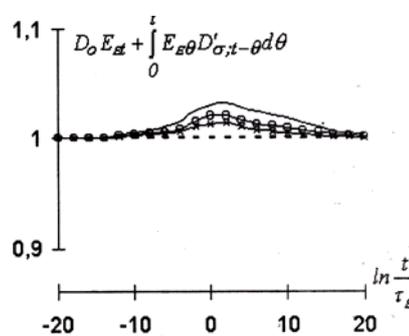


Рис. 6

Указанные интегральные критерии являются удобным средством наилучшего выбора нормированной функции из числа предложенных – по величине отклонения интегральных кривых, соответствующих левым частям уравнений (3), (4) от значения единицы.

Интегральные критерии (3) и (4) носят универсальный характер, так как, с одной стороны, являются критериями достоверности выбора нормированных функций релаксации и ползучести, а с другой – являются критериями правдоподобия определяемых вязкоупругих характеристик.

В связи с тем, что определение механических характеристик полимерных материалов и прогнозирование деформационных процессов становятся точнее и проще с применением вычислительной техники

большое внимание уделяется компьютеризации расчетов.

Моделирование вязкоупругих свойств получило дальнейшее развитие в виде компьютеризации методик, что позволило автоматизировать процесс вычисления. Компьютеризация вычислений позволяет произвести наилучшим образом выбор математической модели для описания вязкоупругости синтетических материалов. Этот фактор способствует увеличению роли математического моделирования механических свойств, а также стимулирует переход к компьютерным технологиям прогнозирования вязкоупругости.

Применение компьютерного прогнозирования, основанного на оптимальном выборе математической модели, способствует повышению степени достоверности прогноза. Более точный расчет деформа-

ционных процессов позволяет повысить надежность их прогнозирования.

Без компьютеризации расчетов практически невозможно применение интегрального критерия достоверности определения механических характеристик синтетических материалов (3), (4). Компьютерные расчеты упрощают также процедуру нахождения спектров релаксации и запаздывания.

Методики компьютерного прогнозирования деформационных процессов и расчета механических характеристик полимерных материалов служат основой для обработки экспериментальных данных.

В заключение подчеркнем, что без математического моделирования деформационных свойств материала практически невозможно объективное решение задач по сравнительному анализу, структурной обусловленности, целенаправленному регулированию этих свойств, а также прогнозированию как кратковременных, так и длительных процессов деформирования.

## ВЫВОДЫ

1. Применение математической модели с функцией НАЛ при аналитическом описании вязкоупругости синтетических тканей позволяет повысить точность расчетного прогнозирования деформационных процессов, в том числе деформационно-восстановительных и обратнорелаксационных, близких к условиям эксплуатации изделий.

2. Предлагается методика разделения механической работы деформирования на составные части: упругую и рассеивающуюся, которую, в частности, рекомендуется использовать при расчетах сопротив-

ления синтетических тканей ударной нагрузке.

3. Для повышения надежности математического моделирования предлагается использовать компьютерно-интегральный критерий при выборе варианта нормированных функций релаксации и запаздывания, что повышает достоверность решений технологических и механических задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алфрей Т.* Механические свойства высокополимеров. – М.: ИЛ, 1952.
2. *Кужин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И.* Текстильное материаловедение (волокна и нити). – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. *Сталевич А.М.* // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1981, № 3. С.18...22.
4. *Лобья Л.И., Романов В.Е., Сталевич А.М.* // Изв.вузов. Технология легкой промышленности. – 1991, № 1. С.25...26.
5. *Сталевич А.М., Макаров А.Г.* // Химические волокна. – 2001, № 6. С.68...70.
6. *Сталевич А.М., Макаров А.Г., Князева К.В.* Сложные деформационные процессы в швейных материалах и их прогнозирование // В сб.: Физико-химия полимеров. Вып. 9 – Тверь: Изд-во Тверского ун-та, 2003. С. 212...215.
7. *Князева К.В., Шнеур Ю.В., Энхцацрал Т., Сталевич А.М., Макаров А.Г.* Многослойный пакет. Патент на изобретение № 2201703, зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 10 апреля 2003.
8. *Макаров А.Г., Сталевич А.М.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 3. С.10...13.
9. *Сталевич А.М., Макаров А.Г.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 4-5. С.15...18.
10. *Макаров А.Г.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.12...16.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов. Поступила 03.02.06.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОЕНИЯ НАВЕСКИ ЛЬНЯНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

*М.В. КИСЕЛЕВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Р.П. ВОЙЦЕХОВСКИЙ, Д.В. ГОЛУБКОВ, А.А. СМИРНОВ*

(Костромской государственный технологический университет)

Для разработки математической модели технического льняного волокна был выбран метод конечных элементов [1], поэтому наибольший интерес, с точки зрения оценки прочности навески, был уделен двум геометрическим величинам – углам ориентации комплексов и количеству связей комплексов друг с другом.

Для определения данных величин была разработана оригинальная методика, построенная на основе компьютерной обработки графического изображения технического льняного волокна. Последовательность этапов методики исследования представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер этапа	Функциональное назначение этапа	Используемое программное обеспечение
1	Подготовка реальной навески	
2	Фотосъемка или сканирование навески	ПО сканера или цифровой камеры
3	Обработка растрового изображения навески (увеличение резкости, контрастности, наложение спецэффектов, приведение цветного изображения к черно-белому)	Adobe Photoshop, PhotoImpression, Panorama Maker
4	Векторизация растрового изображения навески	CorelDRAW 12 или другой векторизатор
5	Конвертирование обработанного векторизованного изображения к формату файла, совместимому с ANSYS	SolidWorks 2001 Plus
6	Задание характеристик конечных элементов и разбиение графического векторизованного изображения на конечные элементы	ANSYS ver 6.1
7	Обработка массива данных после получения конечно-элементной модели	Оригинальное ПО
8	Статистическая обработка полученных результатов	NCSS 2001

Примеры реализации методики на различных этапах приведены на рис. 1, где

показаны результаты обработки после соответствующего этапа.

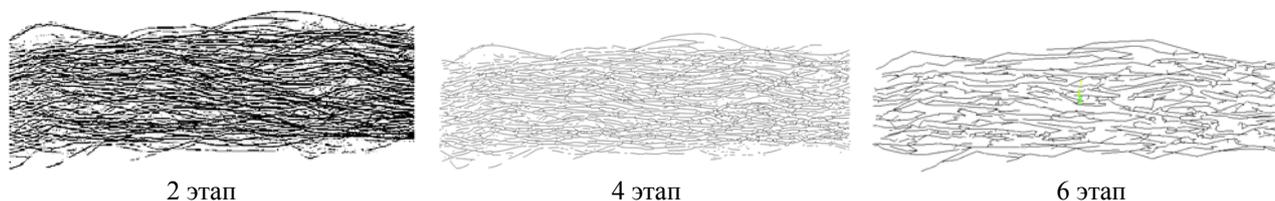


Рис. 1

Количество связей комплексов волокон и углы их ориентации определялись в соответствии со схемой, изображенной на

рис 2, где  $N_{св}$  – количество связей комплексов волокон в узле модели;  $\alpha_{эл}$  – угол ориентации комплекса волокон в модели навески.

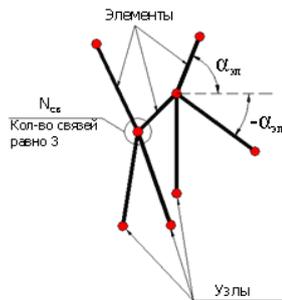


Рис. 2

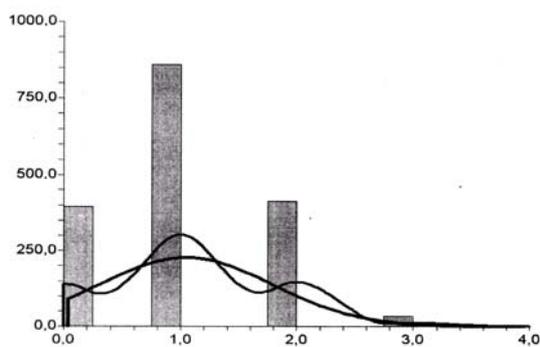


Рис. 3

Для реализации этапа 7 методики разработано специализированное программное обеспечение. Результаты статистической обработки навески льняного технического волокна в 30 повторностях (с помощью ППП NCSS 2001) представлены на рис 3 и 4 (рис. 3 – распределение количества связей комплексов элементарных волокон; рис. 4 – распределение углов ориентации комплексов элементарных волокон).

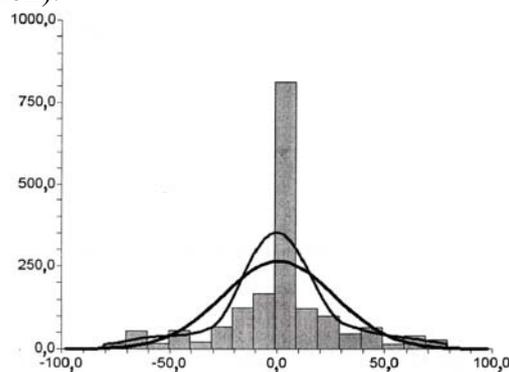


Рис. 4

Полученные результаты, обработанные по программе NCSS 2001 с целью определения закона распределения исследуемых величин, показали, что шесть из семи тестов на проверку закона распределения свидетельствуют о наилучшем совпадении с нормальным законом.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика определения характеристик строения льняного технического волокна в направлении установления

количества связей комплексов волокон и углов их ориентации, а также показано, что распределение исследуемых величин подчиняется нормальному закону.

## ЛИТЕРАТУРА

1. RAO S.S. The finite elements in engineering. – Pergamon Press., 1984.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 20.03.06.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ПЛАТЕЛЬНО-СОРОЧЕЧНОГО АССОРТИМЕНТА

С.Ф.ЛИТОВЧЕНКО, О.А.ШЛЕННИКОВА, Н.Н.ГУСЕВА

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Цель проведенной работы состояла в исследовании свойств одинарных кулирных трикотажных полотен плательно-сорочечного ассортимента из двух- и трех-компонентной пряжи различного сырьево-

го состава. Исследования проводились совместно с ЗАО "Реутовская мануфактура" (Московская область).

Виды смешанной пряжи, применяемые в работе, представлены в табл. 1

Таблица 1

Вариант заправки полотна	Линейная плотность пряжи, текс	Соотношение волокон, %			
		нитроновые	вискозные	лавсановые	хлопковые
I	18,5×2	30	50	20	-
II	18,5×2	40	40	20	-
III	18,5×2	40	45	15	-
IV	18,5×2	50	-	-	50
V	25×1	30	-	-	70
VI	25×1	40	50	10	-
VII	25×1	20	70	10	-

Согласно проведенным предварительным расчетам параметров проведена заправка многосистемной кругловязальной

машины ЕПИ (18 класс) и выработаны варианты трикотажных полотен.

В табл. 2 приведены фактические значения параметров полученных полотен.

Таблица 2

Вариант полотна № п/п	Плотность вязания по		Коэффициент соотношения плотности	Длина нити в петле, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Модуль петли
	горизонтали	вертикали				
I	118	130	0,91	3,7	210	20
II	111	128	0,85	3,9	200	20
III	110	142	0,79	4,0	212	19
IV	110	140	0,79	3,8	210	19
V	130	150	0,87	3,4	165	18
VI	130	152	0,87	3,2	170	23
VII	130	150	0,87	3,4	170	23

Диапазон значений поверхностной плотности для трикотажных кулирных полотен составил 165...212 г/м<sup>2</sup>, значения модуля петли 18÷23.

Для оценки качества трикотажных полотен различного сырьевого состава был составлен предварительный перечень из 10 номенклатурных показателей свойств. По

результатам дискретного анализа и подсчета коэффициентов значимости выяснилось, что гигроскопичность, электризуемость, износостойкость, усадка после стирки, остаточная деформация при растяжении являются наиболее значимыми.

Исследование трикотажных полотен в соответствии с выбранным перечнем пока-

зателей проводилось по известным методикам [1]. Значения показателей физико-

механических свойств исследованных полотен представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Вариант п/п	Гигроскопичность, %	Усадка после стирки		Стойкость к истиранию цикл	Разрывная нагрузка, даН		Разрывное удлинение, %		Остаточная деформация при растяжении, %		Коэффициент воздухопроницаемости, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$
		по длине	по ширине		по длине	по ширине	по длине	по ширине			
I	9,8	-2,70	-1,25	221	25,3	19,3	92,8	160,4	2,0	4,0	680
II	9,0	-2,85	-1,88	211	26,1	18,2	86,0	165,0	3,0	7,5	736
III	9,2	-2,50	-0,35	160	26,6	17,5	103,0	195,0	4,0	8,0	582
IV	6,4	-2,00	-0,90	132	29,3	15,9	90,5	162,8	4,0	8,5	745
V	7,0	-2,00	-1,00	82	19,6	10,0	96,6	193,0	4,0	8,0	585
VI	9,1	-2,50	-1,20	131	20,8	12,0	51,0	146,6	3,5	5,0	794
VII	10,2	-3,10	-2,20	96	20,0	11,2	85,0	167,0	4,0	6,0	595

Для образцов трикотажных полотен, связанных из пряжи 18,5 текс×2, наибольшей гигроскопичностью обладают полотна, содержащие от 40 до 50% вискозного волокна. Среди полотен, выработанных из пряжи 25 текс, наибольшей гигроскопичностью обладает вариант VII, имеющий в смеси 70% вискозных волокон.

Сравнивая гигроскопические свойства полотен, изготовленных из пряжи различной линейной плотности, можно отметить следующее. Для полотен, не имеющих резкого различия в сырьевом составе, наибольшей гигроскопичностью обладают варианты с преобладающим показателем поверхностной плотности (варианты I...IV), так как масса вискозных и хлопковых волокон, обладающих повышенной гигроскопичностью, в них выше.

В связи с тем, что условия изготовления трикотажных полотен для всех вариантов были одинаковые, наибольшее влияние на усадку оказывал сырьевой состав. В тех вариантах полотен (I, II, III, VI, VII), где в смесях содержалось наибольшее количество вискозных волокон, усадка оказалась повышенной (от 3,2 до 2%). Причем во всех вариантах величина усадки в продольном направлении выше, чем в поперечном. Это объясняется тем, что деформация пряжи вдоль петли выше, чем в поперечном направлении. Следовательно, под влиянием влажно-тепловой обработки релаксация в

продольном направлении проявляется значительно, чем в поперечном.

Одной из основных эксплуатационных характеристик текстильных материалов является их устойчивость к истиранию (износостойкость). Из семи исследованных вариантов трикотажных полотен наибольшей износостойкостью обладают I и II с повышенным процентным содержанием лавсановых волокон, которые по своей природе отличаются высокими показателями износостойкости.

Содержание нитроновых и вискозных волокон в смешанной пряже не дает заметного повышения износостойкости.

Хотя разрывная нагрузка и удлинение не вошли в перечень наиболее значимых показателей, однако в работе они определялись, так как позволяют судить о структуре полотна.

В исследованных вариантах полотен значения разрывной нагрузки по длине приблизительно на 40...50% выше, чем по ширине. Наибольшей прочностью обладают I...IV варианты, то есть те, которые связаны из пряжи большей линейной плотности (18,5 текс×2).

В то же время следует отметить, что для разных вариантов полотен значения разрывных нагрузок находятся приблизительно на одном уровне. Следовательно, при данном конкретном соотношении волокон в пряже сама структура трикотажного полотна оказывает на прочность и деформа-

ционные характеристики большее влияние, чем сырьевой состав.

Остаточная деформация при растяжении характеризует формоустойчивость материала в процессе эксплуатации. Чем меньше этот показатель, тем выше формоустойчивость полотна.

Следует отметить, что вложение химических волокон уменьшает величину остаточной деформации, которая в поперечном направлении значительно выше, чем в продольном. Это объясняется структурой трикотажа: растяжимость кулирного полотна по ширине гораздо выше, чем по длине.

Из полученных нами результатов следует, что при увеличении процентного содержания химических волокон в пряже формоустойчивость изготовленных из нее полотен улучшается.

Показатель воздухопроницаемости в большей мере связан со структурой полотна, нежели с его сырьевым составом. Это подтверждается полученными результатами: коэффициенты воздухопроницаемости исследованных вариантов полотен находятся приблизительно на одном уровне и

различаются в основном из-за неравномерности смешивания волокон в пряже.

## ВЫВОДЫ

С увеличением доли вложения в пряжу синтетических волокон, особенно лавсановых, улучшаются эксплуатационные характеристики полотна (стойкость к истиранию, формоустойчивость и разрывная нагрузка), в то же время ухудшаются гигиенические показатели (гигроскопичность, электризуемость). Для повышения эксплуатационных показателей следует увеличить процент лавсановых и нитроновых волокон, а увеличение содержания хлопковых и вискозных волокон повысит гигиенические показатели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Торкунова З.А. Испытания трикотажа. – 1985.

Рекомендована кафедрой технологии тканей и трикотажа. Поступила 20.01.06.

УДК 677.017.622:532.546.3

## ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ВОЛОКНИСТОГО СЛОЯ С УЧЕТОМ ОРИЕНТАЦИИ ВОЛОКОН

*И.П. КОРНЮХИН, И.В. КОЗЫРЕВ, Т.А. КОРНЮХИНА, С.А. МИРОНОВ*

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

Ранее в [1] было показано, что воздухопроницаемость волокнистого слоя зависит от его эффективной плотности и параметра ориентации. Сравнительно просто можно найти эту зависимость для разреженного (с позиций гидродинамики) волокнистого слоя. Согласно решению Ландау – Лифшица [2] ширина  $y$  следа (области в направлении течения  $x$ , где скорость заметно падает) за обтекаемым телом при ламинарном режиме определяется формулой:

$$y/x = 1/\sqrt{Re}, \quad (1)$$

где  $Re = wd/v$  – число Рейнольдса;  $w$  – скорость потока жидкости (газа), набегающего на тело;  $d$  – определяющий размер, диаметр цилиндра;  $v$  – кинематическая вязкость воздуха.

Если расстояние между волокнами в слое заметно превышает ширину следа, то слой можно считать разреженным, обтекание отдельных волокон в слое рассматривать как независимое, а суммарную силу, действующую на весь слой, можно определять суммированием по отдельным волокнам.

Дадим грубую оценку расстоянию между волокнами. Объем пористой среды, приходящийся на одно волокно, охарактеризуем как  $V_1 = V/N$ , где  $N$  – количество волокон в объеме  $V$ . В свою очередь, количество волокон оценим по объему  $V_f$  твердой фазы волокон  $N = V_f/V_0$ ,  $V_0$  – объем одного волокна. Учтем, что пористость определяется, как

$$\varepsilon = 1 - V_f/V. \quad (2)$$

Из приведенных формул найдем, что  $V_1/V_0 = (1 - \varepsilon)^{-1}$ . Предположим, что окружающий волокно объем  $V_1$  и само волокно имеют цилиндрическую форму с диаметрами  $D$  и  $d$  соответственно. При их одинаковой длине  $l$  найдем  $D^2/d^2 = (1 - \varepsilon)^{-1}$ . При пористости  $\varepsilon \geq 0,9$ , характерной для рассматриваемых случаев, найдем  $D/d > 3$ .

Принятое предположение, что окружающий волокно объем является цилиндрическим, ни в коей мере не следует рассматривать как строгое ограничение. Действительно, для извитого волокна та же самая связь между  $D$  и  $d$  будет прослеживаться на бесконечно малом его участке.

При значениях чисел Рейнольдса  $Re \approx 1$ , характерных для рассматриваемой задачи расчета воздухопроницаемости, из формулы (1) следует оценка  $u/x \approx 1$ .

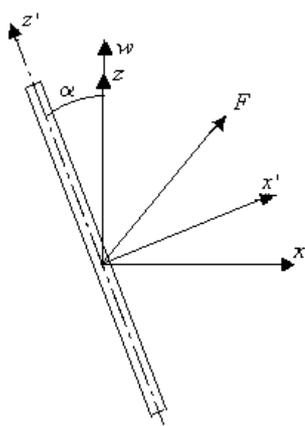


Рис. 1

Таким образом, при рассматриваемых значениях пористости влиянием следа за предшествующим волокном на закономерности обтекания следующего волокна можно пренебречь. В этих условиях под-

ход к расчету силы сопротивления волокнистого слоя, как суммы сил сопротивления, действующих на отдельные волокна, представляется оправданным.

Рассмотрим силу сопротивления, действующую на одиночный цилиндр в соответствии с подходом, представленным в [3]. На рис. 1 представлен отрезок волокна, наклоненный под углом  $\alpha$  к заданному направлению движения, определяемому вектором скорости  $w$  потока и осью  $z$ . Результирующая сила  $F$ , действующая на волокно в потоке, может быть представлена геометрической суммой двух сил – силы сопротивления вдоль волокна, действующая по оси  $z'$ , и поперечной, действующей по оси  $x'$  (рис. 1).

Согласно [3] силу  $F$ , действующую на цилиндр единичной длины, можно представить как:

$$F = \mu k w, \quad (3)$$

где  $k$  – диадик (трансляционный тензор II ранга) сопротивлений;  $\mu$  – динамическая вязкость.

Составляющую силы сопротивления  $F$  вдоль оси  $z$  можно выразить [3] через коэффициенты сопротивления  $K_{\parallel}$  и  $K_{\perp}$  при обтекании цилиндра в направлении вдоль и поперек образующей соответственно:

$$F_{\alpha} = \mu w (K_{\perp} \sin^2 \alpha + K_{\parallel} \cos^2 \alpha), \quad (4)$$

где в обозначении  $F_{\alpha}$  подчеркивается, что волокно ориентировано под углом  $\alpha$  к направлению движения.

Сила, действующая на волокна в направлении оси  $x$ , несущественна, так как она не дает вклада в сопротивление волокнистого слоя. К тому же благодаря симметрии углового распределения волокон суммарная сила, действующая на весь волокнистый слой в направлении оси  $x$ , будет пренебрежимо малой.

При поперечном обтекании круглого цилиндра неограниченным потоком жидкости при малых числах Рейнольдса в [4] получена формула для силы сопротивления, которая позволяет представить попе-

речную составляющую  $K_{\perp}$  в виде:

$$K_{\perp} = 8\pi\mu r / [\ln(2\varphi) + 0,5]. \quad (5)$$

Для представления продольной составляющей в [3] рекомендуется уравнение, полученное при продольном обтекании неограниченным потоком также при малых числах Рейнольдса тела типа иглы, тонкого веретена:

$$K_{\parallel} = 4\pi\mu r / [\ln(2\varphi) - 0,5]. \quad (6)$$

В этих формулах  $\varphi = \ell/(2r)$ ;  $\ell$  – длина цилиндра;  $r$  – радиус цилиндра.

Обе эти формулы получены путем решения уравнений Навье – Стокса при обтекании указанных тел неограниченным потоком жидкости (газа).

В [5] получены значения коэффициентов  $K_{\perp}$  и  $K_{\parallel}$  при обтекании шероховатого цилиндра в пористой среде. Для того, чтобы воспользоваться этими рекомендациями, необходимо знать характеристики шероховатости каждого цилиндра.

Реально поперечное сечение подавляющего большинства волокон отлично от круглого, а характеристики шероховатости неизвестны, что не позволяет использовать указанные рекомендации. В связи с этим в уравнение (4) вместо  $K_{\perp}$  и  $K_{\parallel}$  вводятся их

$$\ell_o = M/(\rho_f f_f); \quad \ell_o = \rho_s SL/(\rho_f f_f) \equiv \rho_s \pi D^2 L / (4\rho_f f_f) \equiv \rho_s D^2 L / (\rho_f d^2), \quad (9)$$

где  $M$  – масса волокна;  $\rho_f$  – плотность материала;  $f_f$  – площадь сечения волокна;  $\rho_s$  – эффективная плотность, масса материала в образце, отнесенная ко всему объему;  $L$  – длина канала, в котором располагается волокнистый образец;  $S$  – площадь сечения канала;  $D$  – диаметр канала;  $d$  – диаметр волокна.

Для определения силы, действующей на образец с произвольной ориентацией волокон, получим интегральное выражение:

$$F = \int_0^{\pi} F_{\alpha} d\alpha. \quad (10)$$

эмпирические аналоги  $\chi_{\perp}$  и  $\chi_{\parallel}$ , которые будут определены при сравнении расчетного уравнения с опытными данными.

Таким образом, для представления силы сопротивления, действующей на волокна общей длины  $\ell_o$ , ориентированные под углом  $\alpha$  к оси, вместо уравнения (4) воспользуемся уравнением

$$F_{\alpha} = 2\pi\mu\ell_o \ell(\alpha) w (\chi_{\perp} \sin^2 \alpha + \chi_{\parallel} \cos^2 \alpha). \quad (7)$$

Здесь  $\ell_o \ell(\alpha)$  – доля волокон, ориентированных под углом  $\alpha$  к оси  $z$  (рис.1). Множитель 2 появляется в формуле (7) в связи с тем, что учитывается ориентация волокон под углом  $\alpha$  и симметричных относительно оси участков волокон, ориентированных под углом  $\pi - \alpha$ .

Функция плотности углового распределения  $\ell(\alpha)$  описывается полученным ранее в [6] уравнением и воспроизводится ниже с формальной заменой параметра распределения  $\lambda$  параметром ориентации  $\gamma$ : ( $\gamma \equiv \lambda$ ):

$$\ell(\alpha) = \frac{1}{2} \frac{\gamma^2 \sin \alpha}{\sqrt{(\gamma^2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)^3}}. \quad (8)$$

Общая длина волокон  $\ell_o$  рассчитывается по массе волокнистого образца:

Подстановка выражений (8) и (9) в формулу (7) с последующим интегрированием уравнения (10) согласно [7] дает уравнение для определения силы, действующей на волокна в направлении оси  $z$  (рис. 1) в зависимости от параметра ориентации:

$$F = 2\pi\mu w \frac{\rho_s SL}{\rho_f f_f} f(\gamma), \quad (11)$$

где  $f(\gamma)$  – функция, характеризующая ориентацию волокон, определяемую величиной вычисленного интеграла. При значениях  $\gamma > 1$ , характерных для случаев рас-

тяжения образца с отсутствием преимущественной ориентации в исходном состоя-

нии, функция  $f(\gamma)$  имеет вид

$$f(\gamma) \equiv \chi_{\perp} + (\chi_{\parallel} - \chi_{\perp}) \frac{\gamma^2}{(\sqrt{\gamma^2 - 1})^3} \left[ \sqrt{\gamma^2 - 1} - \arcsin \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} \right], \quad (12)$$

при  $\gamma < 1$  (сжатие образца) вычисление ин-

теграла в уравнении (10) согласно [7] дает

$$f(\gamma) \equiv \chi_{\perp} + (\chi_{\parallel} - \chi_{\perp}) \frac{\gamma^2}{(\sqrt{1 - \gamma^2})^3} \left[ \sqrt{1 - \gamma^2} - \ln \frac{1 + \sqrt{1 - \gamma^2}}{\gamma} \right]. \quad (13)$$

Графики полученных функций  $f(\gamma)$  (12)

и (13) приведены на рис. 2 и 3.

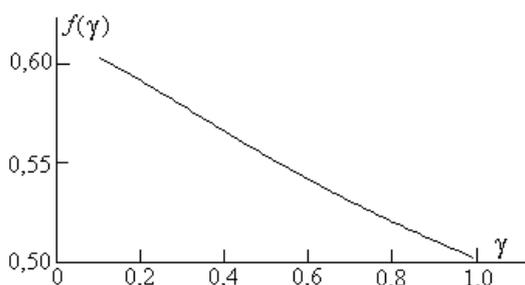


Рис. 2

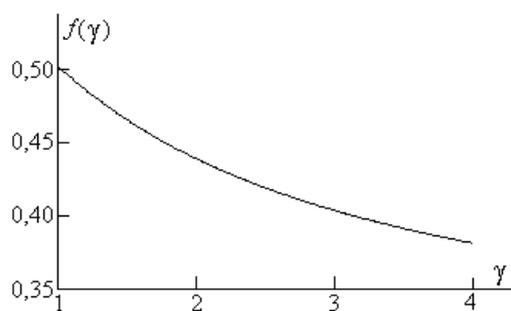


Рис. 3

Падение давления  $\Delta p$  при прохождении потока воздуха через канал площадью сечения  $S$  при силе сопротивления  $F$  определяется выражением

$$\Delta p = F/S. \quad (14)$$

Сделав подстановку формулы (14) в уравнение (11) и приведя его к безразмерной форме, получим

$$\frac{\Delta p \rho_f f_f}{L 2 \pi \mu \gamma w} = f(\gamma). \quad (15)$$

В уравнение (15) входит средняя скорость движения воздуха в межволоконном пространстве  $w$ , связанная со скоростью  $w_0$ , приведенной к полному сечению канала соотношением

$$w \varepsilon = w_0, \quad (16)$$

где  $\varepsilon$  – пористость материала.

Уравнение (16) неявно предполагает равенство доли сечения свободного для прохода воздуха величине пористости, характеризующейся как доля пустот в образце

$$\varepsilon = \varepsilon_v = \varepsilon_s, \quad (17)$$

где  $\varepsilon_v$  – объемная пористость, определенная формулой (2);  $\varepsilon_s$  – пористость в сечении канала.

Продemonстрируем справедливость уравнения (17). Покажем, что определенная формулой (2) объемная пористость преобразуется к виду  $\varepsilon_v = 1 - \rho_s/\rho_f$ .

В соответствии с формулой (9) представим общую длину волокон в виде  $\ell_o = L(1 - \varepsilon_v)D^2/d^2$ , где  $d$  – диаметр волокна. Общее число волокон (каждое длиной  $\ell$ ) при этом будет равно  $Z = \ell_o/\ell \equiv L(1 - \varepsilon_v)D^2/(\ell d^2)$ .

Рассмотрим произвольное положение

волокна длиной  $\ell$ , наклоненного к оси цилиндра под произвольным углом  $\alpha$  в канале цилиндрической формы. Проекция такого волокна на ось цилиндра равна  $\ell_1 = \ell \cos \alpha$ , а площадь его поперечного сечения плоскостью, перпендикулярной оси цилиндра, составит  $f_1 = f_f / \cos \alpha$ .

Мысленно представим цепочку, со-

$$F_f = \frac{nf_f}{\cos \alpha} = \frac{D^2(1 - \varepsilon_V) \cos \alpha}{d^2} \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} = \frac{\pi D^2}{4} (1 - \varepsilon_V). \quad (18)$$

Учитывая определение  $\varepsilon_S$  как доли пустот в сечении пористого тела  $\varepsilon_S = (S - F_f) / S \equiv (\pi D^2 - 4F_f) / (\pi D^2)$  и используя соотношение (18), завершим доказательство равенства (17).

Коэффициент проницаемости  $k$  пористого тела связан с приведенной скоростью воздуха в канале и градиентом давления законом Дарси:

$$w_0 = \frac{k \Delta p}{\mu L}. \quad (19)$$

С учетом зависимостей (16), (17) и (19) выражение (15) примет следующий вид:

$$N = f(\gamma), \quad (20)$$

где безразмерный параметр  $N$ , характеризующий сопротивление проницаемости:

$$N = \frac{\rho_f f_f \varepsilon}{2\pi r_f k}. \quad (21)$$

Уравнение (20) с учетом определений (12) и (21) сопоставлено на рис. 4 с опытными данными, полученными в [1].

стоящую из одиночных волокон определенной ориентации, расположенной вдоль канала по длине  $L$ . Количество волокон в такой цепочке составит  $z = L / (\ell_1) \equiv L / (\ell \cos \alpha)$ . Таким образом, число волокон в поперечном сечении канала будет равно  $n = Z / z$ , а их суммарная площадь определится как  $F_f = nf_1 \equiv f_1 Z / z$ , или:

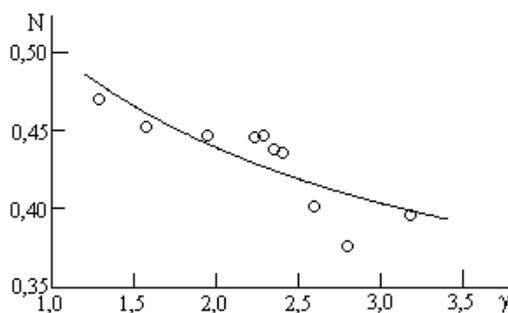


Рис. 4

Методом обобщенной линейной регрессии, реализованной в программе MathCAD, были найдены значения коэффициентов  $\chi_{\perp}$  и  $\chi_{\parallel}$ , которые оказались равными  $\chi_{\perp} = 0,610$  и  $\chi_{\parallel} = 0,284$ . Эти коэффициенты отличаются приблизительно в два раза. Заметим, что примерно такое же отношение характерно и для коэффициентов  $K_{\perp}$  и  $K_{\parallel}$ , определяемых формулами (5), (6) с учетом того, что  $\varphi \gg 1$ .

Кроме того, полученные в [5] решения уравнения Бринкмана для случая обтекания шероховатого цилиндра в пористой среде, дают значения коэффициентов сопротивления в направлениях, перпендикулярном и параллельном оси, также отличающихся в два раза. Эти факты представляют собой косвенное подтверждение надежности предложенного метода.

## ВЫВОДЫ

Разработан согласующийся с опытными данными метод расчета воздухопроницаемости слоя волокон в зависимости от его эффективной плотности и параметра ориентации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнюхин И.П. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №2. С.25...29.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986.
3. Хатпель Дж., Бренер Г. Гидродинамика при

малых числах Рейнольдса. – М.: Мир, 1976.

4. Ламб Г. Гидродинамика. – М.: ОГИЗ, 1947.
5. Черняков А.Л., Кириш А.А. // Коллоидный журнал. – 2001. Т.63, № 4.
6. Kornoohin I.P., Kornoohina T.A. // Research Journal Textile and Apparel. – (Hong Kong), V.6, №2, 2002.
7. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. – М.: Наука, 1981.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 19.01.06.

---

УДК 677.051

**ВЛИЯНИЕ РАДИУСА КРОМКИ БИЛЬНОЙ ПЛАНКИ  
НА СИЛУ НАТЯЖЕНИЯ  
В НАЧАЛЬНЫЙ МОМЕНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БИЛА С ВОЛОКНОМ  
В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ**

*Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Э.В. НОВИКОВ*

(Костромской государственный технологический университет)

Известно, что уменьшение радиуса рабочей кромки улучшает процесс обескостривания, но в то же время быстрее происходит разрушение волокна [1]. Кроме того, снижение радиуса кромки приводит к возрастанию сил инерции и величины удельного давления кромок на материал [2].

Изучению влияния радиуса кромки на технологический эффект трепания (на силы натяжения, нормального давления, скорости, ускорения и др.) посвящены исследования [3...6] и другие. В них рассматривался сравнительно узкий интервал варьирования радиуса кромки била (0,5...3 мм). Это связано с тем, что при радиусе кромки свыше 3 мм процесс обескостривания замедляется, а при радиусе менее 0,5 мм волокно значительно повреждается.

Кроме того, скорости и ускорения, возникающие в процессе трепания, рассматривались при условии, что расстояние между точкой зажима волокна и точкой удара значительно больше, чем радиус кромки.

При разработке новых рабочих органов трепальных машин [7] необходимо проводить исследования процесса трепания при радиусах кромок более 3 мм.

Целью данной работы является изучение относительного движения волокна по билу, его относительного ускорения и сил натяжения волокна в процессе трепания рабочими кромками большого радиуса (3 мм и выше).

В [8] рассматривалось ускорение волокна в относительном движении по рабо-

чей кромке (относительное ускорение), а также силы натяжения в процессе трепания, однако рабочая кромка представлена кромкой, не имеющей радиуса.

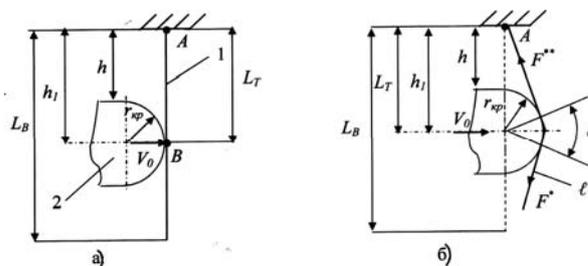


Рис. 1

На рис. 1-а изображена схема взаимодействия волокна с рабочей кромкой, имеющей радиус  $r_{кр}$ , где 1 – волокно; 2 – рабочая кромка бильной планки;  $h$  – расстояние от зажима до траектории движения кромки;  $h_1$  – расстояние от зажима волокна до центра рабочей кромки;  $h_1 = h + r_{кр}$ .

На рис. 1-б показана схема взаимодействия, когда волокно охватило кромку, где  $F^{**}$  – сила натяжения волокна в верхней части пряди, то есть в сечении сбегания волокна с кромки;  $F^*$  – сила натяжения волокна в нижней части пряди (в сечении набегания волокна на кромку);  $\alpha$  – угол охвата рабочей кромки волокном.

Рассмотрим взаимодействие на малом участке траектории в начальный момент времени. Будем считать, что рабочая кромка бильной планки движется перпендикулярно волокну.

Ускорение волокна в относительном движении, когда рабочая кромка не имеет

радиуса [8, с.24], выражается зависимостью

$$a_{\text{отн}} = \frac{V_0^2 h^2}{\left(\sqrt{h^2 + V_0^2 t^2}\right)^3}, \quad (1)$$

где  $V_0$  – скорость движения рабочей кромки;  $t$  – время движения.

Значение относительного ускорения волокна по выражению (1) в начальный момент времени при  $t=0$  будет максимальным ( $a_{\text{max}}$ ):

$$a_{\text{max}} = \frac{V_0^2}{h}. \quad (2)$$

Заметим, что (1) из [8] соответствует случаю, когда  $r_{\text{кр}} \ll h$ .

Для схемы взаимодействия на рис.1-а, где в точке В приложена кромка, зависимость (1) можно записать в следующем виде:

$$a_{\text{отн}} = \frac{V_0^2 h_1^2}{\left(\sqrt{h_1^2 + V_0^2 t^2}\right)^3} = \frac{V_0^2 (h+r_{\text{кр}})^2}{\left(\sqrt{(h+r_{\text{кр}})^2 + V_0^2 t^2}\right)^3}. \quad (3)$$

Выражение (3) соответствует случаю, когда  $r_{\text{кр}} \geq h$ . Из (3) видно, что если  $h=\text{const}$ , то относительное ускорение будет зависеть от радиуса кромки бильной планки и тогда максимальное значение относи-

тельного ускорения определится по зависимости

$$a_{\text{max}} = \frac{V_0^2}{h + r_{\text{кр}}}. \quad (4)$$

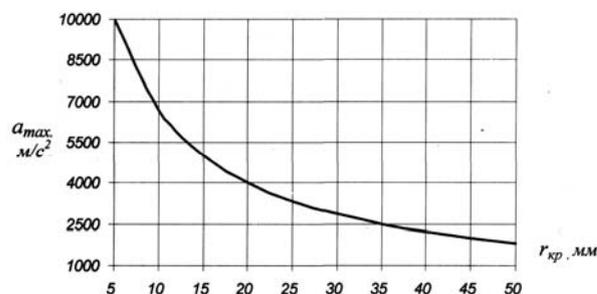


Рис. 2

На рис.2 представлен график изменения максимального относительного ускорения волокна в зависимости от радиуса кромки  $r_{\text{кр}}$  (рис.1-а), рассчитанного по выражению (4) при  $V_0=10\text{м/с}$ ,  $h=0,005\text{ м}$ .

На основе анализа рис. 2 заключаем, что радиус кромки влияет на относительное ускорение волокна в начальный момент времени; наибольшее влияние радиуса на ускорение (при принятых исходных данных) наблюдается в интервале его варьирования 5...20 мм.

Представляет интерес изучение натяжения волокна в верхней части пряжи  $F^{**}$  (рис. 1-б) в зависимости от радиуса кромки бильной планки. Используя результаты из [8] о натяжении волокна в верхней его части с учетом радиуса кромки, силу  $F^{**}$  можно определить из выражения:

$$F^{**} = \rho(L_B - L_T) \frac{V_0^2 h_1^2}{\left(\sqrt{h_1^2 + V_0^2 t^2}\right)^3} e^{\mu\alpha} = \rho(L_B - h - r_{\text{кр}}) \frac{V_0^2 (h + r_{\text{кр}})^2}{\left(\sqrt{(h + r_{\text{кр}})^2 + V_0^2 t^2}\right)^3} e^{\mu\alpha}, \quad (5)$$

где  $\rho$  – линейная плотность волокна;  $L_B$  – длина волокна, свисающего в зону обработки;  $L_T$  – длина волокна, контролируемая биллом (из рис. 1-а:  $L_T = h_1 = h + r_{\text{кр}}$ );

$\mu$  – коэффициент трения волокна по рабочей кромке;  $\alpha$  – угол охвата рабочей кромки волокном.

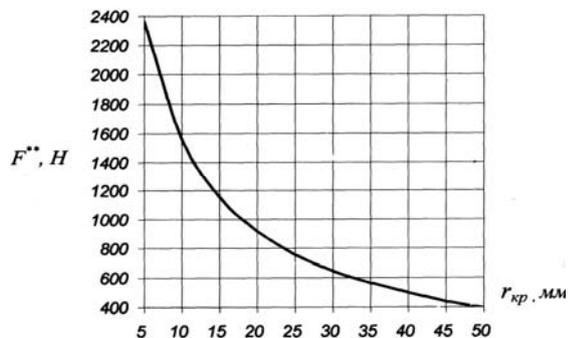


Рис. 3

На рис. 3 показана зависимость изменения максимального натяжения волокна в верхней части пряжи в начальный момент нагружения, то есть при  $t=0$ , найденном с помощью (5) при условии  $r_{кр} \geq h$  (рис. 1).

Для расчета приняты следующие значения параметров:  $V_0=10$  м/с;  $h=0,005$  м;  $\rho=0,4$  кг/м;  $L_B=0,6$  м.

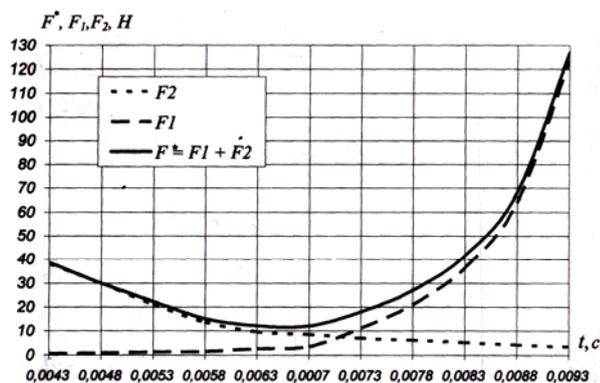


Рис. 4

Радиус кромки от 5 до 20 мм оказывает существенное влияние на силу натяжения волокна в начальный момент взаимодействия (рис.4). В этом интервале происходит интенсивное снижение натяжения, что важно в начале взаимодействия волокна с кромкой била. При увеличении радиуса кромки свыше 20 мм снижение сил натяжения замедляется.

Следует отметить, что нами рассматривается натяжение волокна исключительно в начальный период взаимодействия при значительных перемещениях бильной планки. При расчете силы натяжения следует учитывать также влияние центробежных сил от вращения нижней части пряжи волокна при ее захлестывании [6].

Расчет силы натяжения в нижней части пряжи волокна  $F^*$  (в сечении набегания его на рабочую кромку) для однородного по линейной плотности волокна проведем согласно [6, с. 42], то есть:

$$F^* = F_1 + F_2, \quad (6)$$

где  $F_1$  – сила натяжения волокна в зависимости от центробежных сил при вращении захлестываемого участка волокна;  $F_2$  – сила натяжения волокна, соответствующая силе инерции в относительном движении волокна по кромке бильной планки.

Для расчета  $F_1$  и  $F_2$  примем следующие исходные данные: обрабатывается комлевая часть волокна массой  $m = 1,81$  г;  $V_0=8$  м/с;  $h=0,005$  м;  $r_{кр}=0,005$  м.

Угловую скорость вращения пряжи  $\dot{\phi}$  определяли согласно [9], то есть по зависимости

$$\dot{\phi} = \dot{\phi}_0 e^{\frac{3}{\ell} V_0 t}, \quad (7)$$

где  $\dot{\phi}_0$  – угловая скорость вращения пряжи в начальный период взаимодействия ее с кромкой била;  $\ell$  – длина захлестываемого участка пряжи.

Результаты расчета представлены на рис.4, где показано изменение сил натяжения  $F^*$ ,  $F_1$  и  $F_2$  во времени.

Из рис. 4 следует, что сила натяжения в сечении набегания волокна на кромку  $F^*$  (в нижней части волокна) сначала снижается, а затем существенно повышается. Наибольшее влияние на силу  $F^*$  оказывает натяжение от центробежных сил при вращении захлестываемого участка  $F_1$ .

Сила  $F_2$  заметно влияет на силу  $F^*$ , но только в начале процесса захлестывания, чем объясняется снижение натяжения волокна в интервале времени от 0,0043 до 0,007 с. Время, равное 0,0093 с, соответствует углу захлестывания волокна  $90^\circ$  [9]. При угле захлестывания, большем  $90^\circ$ , вероятность возникновения опасного захлестывания возрастает, поэтому значение натяжения  $F^*=127$  Н является максимально допустимым для данных интервалов варьирования параметров процесса.

1. На основании проведенных исследований установлено, что с увеличением радиуса основной рабочей кромки била относительное ускорение и силы натяжения волокна (в начальный период взаимодействия) снижаются при условии, когда радиус рабочей кромки больше или равен расстоянию от зажима волокна до траектории движения бильной планки. Наибольшее снижение относительного ускорения и натяжения волокна происходит в интервале варьирования радиуса рабочей кромки от 5 до 20 мм.

2. Сила натяжения волокна в нижней части пряжи (в сечении набегания волокна на кромку) сначала снижается, затем повышается. Наибольшее влияние на общую силу натяжения волокна в сечении его набегания на кромку оказывает сила натяжения от центробежных сил при вращении захлестываемого участка волокна, которая в начале процесса имеет низкие значения, а к концу – существенно возрастает.

1. Марков В.В., Суслов Н.Н. и др. Первичная обработка лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.

2. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: Учебное пособие. – М.: Легпромиздат, 1989.

3. Суслов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис...докт. техн. наук. – М., МТИ, 1961.

4. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.

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

6. Разин С.Н., Пашин Е.Л. Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.

7. Заявка на предполагаемое изобретение № 112963/12 от 28.04.05. Трепальный барабан для очистки лубоволокнистых материалов / Корабельников Р.В., Новиков Э.В.-2005.

8. Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Взаимодействие рабочего органа с волокном в процессе очистки // Вестник КГТУ. – 1999, №1.

9. Корабельников Р.В., Новиков Э.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 01.11.05.

УДК 677.021

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТРЕПАНИЯ, УЧИТЫВАЮЩАЯ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕРЕДНЕЙ И ТЫЛЬНОЙ КРОМКИ БИЛА НА ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ\*

Д.В. ИВАНЮК

(Костромской государственной технологической университет)

Известны зависимости [1] для определения сил натяжения и нормального давления на пряжу, обрабатываемую в трепальных барабанах:

$$T_k = \mu V_r^2 + (T_0 - \mu V_r^2) e^{k\varphi} + \frac{\mu g Q_1}{k} (e^{k\varphi} - 1), (1)$$

где  $Q_1 = \frac{dV_r}{dt} - W_n^e \sin \xi_k - kW_n^e \cos \xi_k + kW^k$ ;

$\mu$  – масса единицы длины пряжи;  $V_r$  – относительная скорость движения пряжи по кромке бильной планки;  $T_0$  – сила натяжения в набегавшей на кромку ветви пряжи;  $\varphi$  – угол охвата пряжью кромки;  $k$  – коэффициент трения;  $\xi_k$  – угол между биссектрисой угла охвата  $\varphi$  и прямой, проведен-

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

ной из центра барабана  $O$  к центру кривизны кромки била  $k$ ;  $k$  – порядковый номер била, воздействующего на прядь от точки зажима пряди;  $W_n^e$  – нормальная составляющая переносного ускорения;  $W^k$  – Кориолисово ускорение.

Нормальная реакция кромки бильной планки  $N$  определится по формуле:

$$N = N' \mu g \varphi_k, \quad (2)$$

где  $N'$  – сила нормального давления пряди на кромку, отнесенная к единице массы пряди, соприкасающейся на дуге  $\varphi$  с кромкой радиуса  $r$ :

$$N' = \frac{T_0 - \mu V_r^2}{\mu r} e^{k\varphi} + \frac{Q_2}{k} (e^{k\varphi} - 1),$$

где  $Q_2 = \frac{dV_r}{dt} - W_n^e \sin \xi_k$ .

Зависимости (1) и (2) получены с допущениями, что в трепальном барабане каждая бильная планка воздействует на прядь только передней кромкой (то есть бильная планка имеет ширину, равную нулю). Реально в контакте с прядью может быть и тыльная кромка бильной планки, поэтому более точные результаты будет давать модель процесса трепания, в которой будут учитываться воздействие передней и тыльной кромки била на обрабатываемый материал. При этом величины  $\xi_k$ ,  $T_0$ ,  $V_r$  должны определяться по методике, изложенной ниже [2], [3].

В [2] получены выражения для определения углов охвата прядью передней и тыльной кромок бильных планок трепальных барабанов:

$$\varphi_k = \pi - \arccos((b^2 + c^2 - a^2)/2bc),$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – стороны треугольника, образованного по координатам:  $X_k$ ,  $Y_k$  – передних и  $X_{k'}$ ,  $Y_{k'}$ ;  $X_{k+1}$ ,  $Y_{k+1}$  – тыльных кромок, взаимодействующих с прядью;

$$\varphi_{k'} = \pi - \arccos((b'^2 + c'^2 - a'^2)/2b'c'),$$

где  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$  – стороны треугольника, образованного по координатам:  $X_{k-1}$ ,  $Y_{k-1}$ ,  $X_k$ ,  $Y_k$  – передних и  $X_{k'}$ ,  $Y_{k'}$  – тыльных кромок, взаимодействующих с прядью.

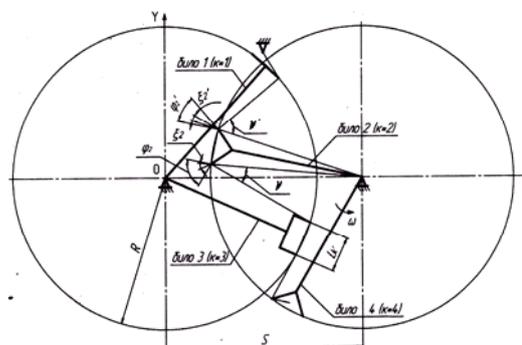


Рис. 1

На рис. 1 показана схема обработки пряди трепальными барабанами с бильными планками в виде уголка, пластины или швеллера. Здесь обозначено:  $v(v')$  – угол наклона пряди, набегающей на кромку планки  $k$ -го била, к линии, соединяющей центр барабана и центр кривизны передней  $k$  (тыльной  $k'$ ) кромки била;  $S$  – расстояние между осями барабанов.

Выразим биссектрисы углов охвата прядью передней и тыльной кромки.

Из треугольника, вершинами которого (рис. 1) являются кромки бильной планки  $k$ -го,  $k+1$ -го била и ось  $O$  с координатами  $Y_0=0$ ,  $X_0=S$ , если  $k$  четное или  $X_0=0$ , если нечетное:

– для случая, когда прядь огибает переднюю кромку:

$$\xi_k = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_k}{2} - v \quad (\text{смотри [2]}), \quad (3)$$

$$\cos v = \frac{R^2 + b^2 - d^2}{2bR},$$

здесь  $d$  есть сторона треугольника, противолежащая углу  $v$ :

$$d = \sqrt{(X_{k+1} - X_0)^2 + (Y_{k+1} - Y_0)^2},$$

$b$  – расстояние между передней кромкой бильной планки  $k$ -го и тыльной кромкой  $k+1$ -го била:

$$b = \sqrt{(X_{k'+1} - X_k)^2 + (Y_{k'+1} - Y_k)^2},$$

– для случая, когда прядь огибает тыльную кромку:

$$\xi_{k'} = \frac{\pi}{2} - \frac{\Phi_{k'}}{2} - v', \quad (4)$$

$$\xi_k = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}\right) - \arccos\left(\frac{R^2 + b^2 - d^2}{2bR}\right),$$

$$\xi_{k'} = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{b'^2 + c'^2 - a'^2}{2b'c'}\right) - \arccos\left(\frac{R^2 + b'^2 - d'^2}{2b'R}\right).$$

Выразим скорости относительного движения пряди на кромках:

$$V_{rk} = V_{rk'} = \frac{\Delta L_k}{\Delta t} = \omega \frac{\Delta L_k}{\Delta \alpha}.$$

Здесь

$$\Delta L_k = L_j - L_{j-1},$$

где  $L_{j-1}$ ,  $L_j$  – длина совокупностей участков пряди между точкой ее зажима и передней кромкой  $k$ -го била при  $\Delta t=0$  и на момент времени  $\Delta t = \frac{\Delta \alpha}{\omega}$  (при повороте била на угол  $\Delta \alpha$ ) соответственно;  $j$  – порядковый номер участка;

$$L_j = \sum L_k + n \times L'_k,$$

где  $L_k = \sqrt{(X_k - X_{k-1})^2 + (Y_k - Y_{k-1})^2}$  есть длина участка между передней кромкой  $k-1$ -го била и тыльной кромкой  $k$ -го била;  $L'_k$  – расстояние между передней и тыльной кромкой  $k$ -го била;  $n$  – количество участков  $L'_k$  на длине пряди от точки зажима до кромки, на которой определяется скорость  $V_r$ .

Очевидно, что:

$$\cos v' = \frac{R^2 + b'^2 - d'^2}{2b'R},$$

$$d' = \sqrt{(X_{k-1} - X_0)^2 + (Y_{k-1} - Y_0)^2},$$

$b'$  – расстояние между тыльной кромкой бильной планки  $k$ -го и передней кромкой  $k-1$ -го била:

$$b' = \sqrt{(X_{k'} - X_{k-1})^2 + (Y_{k'} - Y_{k-1})^2}.$$

Тогда после преобразований выражений (3) и (4) получим:

$n = k$  – для случая, когда относительная скорость определяется для передней кромки  $k$ -го била и оно контактирует с прядью обеими кромками;

$n = k-1$  – для тыльной кромки или передней кромки при контакте первого била с прядью только передней кромкой;

$n = k-2$  – для тыльной кромки при контакте первого била с прядью только передней кромкой.

Тогда с учетом сказанного выражения, описывающие силы, действующие на прядь при трепании, примут вид:

$$T_k = \mu V_r^2 + (T_0 - \mu V_r^2) e^{k\varphi} + \frac{\mu \Gamma Q_1}{k} (e^{k\varphi} - 1),$$

где  $T_0 = T_{k+1} + F_{ac}$ ;  $F_{ac}$  – сила натяжения пряди от воздействия на нее сил аэродинамического сопротивления перемещению;

$$N_k = N' \mu \Gamma \varphi_k,$$

$$T_{k'} = \mu V_r^2 + (T_k - \mu V_r^2) e^{k\varphi} + \frac{\mu \Gamma Q_1}{k} (e^{k\varphi} - 1),$$

$$N_{k'} = N'' \mu \Gamma \varphi_{k'}.$$

**ВЫВОДЫ**

Разработана математическая модель процесса трепания, в которой учитываются воздействия передней и тыльной кромок бильной планки на обрабатываемый материал. Полученная модель может применяться при проектировании трепальных барабанов – для расчета сил натяжения и нормального давления на прядь передней и тыльной кромками бильной планки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьячков В.А. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №4-5.
2. Дьячков В.А., Пасько С.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1.
3. Дьячков В.А. Проектирование трепальных машин: Монография. – Кострома: КГТУ, 2000.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 02.02.06.

УДК 677.021

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ФУНКЦИИ ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКОН  
В ВЫТЯЖНОМ ПРИБОРЕ**

*Е.О. МЕДВЕДЕВ, А.Ф. КАПИТАНОВ, Н.Е. ФЕДОРОВА, А.С. УЛЬЯНЫЧЕВ*

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

Неровнота по структуре и свойствам полуфабрикатов и пряжи в большой мере зависит от функции движения волокон в вытяжном приборе, под которой будем понимать зависимость между расстоянием от переднего кончика волокна до диаметральной плоскости выпускных валика и цилиндра, в момент приобретения им скорости этих рабочих органов.

В конструкциях современных вытяжных приборов заложен принцип, согласно которому все волокна должны следовать первому виду движения.

Как показано в [1], волокна с разной длиной приобретают скорость выпускной пары на разных расстояниях их переднего кончика от указанной выше плоскости, то есть первый вид движения волокон не выполняется.

Экспериментальные исследования [2], [3] подтвердили этот факт; одновременно выяснилось, что даже волокна одной длины приобретают скорость выпускной пары по достижении разных сечений поля вытягивания.

Последнее обстоятельство объясняется, в частности, структурной неравномерностью утоняемого продукта, зависит от положения волокна в сечении мычки [4] и других факторов, частично не зависящих от вытяжного прибора.

Нарушение первого вида движения волокон обусловлено, в частности, наличием определенной протяженности поля сил

трения выпускной пары, которая соответствует ширине контактной площадки валика и цилиндра.

Целью данной работы является исследование влияния различных факторов на эффективность процесса вытягивания и обоснование возможности снижения нарушений в сдвигах волокон, обусловленных неизбежным отклонением от первого вида их движения.

Примем следующие допущения: все волокна распрямлены и ориентированы вдоль оси продукта; каждое волокно меняет свою скорость в поле вытягивания только один раз; эта смена скоростей имеет место в момент нахождения его переднего кончика в пределах контактной площадки валика и цилиндра.

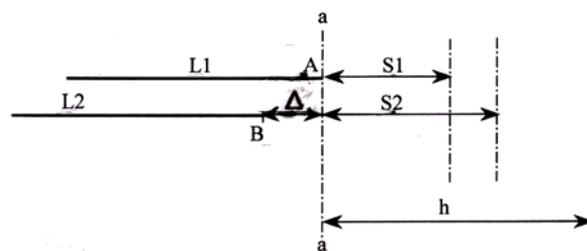


Рис. 1

Пусть два волокна разной длины  $L_1$  и  $L_2$  (при этом  $L_2 > L_1$ ) смещены по передним кончикам на величину  $\Delta$  (рис. 1). До момента смены скоростей в пределах контактной площадки  $h$  волокно длиной  $L_1$

пройдет со скоростью питания путь  $S_1$ , а волокно длиной  $L_2$  – путь  $S_2$ .

Определим расстояние между передними кончиками двух волокон в утоненном продукте. Пусть время  $t=0$  в тот момент, когда передний кончик волокна длиной  $L_1$  достиг границы контактной площадки а-а.

Путь, который пройдет точка А, соответствующая переднему кончику волокна длиной  $L_1$ , за время  $t$ :

$$L_1 = S_1 + \left( t - \frac{S_1}{V_{\text{п}}} \right) V_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{п}}$ ,  $V_{\text{в}}$  – соответственно скорости питания и выпуска.

За это же время точка В (передний конец волокна длиной  $L_2$ ) пройдет путь:

$$L_2 = \Delta + S_2 + \left( t - \frac{\Delta + S_2}{V_{\text{п}}} \right) V_{\text{в}}. \quad (2)$$

Расчетный сдвиг между передними кончиками волокон после вытягивания:

$$\Delta' = L_1 - L_2 = (S_1 - \Delta - S_2)(1 - E), \quad (3)$$

где  $E$  – вытяжка.

Этому сдвигу соответствует фактический сдвиг между серединами:

$$\Delta_{\text{ф}} = \Delta' + \frac{L_2}{2} - \frac{L_1}{2}. \quad (4)$$

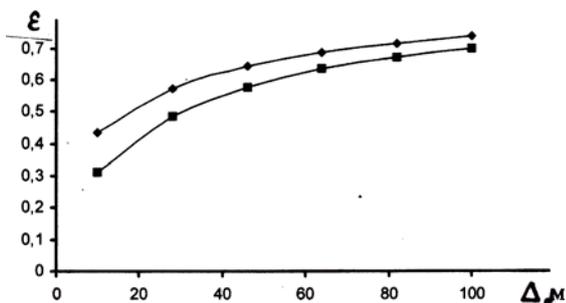


Рис. 2

Идеальный сдвиг между серединами:

$$\Delta_{\text{и}} = \left( \Delta + \frac{L_2}{2} - \frac{L_1}{2} \right) E. \quad (5)$$

Показатель эффективности процесса для двух волокон при  $S_1 \neq S_2 \neq 0$ :

$$\varepsilon = \frac{2(S_2 - S_1 + \Delta)(E - 1) + L_2 - L_1}{(2\Delta + L_2 - L_1)E}. \quad (6)$$

Показатель эффективности процесса для первого вида движения волокон, при котором  $S_1 = S_2$ :

$$\varepsilon = \frac{2\Delta(E - 1) + L_2 - L_1}{(2\Delta + L_2 - L_1)E}. \quad (7)$$

Используя формулы (6) и (7), нами проводилось исследование влияния следующих параметров на показатель эффективности процесса вытягивания:  $\Delta$ ,  $(L_2 - L_1)$ ,  $E$  и  $(S_2 - S_1)$ .

При численном моделировании в среде Excel переменные варьировались в таких пределах:  $\Delta = 10 \div 100$  мм;  $L_2 - L_1 = 0 \div 150$  мм;  $E = 5 \div 12$ ;  $S_2 - S_1 = 0 \div 15$  мм.

В соответствии с числом факторов эксперимент проводился в четырех сериях опытов; в одном из них варьировался изучаемый фактор, а остальные поддерживались на постоянных уровнях; их постоянные значения:  $\Delta = 46$  мм;  $L_2 - L_1 = 60$  мм;  $E = 7,8$ ;  $S_2 - S_1 = 5,6$  мм.

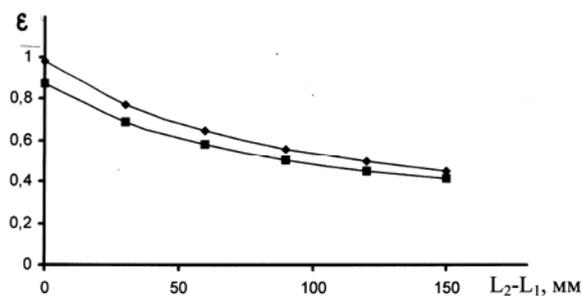


Рис. 3

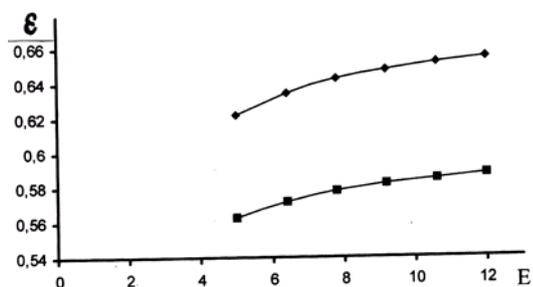


Рис. 4

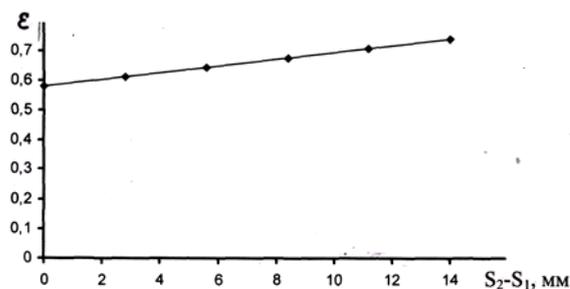


Рис. 5

Результаты расчетов приведены на рис. 2...5, на которых график (1) соответствует первому виду движения, (2) – при указанных выше условиях.

Полученные данные показывают:

- во всех сериях опытов значения показателя эффективности процесса вытягивания для первой схемы движения волокон меньше, чем для исследуемых вариантов;

- с увеличением сдвига до вытягивания между передними концами волокон показатель эффективности возрастает; наихудшие результаты имеют место при малых значениях  $\Delta$ , что объясняет неровноту утоняемого продукта по толщине на коротких отрезках;

- с увеличением вытяжки эффективность процесса возрастает, однако шаг приближения показателя  $\epsilon$  к 1 снижается;

- чем больше разность длин двух рассматриваемых волокон, тем эффективность процесса ниже;

- с увеличением разности  $S_2-S_1$  показатель эффективности процесса вытягивания возрастает. Эти выводы справедливы для принятых интервалов варьирования факторов.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что: а) существует, помимо первого вида движения волокон, другая функция движения волокон с гораздо лучшими результатами процесса; б) эта функция учитывает возможности реальной конструкции выпускной пары и наличия поля сил трения, характеризующегося по протяженности соответствующими размерами контактной площадки валика и цилиндра.

Рассмотрим неблагоприятный случай: пусть два волокна имеют длины 30 и 130 мм. Сдвиг между их передними кончиками до вытягивания – 5 мм, а вытяжка равна 5,

ширина контактной площадки валика и цилиндра – 14 мм.

Можно предположить, что волокно длиной 30 мм должно приобретать скорость выпускной пары по достижении ближней к вредному (неконтролируемому) пространству границы, а длиной 130 мм – дальней границы этой площадки. В этом случае имеем следующие результаты расчета (табл. 1)

Т а б л и ц а 1

Схема движения волокон	$\Delta'$ , мм	$\Delta_f$ , мм	$\Delta_n$ , мм	$\epsilon$
Первый вид движения	25	75	275	0,272
Рассматриваемая схема движения	36	86		0,313

Полученные результаты показывают, что для наибольшей разности длин двух рассматриваемых волокон, при расстоянии между их передними концами до вытягивания, приводящего к коротковолновой неровноте продукта и минимальной вытяжке, рассматриваемая схема движения волокон более эффективна, чем при первом виде их движения.

Эти данные требуют поиска оптимальной и индивидуальной для каждого распределения волокон по длине в утоняемом продукте схемы движения волокон, отличающейся от первого вида дифференцированными, в зависимости от длины волокон, границами, по достижении которых своими передними кончиками волокна соответствующей длины должны переходить на скорость выпускной пары.

Знание такой функции позволит научно обосновывать режим работы вытяжного прибора для реализации этой функции через соответствующие поля сил трения.

## ВЫВОДЫ

Для повышения эффективности процесса вытягивания целесообразно реализовать в вытяжном приборе дифференцированную (в зависимости от длины волокон) функцию их движения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зотиков В.Е., Будников В.И., Трыков П.П. Основы прядения волокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1959.

2. Taylor D.S. The velocity of floating fibers during drafting of worsted slivers // Journal of the textile institute. – 1959, vol. 50, №2. P. 233...236.

3. Protasova V.A., Kapitanov. A.F. Untersuchung der Faserbewegung in einem Streckwerk mit Hilfe radioaktiven Isotope // Sowietische Beitrage Faserforschung und Textiltechnik. – 1969, №6. S.202...204.

4. Распределение точек изменения скорости при роликовой вытяжке / ВЦИ. - №51623. – М. – 12с. – Пер. ст. Тэцуо Итино, Синья Курасаки и Фудзино Тикада из журнала Сэньи гаккаиси. 1959, т. 15, №1. С.30...34.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 26.12.05.

УДК 677.052.94

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКТА ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ ВЫТЯЖНОГО ПРИБОРА\*

Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, В.А. АВРЕЛЬКИН, Е.Н. НИКИФОРОВА, И.А. ЛЕГКОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В производстве пряжи основным видом затрат является стоимость сырья. Себестоимость пряжи на 87...94 % состоит из стоимости сырья, поэтому каждый процент, сбереженный на прядильной машине в результате снижения обрывности, позволяет снизить себестоимость пряжи на 0,7%, что дает экономический эффект.

Обрывность – одна из главных нерешенных проблем в производстве пряжи. Уровень обрывности дает представление о качестве и экономичности технологического процесса в целом, являясь контролируемым и достаточно информативным параметром.

Снижения обрывности пряжи можно добиться путем постоянной и планомерной работы по совершенствованию технологического процесса, улучшению технического уровня оборудования и качества полуфабрикатов.

Так, снижение неровноты от вытягивания позволит существенно снизить обрывность полуфабрикатов в процессе формирования пряжи. Есть множество способов ее снижения, среди которых обоснованные

расчеты заправочных параметров вытяжного прибора, а также выбор необходимой конструкции контролирующих движение волокон устройств с определенными геометрическими характеристиками.

В настоящей статье объектом исследования выступает вытяжной прибор прядильной машины П-76-ШГ2 при переработке ровницы линейной плотности  $T=333$  текс из смеси следующего состава: шерсть 64<sup>к</sup> I и II длины – 45%, искусственное волокно (лавсан) – 55%.

Целью работы является снижение неровноты продукта за счет создания оптимальных условий для осуществления процесса вытягивания. Процесс оптимизации сводится к процессу минимизации неровноты от вытягивания.

Расчет заправочных параметров вытяжного прибора, а также определение геометрических характеристик контролирующих органов необходимо проводить после анализа структуры вытягиваемого продукта, то есть после определения штапельной длины волокон ровницы и их тонины.

\* Работа выполнена по гранту Президента Российской Федерации для поддержки молодых ученых.

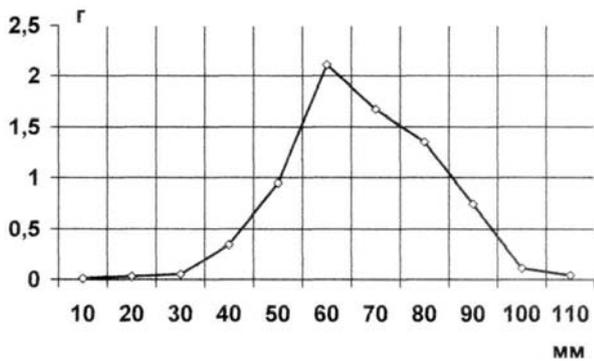


Рис. 1

На рис. 1 представлена диаграмма распределения длин волокон исследуемого продукта, полученная в результате проб массы волокон с учетом произошедших структурных изменений на предварительных переходах.

Определим штапельную длину волокон исследуемого продукта:

$$\ell_{шт.1} = \frac{20+30}{2} - 10 + \frac{570,7}{100} \cdot 10 = 72,1 \text{ мм.}$$

В дальнейшем в рамках решаемой задачи определим разводку в зонах вытягивания и вытяжку.

С учетом геометрических параметров органов вытяжного прибора и вида эластичного покрытия нажимных валиков разводка в задней зоне вытягивания вытяжного прибора определяется из следующего выражения:

$$R = \ell_{шт} + 6 \dots 9.$$

Следовательно, разводка в задней зоне вытяжного прибора:

$$R = 72,1 + 7 = 79,1 \approx 80 \text{ мм.}$$

Аналогично в основной зоне вытягивания разводка с учетом длины ремешков равна 110 мм.

Определим частные вытяжки для исследуемого вытяжного прибора. Общая

вытяжка для получения пряжи линейной плотности 19,5 текс, выработанной из ровницы 333 текс, равна 17.

Следовательно, в задней зоне вытяжного прибора вытяжка составит:

$$E_1 = \frac{2E}{E+1} = \frac{2 \cdot 17}{E+1} = 1,9.$$

В передней зоне вытягивания

$$E_2 = \frac{E+1}{2} = \frac{17+1}{2} = 9.$$

Следующим заправочным параметром является нагрузка на нажимные валики вытяжного прибора. Для этого необходимо первоначально исследовать силы, образующиеся в зонах вытягивания.

Принимая во внимание проведенные ранее исследования [1...3], можно без труда определить силы, действующие в зонах вытяжного прибора, учет которых позволит рассчитать нагрузки на нажимные валики вытяжного прибора.

Следует отметить, что расчет сил, действующих в зоне вытягивания, проводился с учетом установки в зонах вытягивания криволинейных поверхностей, меридиональное сечение которых выполнено в форме логарифмической спирали.

Установленные в зонах исследуемого вытяжного прибора планки являются полыми с возможностью варьирования радиуса кривизны путем подачи в полость давления. Под действием давления  $p$  в теле планки возникает продольно растягивающее напряжение, которое вызывает ее удлинение.

В настоящем вытяжном приборе поперечное сечение криволинейной планки имеет плоскоовальное сечение.

Изменение радиуса кривизны при подаче давления в полость планки определяется следующим образом [4]:

$$\rho_2(\theta) = \frac{\rho(\theta)}{1 - \rho(\theta) \int_0^\theta \frac{1-\mu^2}{E} \frac{\alpha}{bh} \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{\rho(\theta)^2}{\beta + \left(\frac{\rho(\theta)h}{a^2}\right)^2} d\theta},$$

где  $\rho(\theta)$  и  $\rho_2(\theta)$  – начальный и конечный радиус исследуемого элемента планки;  $E$  – модуль упругости материала планки;  $\mu$  – коэффициент Пуассона материала;  $h$  – толщина стенки планки;  $p$  – подаваемое в полость давление;  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, зависящие от отношения полуосей сечения

$a/b$ ;  $a$  – большая ось эллипса;  $b$  – малая ось эллипса.

В табл. 1 приведены рассчитанные заправочные параметры вытяжного прибора прядильной машины П-76-ШГ2 с учетом характеристик вытягиваемого продукта.

Таблица 1

Состав перерабатываемой смеси полуфабриката прядения	Разводка в зоне, мм		Вытяжка		Нагрузка на нажимной валик пары, сН		
	задняя	передняя	задняя	передняя	питающей	промежуточной	выпускной
Ровница Т=0,333 ктекс шерсть 64 <sup>к</sup> I-II длины – 45%, искусственное волокно (лавсан) – 55%.	80	110	1,9	9	6990	8750	10320

После установки рассчитанных заправочных параметров вытяжного прибора ровничной и прядильной машины вырабо-

тана пряжа  $T = 18,5$  текс, единичные показатели качества которой приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование показателей качества	Опытный вариант
Линейная плотность, текс	19,5
Абсолютная разрывная нагрузка, сН	308
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	12,3
Коэффициент вариации по линейной плотности, %:	
– на длинных отрезках	3,5
– на коротких отрезках	15,9
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	13,8
Коэффициент вариации по крутке, %	11,2
Обрывность на 1000 вер/ч	81

Полученные заправочные параметры приведены для конкретного вытягиваемого продукта. На следующем этапе исследований было проведено варьирование давления в полости планки, вследствие которого менялись силы, действующие между волокнами продукта в процессе вытягивания, а следовательно, и качественная картина процесса вытягивания.

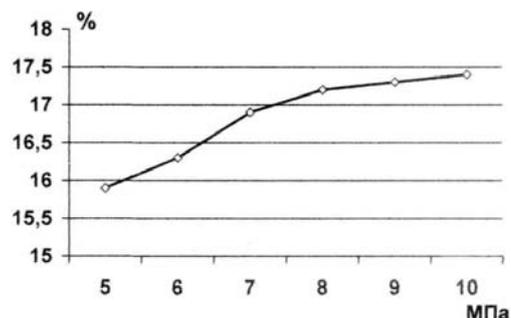


Рис. 2

На рис.2 представлено изменение средних значений неровноты продукта при варьировании давления в полости планки. Анализ графика показывает, что при увеличении давления в полости планки неровнота продукта увеличивается.

Изменение радиуса кривизны огибаемой волокнистым продуктом поверхности оказывает значительное влияние на величину коэффициента сопротивления.

## ВЫВОДЫ

1. Расчет заправочных параметров необходимо проводить с учетом характеристик вытягиваемого продукта, а также сил, действующих в зонах вытяжного прибора, который позволяет получить пряжу с высокими качественными характеристиками.

2. Увеличение радиуса кривизны планок, установленных в зонах вытяжного прибора, уменьшает поле сил трения, так

как снижается натяжение, которое зависит не только от угла охвата и кинематических параметров движения продукта, но и от геометрических свойств криволинейной планки, что ведет к увеличению неровноты вытягиваемого продукта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Роньжин В.И., Аврелькин В.А., Лапшин В.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №3. С.30...33.

2. Аврелькин В.А., Роньжин В.И., Шагинов А.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 4-5. С.41...45.

3. Чистобородов Г.И., Аврелькин В.А., Роньжин В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6. С.24...27.

4. Чистобородов Г.И., Аврелькин В.А., Чистобородов И.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6. С.25...32.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 30.01.06.

УДК 677.021.166.001.24

## ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ НЕРОВНОТА СМЕШИВАНИЯ ВОЛОКОН В ИДЕАЛЬНОМ МНОГОКОМПОНЕНТНОМ ПРОДУКТЕ

Д.Б. РЫКЛИН

(Витебский государственный технологический университет)

В настоящее время производство многокомпонентных праж составляет значительную долю общего мирового объема выпуска пряжи. Известно, что сочетание волокон нескольких видов позволяет получить пряжу, обладающую комплексом ценных свойств, присущих ее отдельным компонентам. Однако это утверждение является справедливым только при качественном смешивании компонентов. При плохом смешивании происходит повышение неровноты по всем свойствам пряжи, снижение стабильности технологических процессов ее производства и переработки.

Одним из главных критериев качества смешивания является квадратическая неровнота смешивания, определяемая по следующей формуле [1]:

$$C_{см}^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{\beta i}^2, \quad (1)$$

где  $k$  – количество смешиваемых компонентов;  $C_{\beta i}$  – квадратическая неровнота по доле  $i$ -го компонента.

Формула (1) позволяет определить неровноту смешивания реального многокомпонентного волокнистого продукта и, кроме того, может быть использована для сравнения между собой нескольких продуктов с целью выявления рациональной технологии их производства.

Однако следует отметить, что из разных по составу смесей волокон даже при переработке по одной технологии могут быть получены пряжи, существенно отличающиеся по неровноте смешивания.

Известно, например, что введение в смесь компонента с малым процентным вложением приводит на практике к существенному увеличению неровноты смешивания. Это, в свою очередь, вызывает необходимость усложнения технологического процесса или использования специального оборудования, обеспечивающего точное дозирование этого компонента.

В результате возникает проблема, связанная с абсолютной оценкой качества смешивания. Анализируя качество смешивания, достигнутое при переработке неоднородных смесей волокон, необходимо знать, насколько фактическая неровнота смешивания превосходит минимально возможную.

Аналогичную функцию для оценки неровноты по линейной плотности выполняет гипотетическая неровнота идеального продукта, определяемая по формуле I.G. Martindale:

$$C_{\Gamma} = \frac{100}{\sqrt{m}}, \quad (2)$$

где  $m$  — среднее число волокон в сечении продукта.

Под идеальным продуктом, начиная с работ I.G. Martindale, понимают волокнистый продукт, для которого процесс появления переднего конца волокна (или другой характерной точки) на участке заданной длины является пуассоновским, то есть поток волокон рассматривается как пуассоновский стационарный поток событий.

При определении гипотетической неровноты по смешиванию так же можно исследовать волокнистый продукт, который отличается только тем, что состоит из нескольких сложенных вместе идеальных продуктов.

В результате имитационного моделирования такого продукта, состоящего из компонентов с одинаковыми длиной и линейной плотностью волокна, установлено, что между неровнотой  $C_{\Gamma}$  идеального двухкомпонентного продукта по линейной

плотности, средними долями компонентов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и неровнотой  $C_{\beta_1}$  и  $C_{\beta_2}$  по доле компонентов существуют следующие зависимости:

1) соотношение неровнот по доле компонентов обратно пропорционально соотношению долей компонентов:

$$\frac{C_{\beta_1}}{C_{\beta_2}} = \frac{\beta_2}{\beta_1} \quad (3)$$

(данное соотношение может быть выведено аналитически для любого закона распределения масс отрезков компонентов);

2) произведение неровнот по доле компонентов равно квадрату неровноты идеального двухкомпонентного продукта по линейной плотности:

$$C_{\beta_1} C_{\beta_2} = C_{\Gamma}^2. \quad (4)$$

Отсюда формула для расчета минимальной неровноты по доле компонента будет иметь вид:

$$C_{\beta_1} = \sqrt{\frac{1-\beta_i}{\beta_i}} C_{\Gamma}. \quad (5)$$

С учетом того, что неровнота идеального продукта рассчитывается по формуле (2), получим, что неровнота по доле компонента, равномерно распределенного по длине идеального волокнистого продукта, определяется по формуле

$$C_{\beta_1} = 100 \sqrt{\frac{1-\beta_i}{m\beta_i}}. \quad (5)$$

Анализируя выражение (5), отметим, что неровнота распределения вдоль продукта  $i$ -го компонента повышается с уменьшением количества волокон в сечении продукта и доли компонента.

С учетом (5) формула (1) для расчета гипотетической неровноты смешивания для идеального двухкомпонентного продукта принимает вид:

$$C_{\text{см}} = 100 \sqrt{\frac{\frac{\beta_1}{m\beta_2} + \frac{\beta_2}{m\beta_1}}{2}} = 70,7 \sqrt{\frac{\beta_1^2 + \beta_2^2}{m\beta_1\beta_2}}. \quad (6)$$

Из (6) следует, что при производстве пряж малой линейной плотности и малом процентном содержании одного из компонентов достаточно сложно, а в ряде случаев и невозможно добиться низкой неровноты по составу и свойствам. Этот вывод подтверждается на практике.

Моделирование показало, что формула (5) справедлива при любом числе компонентов. В общем виде при числе компонентов  $k$  гипотетическую неровноту смешивания идеального продукта можно определить по формуле

$$C_{\text{см}} = C_{\Gamma} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\beta_i}}{k}} - 1. \quad (7)$$

Интересный результат был получен при моделировании многокомпонентных волокнистых продуктов, комплексная неровнота которых включает периодические составляющие. В этом случае процесс появления конца волокна также рассматривается как пуассоновский, однако интенсивность потока является переменной и описывается следующим законом:

$$\alpha(t) = \alpha_0 \left( 1 + \sum_j \alpha_j \sin(\omega_j t + \varphi_j) \right), \quad (8)$$

где  $\alpha(t)$  – интенсивность потока – математическое ожидание количества передних концов волокон на участке заданной длины;  $\alpha_0$  – среднее количество концов волокон на участке заданной длины;  $a_j$  – амплитуда  $j$ -й периодической составляющей неровноты в долях от среднего значения;  $\omega_j, \varphi_j$  – соответственно частота и начальная фаза  $j$ -й периодической составляющей не-

ровноты.

Такой волокнистый поток описывается как нестационарный пуассоновский поток событий.

Моделирование показало, что если значения  $a_j, \omega_j$  и  $\varphi_j$  складываемых продуктов совпадают, то неровнота по линейной плотности многокомпонентного продукта повышается по сравнению с неровнотой гипотетического продукта, а неровнота смешивания остается неизменной и может быть рассчитана по формуле (7).

При различных значениях параметров периодических составляющих неровноты компонентов продукта по линейной плотности неровнота смешивания намного превышает значение, рассчитанное с помощью (7).

Таким образом, полученная формула может быть использована для оценки неровноты смешивания и сравнения эффективности различных способов смешивания волокон при производстве неоднородных пряж различных составов.

## ВЫВОДЫ

1. Получена формула для расчета гипотетической неровноты идеального продукта, которая может быть использована для оценки неровноты смешивания при производстве неоднородных пряж различных составов.

2. Установлено, что гипотетическая неровнота смешивания увеличивается при уменьшении количества волокон в сечении идеального волокнистого продукта и доли одного или нескольких компонентов.

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 20.01.06.

УДК 677.024

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАВНОВЕСИЯ  
ПРИБИВАЕМОЙ УТОЧНОЙ НИТИ\***

С.Г. СТЕПАНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Рассмотрим зону формирования однослойной ткани полотняного переплетения в момент крайнего переднего положения берда (рис. 1-а,б).

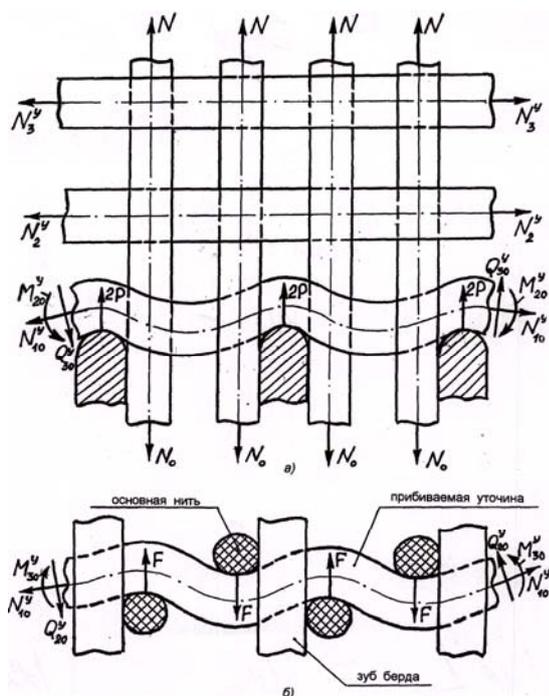


Рис. 1

Выделим элемент прибиваемой уточной нити между двумя соседними зубьями берда и рассмотрим его равновесие (рис. 2-а, б, в). На рассматриваемый элемент уточины в случае равнатянутого зева от каждого зуба берда передается усилие  $P$  прибора. Со стороны основной нити на прибиваемую уточину будут действовать те же силы, что и со стороны прибиваемой уточины на основу [1], но противоположно направленные (рис.3).

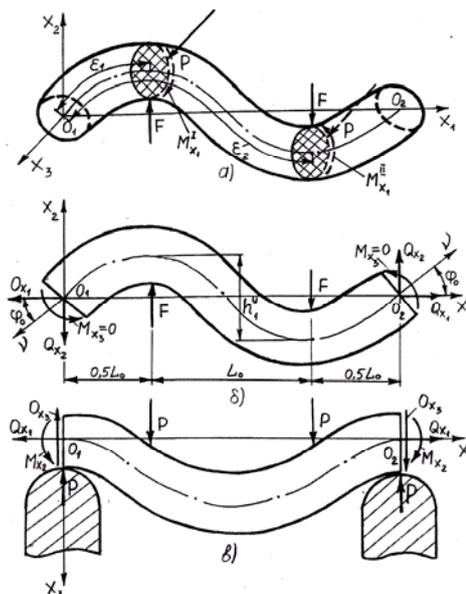


Рис. 2

Элемент уточной нити в горизонтальной плоскости  $X_1O_1X_3$  (рис. 2-в) будет находиться в равновесии, если со стороны каждой из основных нитей на площадке ее контакта с рассматриваемой уточиной будет действовать система нагрузок, проекция от которых на горизонтальную ось будет давать равнодействующую, равную по модулю  $P$ , но противоположную по направлению. Это следует из уравнений равновесия элемента нити.

В тех же сечениях со стороны основных нитей в вертикальной плоскости  $X_1O_1X_2$  (рис. 2-б) действуют равнодействующие  $F$  от проекций на вертикальную ось распределенной нагрузки  $Q_1^0$  и сил трения  $\tau_1$  (рис. 3). Кроме того, элемент уточной нити помимо растяжения и изгиба подвергается скручиванию под дейст-

\* Научный консультант – проф., докт. техн. наук Г.И. Чистобородов.

вием крутящих моментов  $M_{X_1}^I$  и  $M_{X_2}^{II}$  (рис.2-а), в основном обусловленных:

1) силами контактного трения  $\tau_1$  между уточиной и нитью основы (рис. 3);

2) распределенной нагрузкой  $p$ , передаваемой со стороны нити основы на прибаваемую уточную нить (рис.3).



Рис. 3

Для прибаваемой уточной нити и материала, из которого она состоит, принимаем те же допущения, что и в [1].

При выработке ткани на станках типа СТБ прокладывание уточины осуществляется при некотором начальном натяжении, поэтому можно считать, что до нагружения уточная нить в зеве имеет прямолинейную форму (считаем, что станок не оборудован механизмом

дозировки уточной нити). На челночных станках длина прокладываемой уточины превышает ширину проборки по берду, а нить к началу прибора имеет некоторую начальную кривизну.

Считаем начальную кривизну величиной второго порядка малости и ее влиянием на изменение величины изгибающих моментов будем пренебрегать.

Однако в дальнейшем при определении натяжения в прибаваемой уточине избыточная длина проложенной уточины будет учтена, если ткань вырабатывается на челночных станках, так же, как и начальное натяжение в ней при выработке ткани на бесчелночных станках.

Прибаваемая уточина под действием указанных выше силовых факторов находится в условиях сложного сопротивления, характеризующегося изгибом в двух плоскостях с одновременным действием кручения и растяжения. Деформированная ось нити представляет собой пространственную кривую.

В [2] получена система уравнений статического равновесия пространственно-криволинейного стержня (жесткой на изгиб и кручение нити) в проекциях на неподвижные оси в наиболее общем случае нагружения. Для прибаваемой уточины и нагрузок, действующих на нее, система уравнений принимает вид:

$$\begin{aligned}
 & \frac{dQ_{X_1}}{d\varepsilon} = 0, \quad \frac{dQ_{X_2}}{d\varepsilon} + F\delta(\varepsilon - \varepsilon_1) - F\delta(\varepsilon - \varepsilon_2) = 0, \\
 & \frac{dQ_{X_3}}{d\varepsilon} + P\delta(\varepsilon - \varepsilon_1) + P\delta(\varepsilon - \varepsilon_2) = 0, \\
 & \frac{dM_{X_1}}{d\varepsilon} + \frac{dx_2}{d\varepsilon} Q_{X_3} - \frac{dx_3}{d\varepsilon} Q_{X_2} + M_{X_1}^I \delta(\varepsilon - \varepsilon_1) - M_{X_1}^{II} \delta(\varepsilon - \varepsilon_2) = 0, \\
 & \frac{dM_{X_2}}{d\varepsilon} + \frac{dx_3}{d\varepsilon} Q_{X_1} - \frac{dx_1}{d\varepsilon} Q_{X_3} = 0, \quad \frac{dM_{X_3}}{d\varepsilon} + \frac{dx_1}{d\varepsilon} Q_{X_2} - \frac{dx_2}{d\varepsilon} Q_{X_1} = 0, \\
 & \frac{dx_1}{d\varepsilon} = \cos \psi_1 \cos \varphi_1, \quad \frac{dx_2}{d\varepsilon} = \cos \psi_1 \sin \varphi_1 \cos \vartheta_1 + \sin \psi_1 \sin \vartheta_1, \\
 & \frac{dx_3}{d\varepsilon} = \cos \psi_1 \sin \varphi_1 \sin \vartheta_1 - \sin \psi_1 \cos \vartheta_1, \\
 & M_{X_1} = A_{11}\chi_1 \cos \psi_1 \cos \varphi_1 - A_{22}\chi_2 \sin \varphi_1 + A_{33}\chi_3 \sin \psi_1 \cos \varphi_1, \\
 & M_{X_2} = A_{11}\chi_1 (\cos \psi_1 \sin \varphi_1 \cos \vartheta_1 + \sin \psi_1 \sin \vartheta_1) + A_{22}\chi_2 \cos \varphi_1 \cos \vartheta_1 + \\
 & + A_{33}\chi_3 \sin \psi_1 \sin \varphi_1 \cos \vartheta_1 - \cos \psi_1 \sin \vartheta_1, \\
 & M_{X_3} = A_{11}\chi_1 (\cos \psi_1 \sin \varphi_1 \sin \vartheta_1 - \sin \psi_1 \cos \vartheta_1) + A_{22}\chi_2 \cos \varphi_1 \sin \vartheta_1 + \\
 & + A_{33}\chi_3 (\sin \psi_1 \sin \varphi_1 \sin \vartheta_1 + \cos \psi_1 \cos \vartheta_1), \\
 & \chi_1 = \frac{d\vartheta_1}{d\varepsilon} \cos \psi_1 \cos \varphi_1 - \frac{d\varphi_1}{d\varepsilon} \sin \psi_1, \quad \chi_2 = \frac{d\psi_1}{d\varepsilon} - \frac{d\vartheta_1}{d\varepsilon} \sin \varphi_1, \\
 & \chi_3 = \frac{d\varphi_1}{d\varepsilon} \cos \psi_1 + \frac{d\vartheta_1}{d\varepsilon} \sin \psi_1 \cos \varphi_1,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2$  – текущая координата и координаты точек приложения внешних сосредоточенных сил и моментов;  $Q_{X_1}, Q_{X_2}, Q_{X_3}$  – проекции вектора внутренних усилий на координатные оси;  $\delta(\varepsilon - \varepsilon_1), \delta(\varepsilon - \varepsilon_2)$  – дельта-функции Дирака;  $M_{X_1}, M_{X_2}, M_{X_3}$  – проекции вектора внутренних моментов на оси координат;  $X_i$  – координаты точек оси нити после нагружения внешними силами ( $i=1, 2, 3$ );  $\varphi_1, \psi_1, \vartheta_1$  – углы, характеризующие положение жестко связанного с главными осями сечения нити базиса после

нагружения;  $A_{11}$  – жесткость нити при кручении;  $A_{22}, A_{33}$  – жесткость нити при изгибе относительно главных осей;  $\chi_1$  – кручение осевой линии нити после нагружения;  $\chi_2, \chi_3$  – кривизны оси нити в плоскостях, проходящих через главные оси поперечного сечения после нагружения;  $M_{X_1}^I, M_{X_1}^{II}$  – проекции векторов внешних сосредоточенных моментов на координатные оси, для которых в первом приближении имеем:

$$\sum_{k=1}^{\ell=2} M_{X_1}^{(k)} \delta(\varepsilon - \varepsilon_k) = M_{X_1}^I \delta(\varepsilon - \varepsilon_1) + M_{X_1}^{II} \delta(\varepsilon - \varepsilon_2),$$

где  $M_{X_1}^I = M_{X_1}^{II} = \mu q_1^0 (s_1 - s_2) 0,5 d_y \eta_{yв} + P_1 h$ ;  $d_y, \eta_{yв}$  – диаметр уточной нити и коэффициент ее смятия по вертикали;  $\mu$  – коэффициент трения между нитями;  $q_1^0$  – распределенная нагрузка, действующая со стороны нити основы на прибываемую уточину (рис. 3);  $P_1$  – равнодействующая от распределенной нагрузки  $p$ , для которой имеем

$$P_1 = p(s_0 - s_2);$$

$s_0, s_1, s_2$  – координаты, определяющие действие распределенных нагрузок  $q_1^0$  и  $p$ , воспринимаемых прибываемой уточной со стороны основы (рис. 3);  $h$  – расстояние от линии действия силы  $P_1$  до центра  $O_1$  уточины (рис.3).

Силы  $P$  и  $F$ , действующие на прибываемую уточину, представляют собой равнодействующие проекции на соответственно горизонтальную и вертикальную оси всех сил, воспринимаемых уточной со стороны нити основы.

В результате, проецируя силы, приложенные к прибываемой уточине (рис.3), на эти оси, для  $P$  и  $F$  получим:

$$P = p(s_0 - s_2) - \mu \int_{s_2}^{s_0} p \sin \varphi \cos \varphi ds - \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \sin \varphi ds + \mu \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \cos \varphi ds, \quad (2)$$

$$F = \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \cos \varphi ds + \mu \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \sin \varphi ds - \mu \int_{s_2}^{s_0} p \sin^2 \varphi ds, \quad (3)$$

где  $s, \varphi$  – текущие координаты и угол поворота поперечного сечения основы [1].

Для решения системы уравнений (1) необходимо определить краевые условия для рассматриваемого пространственного случая деформации элемента уточной нити.

С этой целью рассмотрим проекции нити на координатные плоскости  $X_1O_1X_2$  и  $X_1O_1X_3$  (рис. 2-а, б).

Необходимо отметить, что рассматриваемый элемент нити находится в таком же на-

пряженном и деформированном состоянии, обусловленном приложенной к нему системой внешних и внутренних сил, что и любой другой аналогичный элемент нити слева или справа от рассматриваемого в центральной зоне опушки ткани.

Учитывая вышесказанное, а также то, что в смежных сечениях внутренние силовые факторы должны уравниваться, приходим к выводу, что силы и моменты, действующие в сечениях, проходящих через точки  $O_1$  и  $O_2$ , равны

по величине и противоположны по направлению.

Принимаем также, что сечения нити в точках  $O_1$  и  $O_2$  не могут перемещаться по горизонтали, а следовательно, перемещения точек оси нити в направлении координатных осей  $X_2, X_3$  будут обуславливаться ее растяжением.

При пространственной деформации нити в каждом из краевых сечений в общем случае действуют проекции на координатные оси внутренних усилий  $Q_{X_1}, Q_{X_2}, Q_{X_3}$ , изгибающих моментов  $M_{X_2}, M_{X_3}$  и крутящего момента  $M_{X_1}$ .

Для проекции на ось  $X_3$  вектора внутренних сил имеем:

$$\text{при } X_1=0 \quad Q_{X_3} = P; \quad X_1 = 2L_0; \quad Q_{X_3} = -P, \quad (4)$$

где  $L_0$  – геометрическая плотность ткани по основе.

Для проекции вектора изгибающего момента на ось  $X_3$ , учитывая, что точки  $O_1$  и  $O_2$  являются точками перегиба, получаем:

$$\text{при } X_1=0 \quad M_{X_3} = 0; \quad X_1 = 2L_0; \quad M_{X_3} = 0. \quad (5)$$

Из уравнений равновесия для отрезка нити (рис. 2-б) в виде равенства нулю сумм моментов всех сил относительно точек  $O_1, O_2$  следует:

$$\text{при } X_1=0; \quad X_1 = 2L_0 \quad Q_{X_2} = \frac{F}{2}. \quad (6)$$

Учитывая, что  $Q_{X_1}$  и  $Q_{X_2}$  в краевых сечениях лежат в одной плоскости ( $Q_{X_3}$  перпендикулярна этой плоскости), и записывая уравнения проекций этих сил на касательную  $v$  к оси нити в точках  $O_1$  и  $O_2$  (рис. 2-б), имеем:

$$\begin{aligned} X_1 = 0; \quad X_1 = 2L_0; \\ N^y = Q_{X_1} \cos \varphi_0 + Q_{X_2} \sin \varphi_0, \quad (7) \end{aligned}$$

откуда с учетом (6) получаем

$$Q_{X_1} = \frac{1}{\cos \varphi_0} \left( N^y - \frac{F}{2} \sin \varphi_0 \right), \quad (8)$$

где  $N^y, \varphi_0$  – соответственно осевое усилие и угол наклона к оси  $X_1$  касательных к осевой линии нити в точках  $O_1$  и  $O_2$ .

Получим выражение для  $N^y$  при выработке ткани на станках типа СТБ.

Пусть прямолинейный до нагружения силами элемент нити между точками  $O_1$  и  $O_2$  имел некоторое начальное натяжение. Под действием усилий  $P$  и  $F$  нить продеформируется и ее длина в пространстве станет равной  $\varepsilon$ .

Для полной относительной деформации нити  $\lambda_1$  в первом приближении имеем:

$$\lambda_1 = \lambda_{\text{нач}} + \frac{\varepsilon}{2L_0} - 1, \quad (9)$$

где  $\lambda_{\text{нач}}$  – начальная относительная деформация нити.

Считая, что для рассматриваемой нити справедлива линейная зависимость усилие – деформация, получим:

$$\begin{aligned} N^y &= E_y S_y \lambda_1 = E_y S_y \left( \lambda_{\text{нач}} + \frac{\varepsilon}{2L_0} - 1 \right) = \\ &= N_{\text{нач}}^y + E_y S_y \left( \frac{\varepsilon}{2L_0} - 1 \right), \quad (10) \end{aligned}$$

где  $E_y, S_y$  – модуль жесткости нити при растяжении и площадь ее поперечного сечения;  $N_{\text{нач}}^y = E_y S_y \lambda_{\text{нач}}$  – начальное натяжение нити до прибора.

Два оставшихся краевых силовых фактора – изгибающий  $M_{X_2}$  и крутящий  $M_{X_1}$  моменты не могут быть определены с помощью уравнений равновесия.

Учитывая, что сумма высот волн изгиба нити основы и прибываемой уточины равна сумме их диаметров с учетом смятия, получим

$$h_1^o + h_1^y = d_0 \eta_{OB} + d_y \eta_{yB}, \quad (11)$$

где  $h_1^o$  – высота волны изгиба основной нити (рис. 3);  $h_1^y$  – высота волны изгиба прибываемой уточины в плоскости  $X_1 O_1 X_2$  (рис. 2-б);  $d_0, \eta_{OB}$  – диаметр основы и коэффициент ее смятия в вертикальной плоскости.

Получена математическая модель (1) равновесия прибываемой уточной нити в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения при крайнем переднем положении берда, а также соотношения (2), (3), (11), связывающие ее с математической моделью равновесия основной нити [1].

1. Степанов С.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 1. С.47...51.
2. Светлицкий В.А. Механика трубопроводов и шлангов. – М.: Машиностроение, 1982.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 17.04.06

УДК 677.023.76

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ ТКАЦКОГО НАВОЯ

А.Ю. КУТЬИН, Ю.К. КУТЬИН, В.Л. МАХОВЕР

(Ивановская государственная текстильная академия)

В работе [1] наглядно показано, что точно отмеренная длина пряжи в сновании и разматывание паковок с одинаковой вытяжкой не обеспечивают ликвидации отходов при доработке шлихтовальной партии. Существующий способ формирования длинномерных материалов в рулон сопровождается сжатием наматываемого материала. По этой причине длина пряжи, измеренная на открытой поверхности, не равна ее длине в сформированном рулоне.

Изменение длины зависит от величины смещения витков в процессе наматывания материала, то есть от напряженной структуры намотки. А поскольку в рулон формируется длинномерный материал со случайно распределенными параметрами, то и напряженная структура намотки является случайной.

Измеренная длина нитей на открытой поверхности изменяется в дальнейшем за счет сжатия формируемого рулона, величина которого определяется упругими свойствами наматываемого материала. В связи с этим тратить средства на разработку высокоточных измерителей длины, не отслеживая напряженную структуру рулона, не имеет смысла.

Длина нитей, измеренная на открытой поверхности, и фактическая их длина в ру-

лоне могут быть равны лишь при отсутствии смещения витков в процессе формирования намотки, то есть когда плотность намотки постоянна.

Каким образом обеспечить постоянную плотность намотки формируемого рулона и какие параметры должны при этом контролироваться, – подробно изложено в [2].

Рассмотрим преимущества новой технологии [3] формирования ткацкого навоя. В соответствии с математической моделью [1]:

$$a = \frac{b}{2\gamma_H} + \chi\theta, \quad (1)$$

$$\rho = \frac{b}{2\gamma_H}\theta + \frac{\chi}{2}\theta^2 + \rho_0, \quad (2)$$

$$L = \theta \left( \frac{b}{4\gamma_H}\theta + \frac{\chi}{6}\theta^2 + \rho_0 \right), \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{bL}{\rho^2 - \rho_0^2} \quad (4)$$

было сформировано восемь сновальных паковок со следующими характеристиками: линейная плотность пряжи  $T = 28,82 \cdot 10^{-6}$  кг/м; количество нитей в заправке  $M = 465$ ; длина снования  $L = 11000$  м; средняя плотность намотки

$\gamma_{\text{ср}} = 470 \text{ кг/м}^3$ ; фиксированный радиус намотки  $\rho_{\text{ф}} = 0,355 \text{ м}$ ;  $b = \text{МТ}/(\pi\text{Н}) = 3,047 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{рад})$ ; радиус ствола сновального вала  $\rho_0 = 0,12 \text{ м}$ ; начальная плотность намотки  $\gamma_{\text{н}} = 484,54 \text{ кг/м}^3$ ; фиксированное количество оборотов  $n_{\text{ф}} = 11532$ ; рассадка фланцев  $\text{Н} = 1,4 \text{ м}$ ;  $\chi = d^2\rho/d\theta^2 = 2,685492 \cdot 10^{-12} \text{ м/рад}^2$ .

При конечном угле поворота паковки  $\theta_{\text{к}} = 2\pi n_{\text{к}} = 8521 \cdot 2\pi = 53539 \text{ рад}$  длина снования, вычисленная по формуле (3), и радиус намотки, определенный по формуле (2), соответственно равны 10999,7 и 0,2922 м.

Формирование всех сновальных паковок завершалось при конечном количестве оборотов 8521. По окончании намотки контроллер выдавал на цифровое табло конечные значения фактических радиусов намотки, величина которых составила

0,2922; 0,2919; 0,2924; 0,2921; 0,2923; 0,2922; 0,2922 и 0,2923 м.

При проведении эксперимента контроллер с помощью накладного роликового датчика каждый раз подсчитывал длину намотанной пряжи, конечное значение которой также высвечивалось на цифровом табло. Конечная длина намотки составила 10999, 10993, 11005, 10997, 11003, 10999, 10999 и 11003 м.

Отклонение конечных радиусов и длины намотки от расчетных значений связано с изменениями скорости (1) перемещения точки наматывания, радиусов стволков и рассадки фланцев сновальных валов. Действительно, если изменяется коэффициент  $b$  вследствие изменения рассадки фланцев, то изменяются величины  $n_{\text{ф}}$ ,  $\chi$ ,  $L_{\text{к}}$  и  $\rho_{\text{к}}$  при сохранении других характеристик неизменными, что наглядно показано в табл. 1.

Таблица 1

$b, 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{рад})$	$n_{\text{ф}}, \text{ обороты}$	$10^{-12} \chi, \text{ м/рад}^2$	$L_{\text{к}}, \text{ м}$	$\rho_{\text{к}}, \text{ м}$
3,0470	11532	2,6854920	10999,7	0,2922
3,0424	11555	2,6760764	10993,0	0,2919
3,0512	11522	2,6915438	11006,0	0,2924
3,0449	11546	2,6804673	10996,4	0,2921
3,0491	11530	2,6878147	11002,9	0,2923

Все представленные в табл. 1 величины связаны с коэффициентом  $b$  посредством соотношений (6), (5), (3) и (2) работы [1].

Рассмотрим вариант разматывания сновальных паковок на стойке шлихтовальной машины с равной угловой скоростью. Для этого случая в [4] приведена формула:

$$\hat{A}_{\text{max}} = \left[ \frac{\rho_{\text{max}}}{\rho_{\text{min}}} (1 + 0,01V_{\text{min}}) - 1 \right] \cdot 100, \% \quad (5)$$

где  $V_{\text{max}}$ ,  $V_{\text{min}}$  – максимальная и минимальная вытяжки нитей при сматывании валов, имеющих в заправке максимальный  $\rho_{\text{max}}$  и минимальный  $\rho_{\text{min}}$  радиусы намотки.

Там же, в [4], доказано, что в процессе разматывания сновальных паковок с равной угловой скоростью минимальная вы-

тяжка стремится к максимальной. Вследствие этого вал с минимальным радиусом намотки при последовательной заправке нитей устанавливается последним относительно ткацкого навоя и на нем поддерживается максимально допустимая вытяжка. Остальные валы расставляются по мере увеличения радиусов намотки.

Задаем минимальную вытяжку 1,4%, тогда максимальная вытяжка для валов табл. 1, вычисленная по формуле (5), в начале размотки составит 1,57%.

В [1] приведена формула (9) для расчета текущего радиуса размотки в зависимости от угла поворота сновальной паковки на стойке шлихтовальной машины. С учетом указанной формулы для любых двух валов можно записать:

$$\rho_{\text{р1}} = \rho_{\text{кmax}} - \frac{b_{\text{max}}}{2\gamma_{\text{н}}} \varphi - \frac{\chi_{\text{max}}}{2} \varphi^2, \quad (6)$$

$$\rho_{p_2} = \rho_{k \min} - \frac{b_{\min}}{2\gamma_H} \varphi - \frac{\chi_{\min}}{2} \varphi^2. \quad (7)$$

Вычитая из (6) уравнение (7), получим:

$$\lambda \varphi^2 + \mu \varphi + c = 0, \quad (8)$$

где  $\lambda = (\chi_{\max} - \chi_{\min})/2$ ;  $\mu = (b_{\max} - b_{\min})/(2\gamma_H)$ ;  
 $c = \rho_{k \min} - \rho_{k \max} + \Delta\rho$ ;  $\Delta\rho = \rho_{p_1} - \rho_{p_2}$ .

Решение квадратного уравнения (8) по-

зволяет определить угол  $\varphi$  поворота паковки, при котором размах между радиусами будет равен заданной величине  $\Delta\rho$ :

$$\varphi = \frac{\sqrt{\mu^2 - 4\lambda c} - \mu}{2\lambda}. \quad (9)$$

Результаты расчетов по формулам (5), (9), (6) (или (7)) для валов табл. 1 приведены в табл. 2.

Таблица 2

$\Delta\rho, 10^{-4} \text{ м}$	$n=\varphi/2\pi$	$\rho_1, \text{ м}$	$\rho_2, \text{ м}$	$\rho_3, \text{ м}$	$\rho_4, \text{ м}$	$\rho_5, \text{ м}$	$B_{\min}, \%$
5	0	0,2919	0,2921	0,2922	0,2923	0,2924	1,400
4	1736	0,2575	0,2577	0,2577	0,2578	0,2579	1,412
3	3442	0,2234	0,2235	0,2236	0,2236	0,2237	1,443
2	5118	0,1896	0,1897	0,1897	0,1897	0,1898	1,484
1	6766	0,1560	0,1559	0,1561	0,1561	0,1561	1,505
0	8387	0,1227	0,1228	0,1228	0,1228	0,1227	1,570
0	8521	0,1199	0,1200	0,1200	0,1199	0,1199	1,570

Из приведенных расчетов видно, что разматывание идентичных сновальных паковок с равной угловой скоростью обеспечивает выравнивание радиусов по мере увеличения угла  $\varphi$ , а вытяжка стремится к максимально допустимому значению.

Итоговая вытяжка в партии сновальных валов на стойке шлихтовальной машины определяется ее средним значением  $B_{cp}$ , которое вычисляется из следующих соотношений:

$$\omega = \frac{v_{\max}}{\rho_{\max}} = \frac{v_H}{[0,01B_{\min} + 1]\rho_{\max}},$$

$$B_{cp} = \frac{v_H - \omega\rho_{cp}}{\omega\rho_{cp}}, \quad (10)$$

где  $v_H$  – линейная скорость ткацкого наволя;  $v_{H\max}$  – линейная скорость сноваль-

ной паковки с максимальным  $\rho_{\max}$  радиусом намотки;  $\omega$  – угловая скорость размотки сновальных валов.

При формировании ткацких навоев с линейной скоростью  $v_H = 60$  м/мин (1 м/с) средняя вытяжка в начале разматывания валов  $B_{cp} = 1,47\%$ . Относительное отклонение максимальной и минимальной вытяжки от ее среднего значения не будет превышать  $\pm 6,5\%$ . По мере убывания радиусов этот разброс будет стремиться к нулю.

С учетом вытяжки в процессе разматывания сновальных паковок конечные длины смотанной пряжи для минимального и максимального радиусов намотки валов шлихтовальной партии соответственно будут:

$$L_{p \min} = \varphi_k \left( \rho_{k \min} - \frac{b_{\min}}{4\gamma_H} \varphi_k - \frac{\chi_{\min}}{6} \varphi_k^2 \right) (1 + 0,01B_{\max}) =$$

$$= 11060 + 173,6 = 11233,6 \text{ м},$$

$$L_{p \max} = \varphi_k \left( \rho_{k \max} - \frac{b_{\max}}{4\gamma_H} \varphi_k - \frac{\chi_{\max}}{6} \varphi_k^2 \right) (1 + 0,01B_{cp \min}) =$$

$$= 11073 + 162,8 = 11235,8 \text{ м}. \quad (11)$$

## ВЫВОДЫ

Практика разматывания идентичных сновальных паковок на модернизированной стойке шлихтовальной машины с равной угловой скоростью полностью подтвердила выдвинутые теоретические положения. Величина отходов мягкой пряжи при завершении шлихтовальной партии не превышала 0,1...0,2 кг.

Для обеспечения безотходного сматывания сновальных паковок необходимо в процессе их формирования фиксировать минимальный и максимальный радиусы намотки, которые используются для расчета максимально допустимой вытяжки при сматывании. Вал с минимальным значением радиуса намотки устанавливается на сновальную стойку последним по отношению к ткацкому навою. Вытяжка на этом валу должна быть максимально допустимой. Остальные валы устанавливаются по мере увеличения радиусов намотки.

Для повышения качественных характеристик ткацкого навоя необходимо обеспечить минимальную величину размаха между максимальным и минимальным радиусами намотки. В этом случае минимизируется вытяжка со всех сновальных валов.

При создании нового оборудования следует минимизировать допуски на рассадку фланцев и радиус ствола сновального вала, так как они влияют на расчет параметров намотки в соответствии с математической моделью (1)...(4).

1. Традиционная технология формирования материалов в рулон не обеспечивает одинакового напряженного состояния намотки. В результате точное отмеривание длины в процессе формирования рулона длинномерного материала при разной напряженной структуре намотки не является гарантией равенства между измеренной длиной и фактической длиной в сформированной паковке.

2. Рассмотренная новая технология [3] формирования ткацкого навоя обладает явными преимуществами перед существующей, так как позволяет проектировать и формировать сновальные паковки с заданной напряженной структурой и определяет необходимые и достаточные условия для эффективного сматывания их на стойке шлихтовальной машины, обеспечивая ликвидацию мягких отходов пряжи и минимальную и одинаковую вытяжку нитей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К., Маховер В.Л. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 6. С.40...43.
2. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 1. С. 49...53.
3. Патент на изобретение № 2178023. Способ формирования ткацких навоев / Кутьин Ю.К., Кутьин А.Ю., Маховер В.Л., Коробов Н.А. – Опубл. 2000.
4. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 3. С.57...60.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 11.01.06.

УДК 677.024.01

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЗАПРАВОЧНЫХ РИСУНКОВ

# СЛОИСТО-КАРКАСНЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

В.Ю. СЕЛИВЕРСТОВ, Е.В. ИВАНЮК, Д.В. ИВАНЮК

(Костромской государственной технологической университет)

Особую группу среди объемных профильных тканей занимают слоисто-каркасные ткани. Названные ткани являются одним из самых необычных и мало исследованных видов текстильных изделий. Разработанные под руководством профессора В.А. Гордеева эти ткани до сих пор остаются мало изученными и не все их свойства в полной мере используются на практике.

Слоисто-каркасные ткани состоят из горизонтально или наклонно расположенных каркасных слоев и вертикально или наклонно расположенных заполнительных слоев, соединенных между собой за счет общего зевобразования и прокладывания единой для слоев уточной нити.

В настоящее время известно несколько видов структур слоисто-каркасных тканей. Следует отметить, что расширение ассортимента данного вида текстильных изделий, как правило, связано с увеличением их раппорта по утку.

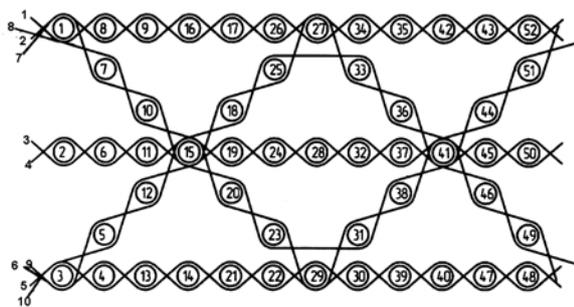


Рис. 1

Например, представленная на рис. 1 слоисто-каркасная ткань с двумя заполнительными слоями имеет  $R_0=10$ ,  $R_y=52$ .

Комбинируя переплетения заполнительных и каркасных слоев, возможно получение более сложных вариантов структур слоисто-каркасных тканей.

Так, на рис. 2 представлен продольный разрез комбинированной слоисто-

каркасной ткани. Как видно из рисунка, раппорт ткани по основе  $R_0=12$ , по утку  $R_y=60$ .

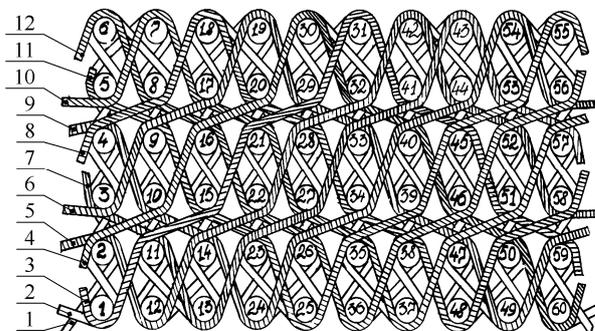


Рис. 2

В наши дни благодаря разработкам в области автоматизированных систем и технологий наших и зарубежных ученых мы имеем ряд программ для построения рисунков переплетений однослойных тканей. Программ для построения более сложных структур, особенно для построения объемных тканей армирующих материалов композитов, в России и зарубежных странах пока не выявлено.

Отсутствие таких программ, а также трудоемкость построения заправочных рисунков этих тканей и легли в основу создания программы по построению слоисто-каркасных тканей. Необходимо оговориться, что программа строит большинство основных заправочных рисунков известных слоисто-каркасных тканей.

Во многом это связано с тем, что область получения данных тканей является сравнительно новой и разработки по получению этих тканей до сих пор еще ведутся. А также еще и потому, что бурное развитие военной, космической и других областей промышленности требует новых, все более совершенных, видов объемных тканей.

Суть программы, выполненной на базе программы Maple, заключается в следующем.

1. Создается файл, содержащий данные о структуре разреза. При запросе программы необходимо указать ей этот файл.

2. На экран выводятся пронумерованные уточины, и пользователю задается вопрос о правильности выбора направления нумерации. При отрицательном ответе нумерация меняется.

3. Происходит указание путей прохождения каркасных нитей. Ввод производится вручную, или же выбор из ранее введенных данных.

4. Затем выводится запрос с просьбой – указать направление подхода нитей к первому элементу пути. Вместе с запросом на экран компьютера выводится система координат.

5. Программа спрашивает пользователя – нужно ли выбрать цвет и/или стиль нитей разреза. При положительном ответе выводятся соответствующие диалоговые окна.

6. Выводятся изображения – разреза, рисунка переплетения и заправочного рисунка. При этом пользователь выбирает, какие из отображенных элементов потребуется сохранить.

7. Если хотя бы один элемент необходимо сохранить – выводится окно выбора имени файлов для сохранения. Также спрашивается – нужно ли результаты сохранять в векторном формате (KSF файл –

символьный формат файла чертежей программы Компас-График).

8. Последним этапом является вывод информации о тех элементах, которые были сохранены в результате работы программы.

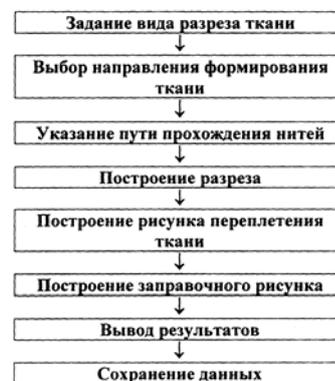


Рис. 3

Блок-схема разработанной программы для построения заправочных рисунков слоисто-каркасных тканей представлена на рис. 3.

Работа программы осуществляется в диалоговом режиме. После ответа на все вопросы программа выводит список всех сохраненных файлов. На экране отображаются результаты работы программы. Выводятся построенные разрез, рисунок переплетения и заправочный рисунок ткани. Для каждого из элементов необходимо выбрать: потребуется сохранять эти данные или нет. Рисунок переплетения и заправочный рисунок ткани отображены без нумерации. Она будет введена в сохраненных данных.

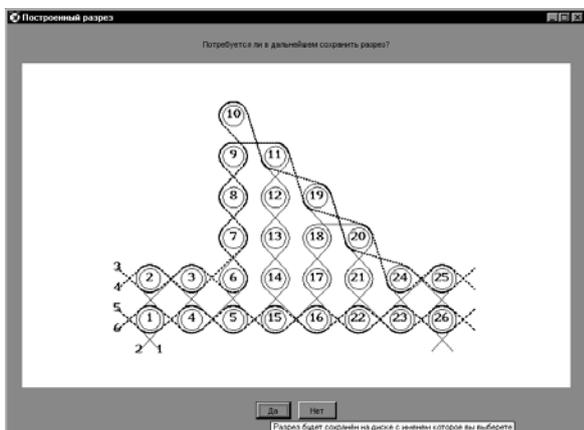


Рис. 4

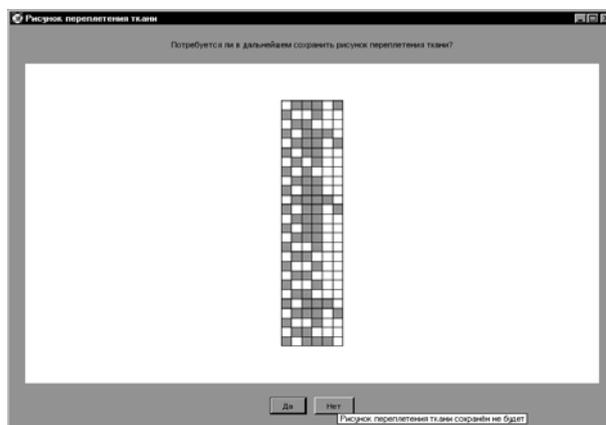


Рис. 5

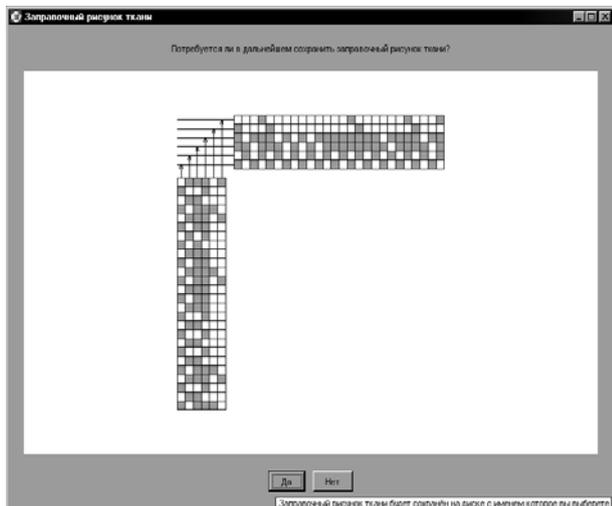


Рис. 6

Например, для ткани с  $R_y=26$  последовательность работы программы выглядит следующим образом (рис. 4 – продольный разрез слоисто-каркасной ткани; рис. 5 – рисунок переплетения ткани сохранен не

будет; рис. 6 – элементы заправочного рисунка слоисто-каркасной ткани).

## ВЫВОДЫ

1. Разработанная программа позволяет быстро построить разнообразные рисунки слоисто-каркасных тканей сложной пространственной конфигурации.

2. Программа также может служить основой для создания автоматизированного метода проектирования слоисто-каркасных тканей сложной пространственной конфигурации.

3. Предлагаемую программу можно использовать в учебном процессе в курсе дисциплины "Строение и проектирование текстильных изделий".

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 30.01.06.

УДК 677.024

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СВОЙСТВАМИ И СТРОЕНИЕМ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ БИНАРНОЙ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ\*

Г.С. СТЕПАНОВА

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

В [1] изложен разработанный на кафедре ткачества МГТУ им. А.Н.Косыгина, автоматизированный метод установления причинно-следственных связей в ткачестве. Установление причинно-следственных связей в ткачестве позволяет: устранять так называемые «эффекты сопутствия» различных факторов друг на друга; обрабатывать результаты эксперимента, полученные на любых уровнях варьирования факторов, получать графы влияния различных параметров друг на друга.

Не останавливаясь подробно на методе, для лучшего восприятия дальнейшего материала изложим основополагающие соотношения для проводимых в работе соотношений. Предлагается использовать сле-

дующее соотношение: если  $I_{12}:N_1 > I_{21}:N_2$ , то  $2 \rightarrow 1$ , где  $J, N$  – соответственно информация и энтропия распределения вероятностей случайных величин. Поскольку  $I_{12}=I_{21}$ , то в случае, если  $N_1 < N_2$ ,  $2 \rightarrow 1$ .

Величину энтропии распределения вероятностей для одномерной случайной величины можно определить по формуле:

$$H_i = \sum_{k=1}^k P(X_{k_i}) \log_2 P(X_{k_i}),$$

где  $P(X_{k_i})$  – вероятность состояний случайной величины  $X_{k_i}$ .

Величина информации между  $i=m$  и  $j$ -м

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук С.Д. Николаева.

факторами определится по формуле

$$I_{ij} = \sum_1^{k,r} P(X_{k_i}, X_{r_j}) \log_2 \frac{P(X_{k_i}, X_{r_j})}{P(X_{k_i})P(X_{r_j})},$$

где  $P(X_{r_j})$  – вероятность состояний случайной величины  $X_{r_j}$ ;  $P(X_{k_i}, X_{r_j})$  – вероятность состояний случайных величин  $X_{k_i}$  и  $X_{r_j}$ .

Для функционалов энтропии и информации справедливо следующее равенство:

$$\Gamma_{ij} = I_{ij} : H_i,$$

где  $\Gamma_{ij}$  – коэффициент причинного влияния  $j$ -го фактора на  $i$ -й.

При расчете коэффициентов  $\Gamma_{ij}$  целесообразно для удобства при определении информации и энтропии использовать десятичные или натуральные логарифмы вместо логарифмов с основанием 2. Парные коэффициенты  $\Gamma_{ij}$  не могут служить мерой истинной тесноты связи между факторами. В качестве такой меры могут использоваться частные коэффициенты причинного влияния  $g_{ij}$ , причем  $\sum \Gamma_{ij} \geq \sum g_{ij}$ . Разность  $\Gamma_{ij} - g_{ij}$  может служить оценкой косвенного причинного влияния  $X_j$  на  $X_i$ .

Частные коэффициенты причинного влияния не равны парным. Установление причинной связи, рассматриваемое как установление определенного соответствия множеств, можно охарактеризовать как снятие неопределенности.

В настоящей работе решены 5 задач установления причинно-следственных связей. Варьировались 19 факторов.

Первая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами:  $X_1$  – заправочное натяжение;  $X_5$  – уработка основы;  $X_{11}$  – разрывное удлинение ткани вдоль основы;  $X_7$  – разрывная длина ткани вдоль основы;  $X_9$  – разрывная нагрузка ткани вдоль основы;  $X_{13}$  – работа разрыва ткани вдоль основы.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Направление связи	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
1→5	0,284	0,248	0
5→11	0,389	0,389	0
11→7	0,937	0,937	0
7→9	0,469	0,469	0
9→13	0,327	0,327	0
1→11	0,363	0,363	0
5→7	0,394	0,030	0,364
11→9	0,468	0,285	0,183
7→13	0,439	0,299	0,14
1→7	0,321	0	0,321
5→9	0,404	0,208	0,196
11→13	0,394	0	0,394
1→9	0,365	0,145	0,22
5→13	0,289	0,054	0,235
1→13	0,203	0	0,203

Вторая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами:  $X_1$  – заправочное натяжение;  $X_6$  – уработка утка;  $X_{12}$  – разрывное удлинение ткани вдоль утка;  $X_8$  – разрывная длина вдоль утка;  $X_{10}$  – разрывная нагрузка ткани вдоль утка;  $X_{14}$  – работа разрыва ткани вдоль утка.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Направление связи	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
1→6	0,347	0,347	0
6→12	0,467	0,467	0
12→8	0,924	0,924	0
8→10	0,247	0,247	0
10→14	0,502	0,502	0
1→12	0,481	0,319	0,162
6→8	0,427	0	0,427
12→10	0,518	0,290	0,228
8→14	0,196	0,157	0,039
1→8	0,508	0,065	0,443
6→10	0,171	0	0,171
12→14	0,183	0	0,183
1→10	0,093	0	0,093
6→14	0,166	0,117	0,049
1→14	0,051	0	0,051

Третья задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами:  $X_1$  – заправочное натяжение;  $X_6$  – уработка утка;  $X_{17}$  – толщина ткани;  $X_{15}$  – поверхностная плотность ткани;  $X_{16}$  – воздухопроницаемость;  $X_{18}$  – стойкость ткани к истиранию.

Результаты расчета коэффициентов

представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Направление связи	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
1→6	0,347	0,347	0
6→17	0,415	0,415	0
17→15	0,680	0,680	0
15→16	0,634	0,634	0
16→18	0,473	0,473	0
1→17	0,222	0,078	0,144
6→15	0,262	0	0,262
17→16	0,376	0	0,376
15→18	0,421	0,258	0,163
1→15	0,096	0	0,096
6→16	0,451	0,308	0,143
17→18	0,464	0,111	0,353
1→16	0,326	0,171	0,155
6→18	0,534	0,207	0,327
1→18	0,341	0,102	0,239

Четвертая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X1 – заправочное натяжение; X11 – разрывное удлинение ткани вдоль основы; X9 – разрывная нагрузка ткани вдоль основы; X19 – стойкость основы к истиранию.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Направление	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
-------------	---------------	----------	----------------------

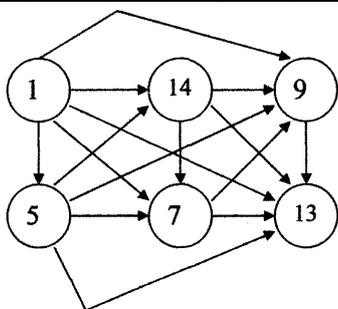


Рис. 1

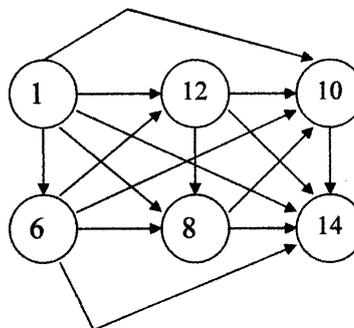


Рис. 2

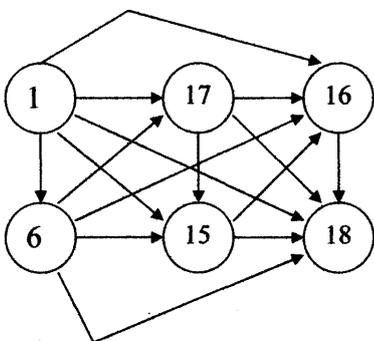


Рис. 3

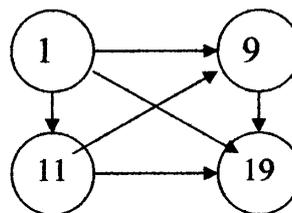


Рис. 4

связи			
1→19	0,331	0,074	0,257
11→19	0,444	0,215	0,229
9→19	0,490	0,490	0
1→9	0,365	0,195	0,17
11→9	0,468	0,468	0
1→11	0,363	0,363	0

Пятая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X1 – заправочное натяжение; X12 – разрывное удлинение ткани вдоль утка; X10 – разрывная нагрузка ткани вдоль утка; X20 – стойкость утка к истиранию.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Направление связи	$\Gamma_{ij}$	$g_{ij}$	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
1→20	0,232	0,128	0,104
12→20	0,351	0,136	0,215
10→20	0,415	0,415	0
1→10	0,093	0	0,093
12→10	0,518	0,518	0
1→12	0,481	0,481	0

На рис. 1...5 представлены графы исследуемых причинно-следственных связей.

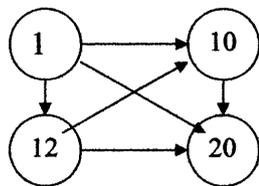


Рис. 5

Анализ таблиц и ориентированных графов позволяет сделать следующие выводы:

заправочное натяжение основы предопределяет разрывное удлинение полоски ткани как по направлению основы, так и по направлению утка;

разрывное удлинение полосок ткани в значительной степени предопределяет разрывную нагрузку полосок ткани;

полуцикловые характеристики полосок ткани являются причиной стойкости ткани на истирание;

заправочное натяжение основы практически в равной степени влияет на уработку нитей основы и утка и на разрывное удлинение полосок ткани вдоль основы и вдоль утка;

разрывное удлинение полосок ткани является причиной разрывной нагрузки полосок ткани и разрывной длины полосок ткани, те в свою очередь являются причиной работы разрыва ткани вдоль основы и утка;

заправочное натяжение основы и уработка нитей в значительной степени предопределяют толщину ткани, которая в значительной степени влияет на поверхностную плотность ткани, которая является причиной воздухопроницаемости и стойкости ткани к истиранию.

Анализ причинно-следственных связей позволяет вскрыть механизм явлений, происходящих в ткани, и устанавливает взаимосвязь между технологическими параметрами изготовления ткани, свойствами и параметрами их строения, а также свойствами используемых нитей.

Разработанная программа расчета на ЭВМ позволяет оперативно проводить все необходимые расчеты, что повышает эффективность предложенного нами метода.

## ВЫВОДЫ

1. На основе бинарной причинно-следственной теории информации установлены причинно-следственные связи между параметрами строения хлопчатобумажных тканей и их физико-механическими свойствами, что позволяет прогнозировать качество вырабатываемых тканей.

2. Определены факторы, в наибольшей степени определяющие строение и свойства тканей, что позволяет управлять качеством вырабатываемых тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанова Г.С., Николаев С.Д. Автоматизированный метод установления причинно-следственных связей в ткачестве // Сб. научн. тр. аспирантов МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина. Вып. 9, 2005.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.05.06.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ НА СОСТОЯНИЕ АНИОННЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В РАСТВОРЕ

М.Н. КРОТОВА, Е.Ю. КУВАЕВА, О.И. ОДИНЦОВА, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

В настоящее время на российском рынке химических продуктов появился целый ряд новых высокомолекулярных соединений, наиболее широкие перспективы применения из которых имеют катионные пространственно-структурированные полиэлектролиты. Названные соединения характеризуются наличием в составе макромолекул ряда активных групп, определяющих возможность прохождения различных химических превращений в волокне и в красителе.

В связи с этим проблема изучения физико-химических явлений, происходящих в системе красящее вещество – синтетический полимер, установление характера взаимодействия между полиэлектролитом и анионным красителем в растворе является приоритетным направлением развития химической науки и технологии.

Цель настоящей работы состояла в исследовании закономерностей взаимодействия катионных полиэлектролитов с красителями анионного типа.

В качестве объектов исследования использовали активные красители отечественного производства: ярко-красный 5СХ, бирюзовый 2ЗТ, красно-фиолетовый 2КТ и водорастворимые катионные полимерные электролиты нового поколения ВПК-402 и каустамин-15.

В процессе эксперимента к серии растворов красителя добавляли раствор высокомолекулярного соединения до определенного соотношения компонентов в системе. Оптическую плотность растворов измеряли на длине волны, соответствующей максимуму поглощения света красителем.

Если наблюдалось образование небольшого слоя осадка в системе катионный полиэлектролит – анионный краситель, то определяли оптическую плотность верхней фракции раствора.

С помощью спектрофотометрического метода изучено влияние катионных высокомолекулярных соединений различной природы на состояние красителя активного ярко-красного 5СХ в растворе (рис. 1).

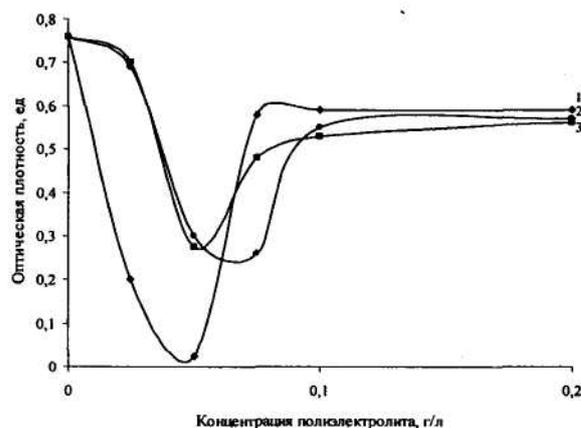


Рис. 1

Из полученных данных следует, что введение в водный раствор дихлортриазинового красителя производных диметилдиаллиламмоний хлорида (ВПК-402), полимеров на основе эпихлоргидрина (каустамин-15) и акрилатов в различных концентрациях приводит к спектральным изменениям изучаемых растворов, которые выражаются гиперхромным эффектом.

Наиболее ярко данный эффект проявляется при использовании таких полиэлектролитов, как ВПК-402 (кривая 2) и каустамин-15 (кривая 1).

При этом наблюдается снижение оптической плотности раствора красителя, прохождение зависимости данного показателя от концентрации катионного полимера через минимум и его дальнейшее увеличение.

Подобное явление наблюдали Брэдли и Вольф, когда к разбавленным водным растворам катионных красителей добавляли полианионы. Это явление получило название метахроазия (спектральные изменения растворов красителей при увеличении концентрации полиэлектролита в системе и постоянстве концентрации красителя). Несмотря на проведенные исследования, детали этого явления остаются пока не ясными [1].

Резкое снижение показателей оптической плотности растворов красителей характерно для образования не растворимых в воде стехиометрических комплексов катионный полиэлектролит – анионный краситель (ПЭК), что доказывается проведенными исследованиями по методу молярных отношений.

Возможность получения нерастворимого комплекса позволяет использовать катионные полиэлектролиты в определенной концентрации в качестве основы для создания закрепляющих композиций.

Наблюдаемое дальнейшее увеличение оптической плотности растворов активных красителей при повышении концентрации полиэлектролита в системе, по-видимому, связано с диспергированием кристаллов стехиометричной соли анионный краситель – катионный полимер, растворением образовавшегося ранее химического соединения, которое продолжается до момента наступления гомогенности системы.

Влияние каустиamina-15 на эффективность его взаимодействия с активными красителями различного химического строения в растворе представлено на рис.2. Добавление к водным растворам активного

бирюзового 23Т (кривая 2) и активного красно-фиолетового 2КТ (кривая 3) каустиamina-15 в различных концентрациях свидетельствует о том, что винилсульфоновые красители ведут себя аналогично дихлортриазиновому красителю активному ярко-красному 5СХ (кривая 1).

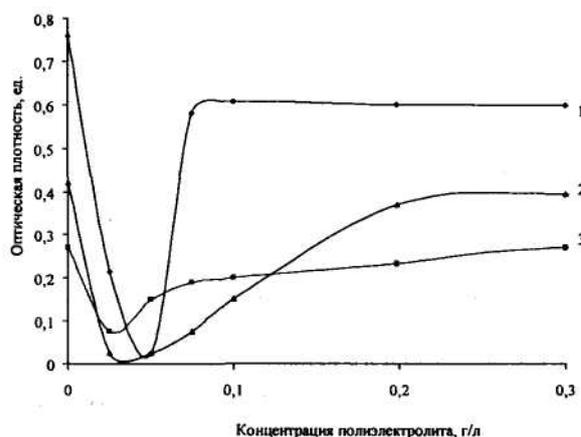


Рис. 2

Типичное для всех изучаемых красителей изменение оптической плотности растворов от концентрации высокомолекулярного полимера является показателем универсальности его действия по отношению к активным красителям различной природы и иллюстрирует способность каустиamina-15 эффективно реагировать с противоположно заряженными анионами красителя с образованием труднорастворимого химического соединения при определенной концентрации полимера в системе.

На основании проведенных исследований можно заключить, что каустиamin-15 является наиболее перспективным препаратом для дальнейшего использования в качестве основного компонента закрепляющей композиции для упрочнения окрасок, образованных на текстильных материалах анионными красителями.

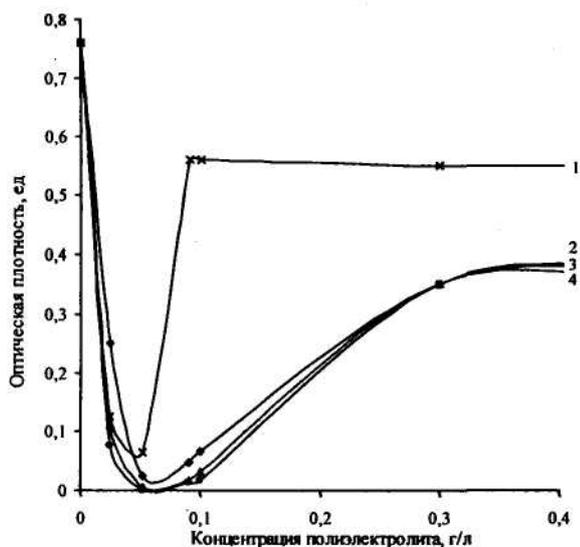


Рис. 3

С целью усиления эффекта связывания красителя полиэлектролитом в состав изучаемых растворов на основе каустиamina-15 вводили хлориды (рис. 3) и сульфаты (рис. 4) одно-, двух- и трехвалентных металлов.

Из представленных на рис.3 и 4 результатов следует, что присутствие низкомолекулярных электролитов существенным образом влияет на эффективность взаимодействия катионных полиэлектролитов с противоположно заряженными (анионными) красителями. Это выражается в образовании в растворе, а следовательно, и на волокне не растворимого в воде продукта взаимодействия анионного красителя с каустиaminом-15.

Влияние неорганических солей на состояние бикомпонентной системы активный краситель – катионный полиэлектролит усиливается при замене ионов натрия ионами двух- и трехвалентных металлов. Однако полученные зависимости, характеризующие изменение оптических свойств системы от введения хлоридов и сульфатов металлов, показывают, что действие неорганических солей в изучаемом концентрационном пределе различно и зависит не только от заряда катиона металла ( $\text{Na}^+$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Al}^{3+}$ ), но и от природы его аниона ( $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Из данных рис.3 и 4 следует, что хлориды металлов оказывают гораздо боль-

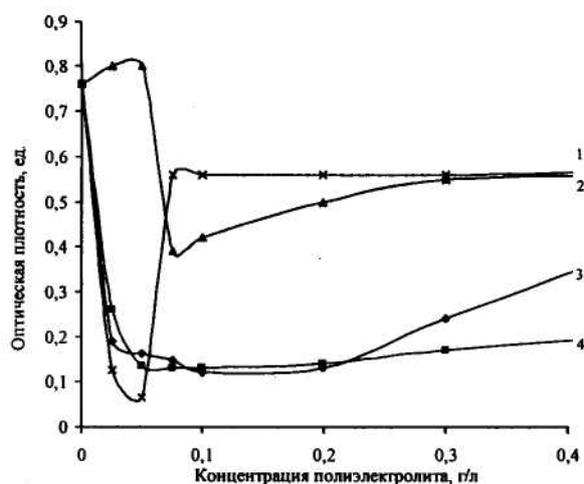


Рис. 4

шее влияние на степень связывания активного красителя катионным полиэлектролитом, чем сульфаты, причем эффективность их действия увеличивается от хлорида натрия к хлориду алюминия, при котором достигается максимальный эффект связывания анионов красящего вещества.

Таким образом, добавление электролитов усиливает эффект взаимодействия красителя с катионным полиэлектролитом, что позволяет использовать данную систему для закрепления окрасок текстильных материалов, колорированных анионными красителями.

## ВЫВОДЫ

1. Взаимодействие поликатиона с анионом красителя приводит к образованию труднорастворимого соединения в форме не растворимой в воде соли.

2. Из всего спектра изученных катионных полиэлектролитов наиболее эффективно с активными и прямыми красителями различного химического строения взаимодействует препарат каустиamin-15 – полиэпихлоргидриндиметиламин.

3. Выявлено, что наиболее эффективно каустиamin-15 связывает анионные красители в присутствии хлоридов двух- и трехвалентных металлов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бектуров Е.А., Легкунец Р.Е. Ассоциация полимеров с малыми молекулами. – Алма-Ата.: Наука, 1983. С.38.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 07.06.06.

---

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КРАСОК ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РИСУНКА НА КОВРОВЫХ ПОКРЫТИЯХ СПОСОБОМ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ

Т.М. АНДРЕЕВ, Н.А. ТИХОМИРОВА, Л.А. КОВЖИН, А.М. КИСЕЛЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Для колорирования и нанесения рисунков на ворсовые ковровые покрытия используется каплеструйный способ, который можно рассматривать как разновидность цифровой текстильной печати (Ink-Jet-Printing). В частности, при реализации способа "Chromojet" должны применяться красильные составы, обладающие специальными реологическими свойствами, обеспечивающими, с одной стороны, высокую текучесть краски, с другой – необходимую четкость контуров печатного рисунка [1].

При выборе загустителя необходимо учитывать загущающую способность полимера с целью снижения затрат на его удаление при промывке коврового покрытия после фиксации кислотного красителя на полиамидном ворсе.

показывает, что максимальной загущающей способностью обладают загустители на основе акриловых сополимеров.

Практически важен тот установленный факт, что загустки на основе продуктов Tanaprint EP 2300 и Tanaprint SP 160 имеют близкие показатели степени тиксотропного восстановления структуры, но различные значения степени структурирования (у загустителя Tanaprint ST 160 он выше, что свидетельствует о более резком падении вязкости в поле сдвиговых усилий) (табл.1).

Данные загустители представляют собой аммониевые соли полиакриловой кислоты, 1%-ные водные растворы которых имеют pH=6-7 и в обычном состоянии характеризуются достаточно высоким значением вязкости.

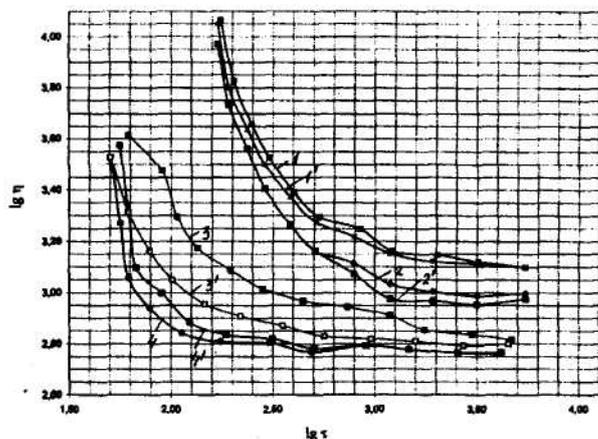


Рис. 1

Анализ прямых и обратных ветвей реологических кривых на рис.1 (кривая 1 – Chamaprint; 2 – Tanaprint SP 160; 3 – Tanaprint EP 2310; 4 – Tanaprint EP 2300)

Таблица 1

Марка загустителя	Степень тиксотропного восстановления, %	Показатель структурированности
Tanaprint ST 2300	96,7	5,42
Tanaprint ST 160	96,2	8,38
Tanaprint ST 2310	80,5	5,29
Chamaprint	96,0	8,24

Особенность струйной печати ковровых полотен заключается в том, что быстрое и равномерное пропитывание ворса микрокаплями краски, вылетающими из форсунок печатающего устройства, происходит при условии обеспечения резкого падения вязкости системы под давлением в

форсунке и быстрого тиксотропного восстановления при контакте с волокнистым субстратом.

Вторым обязательным условием образования качественной окраски ворса является присутствие в печатной композиции эффективных смачивателей, снижающих поверхностное натяжение при ее движении к материалу и обеспечивающих необходимую глубину прокрашивания ворса [2].

При изучении влияния смачивателей на реологические свойства печатных красок установлено, что наиболее устойчивы к изменению вязкости в присутствии ПАВ краски на основе загустки Tanaprint ST 160. В частности, введение НПАВ (Tanasperse CJ) в различных концентрациях не вызывает значительных колебаний значений динамической вязкости при максимальных градиентах скорости сдвига (1312 с).

Краски на основе загустителя Tanaprint EP 2300 несколько снижают свою вязкость

в присутствии неионогенных ПАВ и смешанных АПАВ + НПАВ (Tanasperse CJ и Tanaprint PN), но их достаточно высокая структурная устойчивость гарантирует нужную глубину прокрашивания ворса (не менее 2/3 длины) и минимальное растекание контуров печатного рисунка.

Таким образом, введение поверхностно-активных веществ (смачивателей) в печатные краски на основе акриловых загустителей приводит к увеличению их текучести при сохранении высокого уровня показателей структурированности и тиксотропного восстановления структуры. Это обуславливает получение на ворсовой поверхности рисунков и окрасок необходимого качества.

Экспериментально показано, что введение в печатные композиции силиконового пеногасителя (Nofome 1125) оказывает на их свойства аналогичное воздействие (табл.2).

Таблица 2

Марка загустителя	Марка ТВВ	Концентрация ТВВ, г/л	Степень тиксотропного восстановления, %	Показатель структурированности	Динамическая вязкость, Па·с
Tanaprint EP 2300 8%-ный раствор	Nofome 1125	0	96,53	73,1	167
		2	96,46	109,8	94,6
		4	98,8	69,49	117
	Tanasperse CJ	0	96,53	73,1	167
		2	97,87	104,7	99,1
		4	96,91	72,49	117
	Tanaprint PN	0	96,53	73,1	167
		1	97,93	76,72	140
		2	99,31	74,29	144
Tanaprint ST 160 8%-ный раствор	Nofome 1125	0	97,42	88,01	126
		2	97,52	88,01	126
		4	82,08	98,09	117
	Tanasperse CJ	0	97,42	88,01	126
		2	102,1	82,08	126
		4	99,33	70,21	126
	Tanaprint PN	0	97,42	88,01	126
		1	97,63	72,85	122
		2	98,74	66,1	117

Важнейшим компонентом печатных красок, обеспечивающим прочное закрепление кислотных красителей на полиамидном ворсе коврового покрытия, является кислотный агент, в качестве которого использовалась лимонная кислота [3]. Установлено, что при повышении concentra-

ции кислоты до 0,96 г/л наблюдается заметное снижение вязкости красок. Вместе с тем, при использовании загустителя Tanaprint EP 2300 структурированность печатной композиции в рассматриваемых условиях увеличивается (табл.3).

Таблица 3

Вязкость печатной краски, сП	Плотность ворса, г/м <sup>2</sup>	Давление, мПа·10 <sup>2</sup>	Четкость контура, $K=L_0/L_1$ *	Глубина прокраски ворса, %	K/S
24	220	1,2	0,83	100	1,66
		1,6	0,80	100	2,08
		2,0	0,80	100	2,62
	250	1,2	0,95	70	1,49
		1,6	0,91	100	2,03
		2,0	0,83	100	2,17
	305	1,2	1,00	63	1,64
		1,6	0,83	100	1,88
		2,0	0,80	100	2,19
27	220	1,2	1,18	47	1,17
		1,6	0,69	100	1,45
		2,0	0,83	100	1,65
	250	1,2	1,11	47	1,16
		1,6	1,05	80	1,46
		2,0	1,00	100	1,73
	305	1,2	0,95	40	1,56
		1,6	0,91	50	1,70
		2,0	0,90	73	2,03
31,5	220	1,2	1,11	40	1,13
		1,6	1,00	80	1,40
		2,0	1,00	100	1,69
	250	1,2	1,18	33	1,13
		1,6	1,05	47	1,34
		2,0	1,00	60	1,64
	305	1,2	1,33	40	1,07
		1,6	1,00	50	1,41
		2,0	1,00	60	1,70
39	220	1,2	1,25	33	0,92
		1,6	1,00	43	1,28
		2,0	0,95	47	1,60
	250	1,2	1,25	37	0,89
		1,6	1,11	43	1,22
		2,0	1,05	73	1,65
	305	1,2	1,25	30	0,89
		1,6	1,05	37	1,25
		2,0	0,87	50	1,62

Примечание. \*  $L_0$  – толщина линии, заданная в файле,  $L_1$  – толщина линии на ковровом полотне.

С целью оценки качества колорирования коврового покрытия при использовании предложенного загустителя и составов на его основе изучено влияние концентрации Tanaprint EP 2300 на показатели интенсивности окраски, четкости контуров и глубины прокрашивания ворса коврового полотна.

В качестве контролируемых технологических параметров при проведении эксперимента на лабораторной линии для струйной печати "Chromojet" учитывались показатели вязкости печатной краски и давления при ее подаче в наносящую форсунку. Параметры, характеризующие вид рисунка, его воспроизведение на поверх-

ности ковра и режим обработки после печатания, задавались с помощью компьютерной программы.

Результаты эксперимента представлены в табл. 4. Их анализ показывает, что качество колорирования коврового покрытия с различной плотностью полиамидного ворса при использовании кислотных красителей в значительной степени определяется правильным выбором рабочей концентрации загустителя (вязкостью печатной краски) и давлением при подаче краски на ковровое полотно через форсунки устройства для струйной печати.

Т а б л и ц а 4

Марка загустителя	Концентрация лимонной кислоты, г/л	Степень тиксотропного восстановления, %	Показатель структурированности	Динамическая вязкость, Па·с
Tanaprint EP 2300	0	96,5	73,1	167,0
	0,20	96,4	71,7	108,0
	0,40	98,1	91,3	81,1
	0,76	95,3	89,0	54,0
	0,80	91,2	100,1	51,8
	0,96	86,9	118,1	37,7
Tanaprint ST 160	0	97,4	88,0	126,0
	0,20	99,5	102,8	90,1
	0,40	97,1	100,5	81,1
	0,76	99,7	88,0	63,1
	0,80	101,7	64,0	51,8
	0,96	99,4	59,4	49,5

Результаты работы рекомендованы к использованию на ОАО "Нева-Тафт" при выпуске набивных ковровых покрытий.

### ВЫВОДЫ

1. На основании изучения реологических и печатных свойств ряда загущающих веществ для печатания ворсовых полотен с полиамидным ворсом рекомендованы загустители на основе карбоксилсодержащих акриловых сополимеров (Tanaprint EP 2300).

2. Установлен характер влияния смачивателей, органической кислоты и пеногасителя на показатели структурированности и степень тиксотропного восстановления структуры предлагаемых печатных композиций. Оптимизирован состав красок для их нанесения на ворс способом струйной

печати.

3. Определены параметры режима работы установки "Stomajet", обеспечивающие получение печатных рисунков с необходимой резкостью контура, интенсивностью окрасок и глубиной прокрашивания ворса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы симпозиума фирмы "Миттер" (Германия). – М., 1985.
2. Миронова Н.В. Разработка пенной технологии печатания тафтинговых ковров с полиамидным ворсом: Дис...канд. техн. наук. – Л., ЛИТЛП, 1987.
3. Андросов В.Ф., Фель В.С. Крашение синтетических волокон. – М., Легкая индустрия, 1987.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 29.12.05.

**ИЗУЧЕНИЕ ПЕРОКСИДНОГО БЕЛЕНИЯ  
ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВОК КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИХ  
СОЕДИНЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ**

*И.И. ЗВОНКОВ, В.В. САФОНОВ*

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

Одним из важнейших факторов значительного улучшения качества текстильных материалов является совершенствование стадии подготовки тканей к последующе-

му колорированию и заключительной отделке.

Применение комплексообразующих препаратов дает возможность обеспечить

более высокие качественные показатели подготовленного материала.

Одними из наиболее перспективных комплексонов являются органические фосфонаты. Их особенностью является то, что они в отличие от аминокарбоксилатов помимо комплексообразующих свойств обладают способностью к диспергированию и суспендированию загрязнений, дают эффект коагуляции подобно полифосфатам [1], но в отличие от полифосфатов они гидролитически более стабильны, даже при повышенных температурах.

Такие вещества влияют на степень осаждения ионов кальция и магния из раствора на ткань, степень белизны, а также на количество силикатных осадков на ткани и оборудовании [2].

Цель работы заключалась в выявлении влияния органофосфонатов (ОЭДФ) на пероксидное беление хлопчатобумажных тканей.

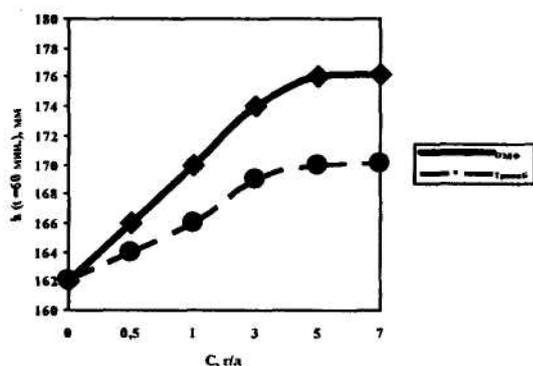


Рис. 1

На рис. 1 представлено влияние комплексонов ОЭДФ и Трилона Б на капиллярность в процессах пероксидного беления ( $h$  – высота подъема жидкости по капиллярам образца отбеленной хлопчатобумажной ткани, мм;  $t = 60$  мин – время подъема;  $C$  – концентрация комплексонов, г/л).

Из рис. 1 видно, что с повышением концентрации как ОЭДФ, так и Трилона Б капиллярность растет; оптимальная концентрация для максимальной капиллярности составляет приблизительно 3 г/л для обоих комплексообразующих соединений, при этом эффективность комплекса ОЭДФ по сравнению с Трилоном Б выше.

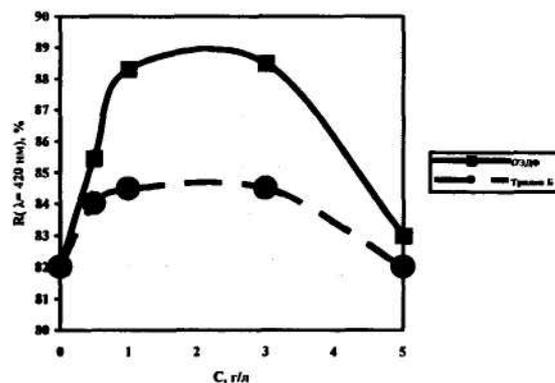


Рис. 2

На рис. 2 показана концентрационная зависимость белизны хлопчатобумажных тканей ( $R$  – коэффициент отражения отбеленного образца хлопчатобумажной ткани при выбранной длине волны  $\lambda = 420$  нм;  $C$  – концентрация комплексонов, г/л).

Данная зависимость показывает, что даже в области небольших концентраций комплексонов белизна значительно увеличивается. В то же время из характера кривых следует, что как избыток, так и недостаток комплексонов могут снизить эффективность их воздействия. На основании рис. 2 можно заключить, что оптимальная концентрация для максимальной степени белизны для обоих комплексонов является равной 3 г/л, а эффективность действия комплекса ОЭДФ выше Трилона Б.

Нами изучено влияние природы ПАВ в процессах пероксидного беления хлопчатобумажной ткани с использованием комплексообразующих соединений.

Из анализа кинетики капиллярного впитывания образцов хлопчатобумажной ткани, отбеленных при использовании ПАВ различной природы с применением комплексонов, следует, что как в случае применения органофосфонатов (ОЭДФ), так и при использовании комплекса типа аминокарбоксилатов (Трилон Б) наблюдается следующая тенденция увеличения капиллярности: КПАВ – НПАВ – АПАВ – без ПАВ.

Максимальная капиллярность для обоих типов комплексонов достигается при использовании КПАВ, но эффективность комплекса ОЭДФ значительно выше.

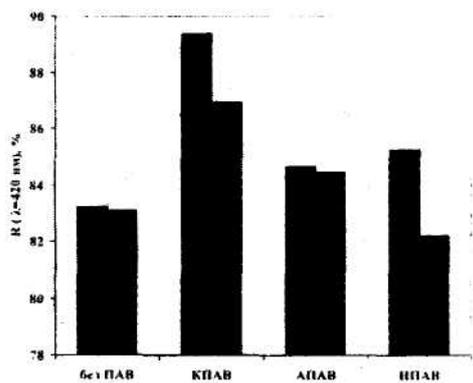


Рис. 3

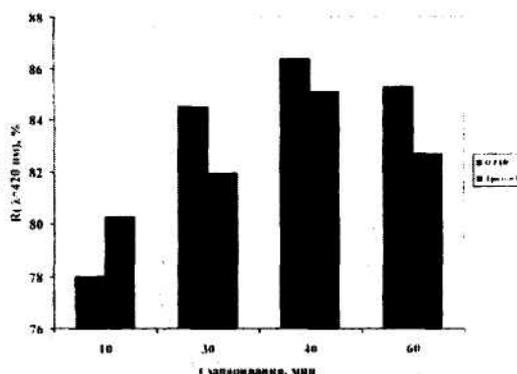


Рис. 4

На рис. 3 изображена гистограмма изменения степени белизны отбеленного хлопчатобумажного образца при использовании ПАВ различной природы с использованием комплексонеров.

Из рис. 3 следует, что, как и в случае достижения максимальной капиллярности, наибольшая величина степени белизны получена при использовании КПАВ и ОЭДФ.

Изучена возможность сокращения длительности запаривания при использовании комплексобразующих соединений в процессе перексидного беления хлопчатобумажной ткани.

Проведенные исследования дали возможность предложить сокращение времени запаривания на стадии беления хлопчатобумажной ткани, предварительно расшлихтованной, отваренной и кислованной.

Полученные оптимальные значения концентраций комплексонеров ОЭДФ и Трилона Б, а также выбранный тип ПАВ, дающий наилучшие качественные показатели отбеленной хлопчатобумажной ткани, были использованы при изменении состава отбельной ванны (концентрация комплексона 3 г/л; тип ПАВ – катионный).

На рис. 4 представлена гистограмма зависимости степени белизны хлопчатобумажной ткани от длительности запаривания с использованием комплексонеров ОЭДФ и Трилона Б соответственно. Из приведенных данных видно, что максимальная степень белизны достигнута при времени запаривания 40 мин, как в случае использования ОЭДФ, так и для Трилона Б, эффективность комплексона ОЭДФ выше, чем у Трилона Б. Такой же вывод можно сделать и из анализа результатов о влиянии комплексонеров на капиллярность.

## ВЫВОДЫ

1. Оценено влияние комплексонеров на перексидное беление хлопчатобумажной ткани; оба комплексона (Трилон Б и ОЭДФ) увеличивают качественные показатели: степень белизны и капиллярность. Эффективность действия комплексонеров типа органофосфонатов выше по сравнению с аминокарбоксилатами. Оптимальная добавка комплексобразующих соединений для достижения наилучших качественных показателей в обоих случаях составила 3 г/л.

2. Выявлено влияние природы ПАВ на беление хлопчатобумажной ткани с применением комплексонеров; по эффективности их действия они располагаются в следующий ряд: КПАВ > НПАВ > АПАВ.

3. Рассмотрена возможность снижения времени запаривания на стадии беления хлопчатобумажной ткани с применением комплексобразующих соединений. Применение комплексонеров позволяет снизить длительность запаривания с 60 до 40 мин по сравнению с аналогичными стандартными технологиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
2. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. – М., 1988.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 18.04.06.

УДК 677.31.08.021.16/022

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНА  
С УЧЕТОМ АЭРОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ**

*С.Ю.КАПУСТИН, В.Д. ФРОЛОВ, Ф.Р. КАХРАМАНОВ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Движение волокна вместе с пылью имеет место на всех этапах процесса льнопрядения. Особенно остро эта проблема стоит на этапах первичной обработки. Задача рациональной организации технологического процесса связана с удалением пыли, однако при этом волокна не должны попадать в аспирационные системы. В связи с этим теоретическое изучение вопросов аэродинамики движения волокна является актуальным.

Рассмотрим явления аэроупругих колебаний волокна в воздушном потоке. При этом будем делать следующие допущения.

Элемент волокна рассматриваем как механическую систему с одной степенью свободы. Форму элемента волокна принимаем круглоцилиндрической.

Дифференциальное уравнение аэроупругих колебаний волокна в вертикальной плоскости запишем в форме

$$m\ddot{y} + n\dot{y} + \frac{X\dot{y}}{v} - \frac{Yv}{V} + m\omega_0^2 y = F(t), \quad (1)$$

где  $m$  – погонная масса цилиндра;  $y$  – направление поперечных колебаний;  $n$  – коэффициент внутреннего трения волокна;  $\omega_0$  – собственная частота изгибных вертикальных колебаний упругого волокна.

Все силы, входящие в состав дифференциального уравнения (1), приходятся на единицу длины волокна.

Определим силы, действующие на упругий элемент волокна кругового сечения при обтекании его потоком воздуха. Пусть

поток имеет горизонтальное направление (рис.1), вызывая колебания волокна.

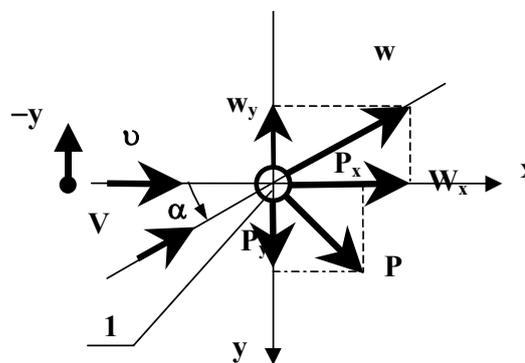


Рис. 1

Если  $v$  – скорость набегающего потока на бесконечности (относительно неподвижного цилиндра), а  $\dot{y}$  – скорость движения волокна при колебаниях относительно неподвижного потока относительно движущегося волокна, то

$$\vec{V} = \vec{v} + (-\dot{y}),$$

$$V = \sqrt{v^2 + \dot{y}^2} = v \sqrt{1 + \left(\frac{\dot{y}}{v}\right)^2}. \quad (2)$$

Знак минус принимается при рассмотрении вектора скорости потока относительно волокна в направлении оси  $y$ .

Приходящаяся на единицу длины тела сила лобового сопротивления:

$$X = 0,5c_x \rho v^2 d. \quad (3)$$

Поперечная (подъемная) сила при об-

течении неподвижного волокна равна нулю. В процессе колебаний волокна в плоскости, перпендикулярной направлению потока, точки срыва вихрей, или точки отрыва пограничного слоя, перемещаются, чем обуславливают возникновение дополнительной аэродинамической силы.

Колебания цилиндра в вертикальной плоскости (рис.1) вызывают угловые колебания следа за телом и возникающая при этом дополнительная аэродинамическая сила – поперечная сила – периодически меняет свой знак и значение:

$$Y = 0,5c_y \rho v^2 d.$$

Здесь коэффициент подъемной силы  $c_y$  зависит от скорости поперечного движения  $\dot{y}$ . Согласно аэрогидродинамической теории

$$c_y \cong \frac{\partial c_y}{\partial \alpha} \alpha, \quad (4)$$

где  $\frac{\partial c_y}{\partial \alpha}$  – коэффициент, характеризующий крутизну кривой зависимости  $c_y = c_y(\alpha)$ ;  $\alpha$  – кажущийся угол отклонения потока за счет поперечного движения цилиндра (рис.1).

$$\ddot{y} + \frac{\delta \omega_0}{\pi} \dot{y} - \frac{\rho d v^2}{2m} \left[ (k - c_x) \left( \frac{\dot{y}}{v} \right) + \left( \frac{k}{6} - \frac{c_x}{2} \right) \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^3 - \frac{k}{6} \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^5 \right] = \omega_0^2 y = \frac{F(t)}{m}. \quad (7)$$

Таким образом, исследуемая колебательная система (рис.1) описывается нелинейным дифференциальным уравнением (7).

На волокно в потоке воздуха действуют периодические силы вихревой природы. Известно [1], что поперечный компонент этой силы имеет частоту, пропорциональную скорости потока:

$$\Omega = 2\pi \text{Sh} \left( \frac{v}{d} \right), \quad (8)$$

где  $\text{Sh}$  – число Струхала ( $\text{Sh} \approx 0,2$ );  $d$  –

Выражение (4) представляет собой первый член в разложении в ряд Маклорена функции  $c_y(\alpha)$ . Угол  $\alpha$ , в свою очередь, является функцией скорости  $\dot{y}$  поперечного движения цилиндра:

$$|\alpha| = \arctg \frac{\dot{y}}{v} \approx \frac{\dot{y}}{v} - \frac{1}{3} \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^3 + \frac{1}{5} \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^5 - \dots \quad (5)$$

Коэффициент  $\frac{\partial c_y}{\partial \alpha}$  зависит от геометрии тела.

В выражении (2) относительной скорости  $V$  радикал  $\sqrt{1 + \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^2}$  можно разложить в быстросходящийся ряд по степеням  $\frac{\dot{y}}{v}$ :

$$\sqrt{1 + \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^2} = 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^4 + \dots \quad (6)$$

Подставим выражения (2)...(5) в уравнение (1), сохраняя по два члена в разложениях (5) и (6):

диаметр цилиндра.

Под действием системы периодических сил круговой цилиндр совершает колебания поперек вдоль потока. Рассматривая круговой цилиндр как одномассовую систему, наделенную адекватными исходному телу свойствами и действующими на него соответствующими силами (рис.1), получим дифференциальные уравнения движения волокна в потоке:

$$m\ddot{y} + n\dot{y} + W_y - P_y + m\omega_0^2 y = F_y(t), \quad (9)$$

$$m\ddot{x} + n\dot{x} + W_x - P_x + m\omega_0^2 x = F_x(t), \quad (10)$$

где  $m$  – масса волокна с учетом присоединенной массы воздуха;  $n$  – коэффициент затухания в системе;  $\omega_{0x}, \omega_{0y}$  – собственные частоты вертикальных колебаний волокна вдоль соответствующих направлений осей  $ox$  и  $oy$ ;  $W_x, W_y, P_x, P_y$  – проекции аэродинамических сил лобового сопротивления  $W$  и подъемной силы  $P$ , вызванной колебаниями волокна вдоль волокна на оси  $ox$  и  $oy$ ;  $F_x, F_y$  – периодические силы вихревой природы.

Уравнения (9) и (10) не связаны между собой, но движения тела поперек потока вызывают изменение компонентов  $P_x$  и  $W_x$ , в то время как движения тела вдоль потока не отражаются на аэродинамических силах.

Поперечные колебания волокна обуславливают возникновение переменной по величине и направлению подъемной силы  $P$ , а вектор относительной скорости  $\vec{V}$  образует с вектором абсолютной скорости  $\vec{U}$  фиктивный (кажущийся) угол атаки  $\alpha$ .

Аэродинамические силы и силы, вызванные обтеканием волокна, описываются выражениями:

$$\left. \begin{aligned} W_x &= \frac{Wv}{V}; W_y = \frac{Wy}{V}; \\ P_x &= \frac{P\dot{y}}{V}; P_y = \frac{Pv}{V} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$F_x = F_{ox} \cos(2\Omega t); F_y = F_{oy} \cos(2\Omega t). \quad (12)$$

Проанализируем дифференциальное уравнение (10) колебаний кругового во-

локна вдоль потока. Аэродинамические силы

$$W = 0,5c_x \rho dV^2; P = 0,5c_y \rho dV^2, \quad (13)$$

где  $c_x, c_y$  – аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы, вызванной поперечными колебаниями волокна.

Коэффициент [2]:

$$c_y \approx \frac{\partial c_y}{\partial \alpha} \left[ \frac{\dot{y}}{v} - \frac{1}{3} \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^3 \right], \quad (14)$$

в то время как

$$v \approx v \left[ 1 + 0,5 \left( \frac{\dot{y}}{v} \right)^2 \right]. \quad (15)$$

Полагая в первом приближении

$$F_{ox} = F_{oy} = 0,5c_k \rho d v^2, \quad (16)$$

а также задаваясь решением уравнения (9) колебаний волокна поперек потока в виде

$$y = a_y \sin(\omega_y t), \quad (17)$$

после подстановки выражений (11)...(17) в (10) получаем нелинейное дифференциальное уравнение колебаний волокна вдоль потока:

$$\ddot{x} + \frac{\delta\omega_0}{\pi} \dot{x} + \omega_{ox}^2 x = \rho \frac{dv^2}{2m} \left\{ \left[ c_x + \frac{1}{2} \left( k + \frac{c_x}{2} \right) \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right) + \frac{k}{16} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^4 \right] + \right. \\ \left. + c_k \cos(2\Omega t) \frac{1}{2} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^2 \left[ \left( k + \frac{c_x}{2} \right) + \frac{k}{6} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^2 \right] \cos 2\omega_y t + \frac{k}{48} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^4 \cos(4\omega_y t) \right\} \quad (18)$$

$$\text{при } k = \frac{\partial c_y}{\partial \alpha}; \delta = \frac{\pi \pi}{m \omega_{\text{ox}}} \quad (19)$$

Для удобства анализа уравнение (18) представим в форме

$$\ddot{x} + \frac{\delta \omega_0}{\pi} \dot{x} + \omega_{\text{ox}}^2 x = C_1 + C_2 \cos(2\Omega t) + C_3 \cos(2\omega_y t) + C_4 \cos(4\omega_y t) \quad (20)$$

при

$$C_1 = \rho \frac{dv^2}{2m} \left[ c_x + \frac{1}{2} \left( k + \frac{c_x}{2} \right) \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right) + \frac{k}{16} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^4 \right]; \quad (21)$$

$$C_2 = \rho \frac{dv^2}{2m} c_k; \quad (22)$$

$$C_3 = \rho \frac{dv^2}{2m} \frac{1}{2} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^2 \left[ \left( k + \frac{c_x}{2} \right) + \frac{k}{6} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^2 \right]; \quad (23)$$

$$C_4 = \rho \frac{dv^2}{2m} \frac{k}{48} \left( \frac{a_y \omega_y}{v} \right)^4. \quad (24)$$

Рассмотрим вначале случай, когда поперечные потоку колебания волокна отсутствуют, то есть  $a_y = 0$ . Тогда коэффициенты  $C_i$  в выражениях упростятся:

$$\begin{aligned} C'_1 &= \rho \frac{dv^2}{2m} c_x; C'_2 = \rho \frac{dv^2}{2m} c_k; \\ C'_3 &\equiv C'_4 = 0 \end{aligned} \quad (25)$$

и нелинейное уравнение (18) преобразуется в линейное:

$$\ddot{x} + \frac{\delta \omega_0}{\pi} \dot{x} + \omega_{\text{ox}}^2 x = C'_1 + C'_2 \cos(2\Omega t). \quad (26)$$

Решение этого уравнения находим в следующем виде:

$$x = x_{\text{ст}} + a \cos(\omega t), \quad (27)$$

где  $x_{\text{ст}}$  – статическое смещение волокна вдоль потока, вызванное аэродинамической силой  $W$  лобового сопротивления согласно уравнению (13).

Частота внешней силы

$$\omega = 2\Omega = 4\pi \text{Sh} \left( \frac{v}{d} \right). \quad (28)$$

Для амплитуды установившихся колебаний волокна получим

$$a = C'_2 \left[ \omega^2 \sqrt{\left( \frac{\omega_{\text{ox}}^2}{\omega^2} - 1 \right)^2 + \left( \frac{\delta \omega_{\text{ox}}}{\pi \omega} \right)^2} \right]^{-1}. \quad (29)$$

## ВЫВОДЫ

Получена возможность теоретически прогнозировать поведение волокна с учетом аэроупругих колебаний, что является важным для осуществления оптимального технологического процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Девнин С.И. Аэрогидродинамика плохообтекаемых конструкций: Справочник. – Л.: Судостроение, 1983.
2. Казакевич М.И. Аэродинамическая устойчивость надземных и висячих трубопроводов. – М.: Недра, 1977.

УДК 677.026.4

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ПРОШИВНЫХ НИТЕЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ХОЛСТОПРОШИВНЫХ ПОЛОТЕН

А.П. СЕРГЕЕНКОВ

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

Переориентация прошивных нитей, как правило, обеспечивает основную часть удлинения холстопрошивных полотен в процессе их растяжения. Вследствие этого на основе анализа возможностей переориентации прошивных нитей можно с достаточной большой точностью теоретически определить величину удлинения холстопрошивного полотна при разрыве. Одновременно результаты такого анализа можно использовать для проектирования холстопрошивных полотен с требуемыми показателями удлинения при разрыве.

Анализ процесса переориентации прошивных нитей при растяжении холстопрошивного полотна может быть выполнен на основе наблюдения за изменениями, происходящими в одном структурном элементе этого полотна, ограниченном одной петлей.

Ввиду особенностей структуры холстопрошивных полотен по-разному ведут себя при растяжении в продольном и поперечном направлениях. В связи с этим анализ процесса переориентации прошивных нитей при растяжении в каждом из этих направлений имеет свои особенности и должен выполняться независимо друг от друга.

Ниже приводится анализ процесса переориентации прошивных нитей для основных переплетений, используемых при выработке холстопрошивных полотен.

Рассмотрим переориентацию при растяжении в продольном направлении.

*Переплетение цепочка.* В переплетении цепочка петельные палочки и протяжки ориентированы в основном в продольном направлении. В результате растяжения холстопрошивного полотна с переплетением цепочка в продольном направлении не сопровождается существенной переориентацией элементов петли. Этим, в частности, объясняется тот факт, что холстопрошивные полотна с переплетением цепочка характеризуются минимальными значениями удлинения при разрыве в продольном направлении.

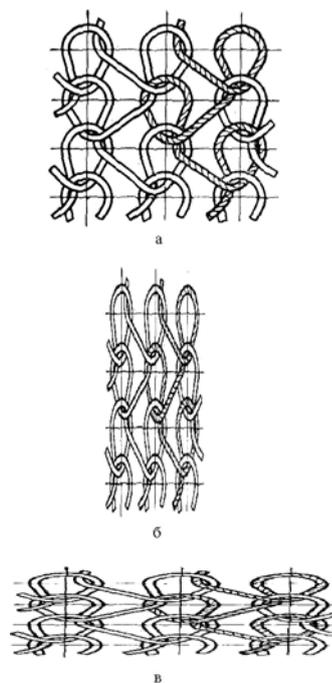


Рис. 1

*Переплетение трико.* Переплетение трико (рис.1: а – в исходном состоянии; б – при растяжении в продольном; в – в поперечном направлениях) характеризуется вязанием одной нити на двух иглах поочередно. Петли переплетения трико имеют односторонние протяжки. При изготовлении нетканых материалов переплетение трико используется как самостоятельно, так и в сочетании с другими переплетениями. В исходном холстопршивном полотне с переплетением трико петельные

$$L_{\text{пр.н}} = \sqrt{A^2 + B_{\text{н}}^2} = \sqrt{\left(\frac{50}{\Pi_{\text{ш}}}\right)^2 + \left(\frac{50}{\Pi_{\text{дн}}}\right)^2} = 50 \sqrt{\frac{1}{\Pi_{\text{ш}}^2} + \frac{1}{\Pi_{\text{дн}}^2}},$$

где  $A$  – петельный шаг, мм;  $B_{\text{н}}$  – высота петельного ряда, мм;  $\Pi_{\text{ш}}$  – плотность прошива по ширине, пет./50 мм;  $\Pi_{\text{дн}}$  – начальная плотность прошива по длине, пет./50 мм.

Наблюдения за процессом растяжения образцов холстопршивных полотен позволяют констатировать, что растягиваемые образцы сильно сужаются. Сужение образцов при сохранении целостности петельной сетки можно объяснить только тем, что в процессе растяжения полотна с переплетением трико протяжки петель переориентируются, стягивая соседние петельные столбики, и в предельном случае располагаются параллельно петельным палочкам (рис. 1-б). Протяжки при этом частично перетягиваются в остовы петель и несколько укорачиваются. За счет этого удлиняются петельные палочки.

Длина петельных палочек при максимальной переориентации протяжки становится примерно равной длине расположенного на поверхности полотна участка протяжки, то есть

$$L_{\text{пр.к}} = L_{\text{п.к}},$$

где  $L_{\text{п.к}}$  – длина петельной палочки в растянутом полотне, мм.

Длина петельной палочки  $L_{\text{п.к}}$  и равная ей длина рассматриваемого участка про-

палочки (рис.1-а) ориентированы, главным образом, в продольном направлении и имеют длину  $L_{\text{п.н}}$ , примерно равную высоте петельного ряда  $B_{\text{н}}$ .

Находящийся на противоположной поверхности холстопршивного полотна участок протяжки расположен под углом к линии петельного столбика и имеет длину  $L_{\text{пр.н}}$ , которая может быть определена из выражения:

тяжки  $L_{\text{пр.к}}$  соответствуют высоте петельного ряда растянутого полотна  $B_{\text{к}}$ .

Суммарная длина двух петельных палочек и расположенного на поверхности полотна участка протяжки составляют:

– до растяжения полотна:

$$L_{\text{сум.н}} = 2B_{\text{н}} + \sqrt{B_{\text{н}}^2 + A^2},$$

– в растянутом полотне:

$$L_{\text{сум.к}} = L_{\text{пр.к}} + 2L_{\text{п.к}} = 3B_{\text{к}}.$$

Принимая во внимание, что суммарная длина этих трех элементов петли до и после растяжения не изменилась, запишем:

$$L_{\text{сум.к}} = L_{\text{сум.н}}, \\ 2B_{\text{н}} + \sqrt{B_{\text{н}}^2 + A^2} = 3B_{\text{к}}.$$

Откуда:

$$B_{\text{к}} = \frac{2}{3}B_{\text{н}} + \frac{1}{3}\sqrt{B_{\text{н}}^2 + A^2}.$$

Удлинение рассматриваемого элемента холстопршивного полотна (и полотна в целом) за счет перетяжки протяжек в петельные палочки составит:

$$E_{\text{пер}} = \frac{B_{\text{к}} - B_{\text{н}}}{B_{\text{н}}} \cdot 100\%,$$

$$\begin{aligned} \hat{A}_{\text{иäð}} &= \frac{\frac{2}{3}\hat{A}_i + \frac{\sqrt{\hat{A}^2 + \hat{A}_i^2}}{3} - \hat{A}_i}{\hat{A}_i} \cdot 100 = \\ &= \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \sqrt{\frac{A^2 + B_{\text{н}}^2}{B_{\text{н}}^2}} - 1 \right) \cdot 100 = 33 \left( \sqrt{\frac{A^2 + B_{\text{н}}^2}{B_{\text{н}}^2}} - 1 \right) = 33 \left( \sqrt{\frac{A^2}{B_{\text{н}}^2} + 1} - 1 \right) = 33 \left( \sqrt{\frac{\Pi_{\text{д}}^2}{\Pi_{\text{ш}}^2} + 1} - 1 \right). \quad (1) \end{aligned}$$

*Производные переплетения трико.* Производные переплетения трико различаются только длиной протяжки, которая в случае двутрико проходит через два петельных шага, а в случае тритрико – через три петельных шага.

Длина расположенного на поверхности полотна участка протяжки составит:

$$\text{для двутрико: } L_{\text{пр.н}} = \sqrt{(2A)^2 + B_{\text{н}}^2},$$

$$\text{для тритрико: } L_{\text{пр.н}} = \sqrt{(3A)^2 + B_{\text{н}}^2},$$

или в общем виде:

$$L_{\text{пр.н}} = \sqrt{(nA)^2 + B_{\text{н}}^2},$$

где  $n$  – целое число:

для трико  $n=1$ ,

для двутрико  $n=2$ ,

для тритрико  $n=3$ .

С учетом этого уравнение (1) для определения удлинения холстопршивного полотна за счет перетяжки протяжек в петельных палочках для переплетения трико и его производных примет вид:

$$E_{\text{пер}} = 33 \left( \sqrt{\frac{(nA)^2}{B_{\text{н}}^2} + 1} - 1 \right) = 33 \left( \sqrt{\frac{n^2 \Pi_{\text{д}}^2}{\Pi_{\text{ш}}^2} + 1} - 1 \right). \quad (2)$$

Рассмотрим переориентацию прошивных нитей при растяжении полотна в поперечном направлении.

*Переплетение трико.* Схема изменения конфигурации петли переплетения трико при растяжении в поперечном направлении приведена на рис 1.

Сужение растягиваемого образца хол-

стопршивного полотна в этом случае объясняется уменьшением длины петельных палочек (высоты петельного ряда), которые перетягиваются в протяжку. Протяжка за счет этого удлиняется и одновременно ориентируется в направлении действия растягивающей силы (рис.1-в).

Перед растяжением длина петельных палочек и находящегося на поверхности полотна участка протяжки, как и при растяжении в продольном направлении, составляет:

$$L_{\text{п.н}} = B_{\text{н}}$$

$$L_{\text{пр.н}} = \sqrt{A_{\text{н}}^2 + B_{\text{н}}^2},$$

где  $A_{\text{н}}$  – петельный шаг в нерастянутом холстопршивном полотне, мм.

При условии полной перетяжки петельных палочек в протяжку максимальная длина протяжки составит:

$$L_{\text{пр.к}} = L_{\text{пр.н}} + 2L_{\text{п.н}} = 2B_{\text{н}} + \sqrt{A_{\text{н}}^2 + B_{\text{н}}^2}.$$

Учитывая, что протяжка в момент разрыва ориентируется практически полностью вдоль петельного ряда, можно считать ее длину приблизительно равной петельному шагу максимально растянутого полотна, то есть:

$$L_{\text{пр.к}} = A_{\text{пр.к}} = 2B_{\text{н}} + \sqrt{A_{\text{н}}^2 + B_{\text{н}}^2}.$$

Максимальное удлинение холстопр-

шивного полотна за счет перетяжки петельных палочек в протяжку будет опре-

деляться увеличением петельного шага, то есть:

$$E_{\text{пер}} = \frac{A_k - A_n}{A_n} \cdot 100 = \frac{2B_n + \sqrt{A_n^2 + B_n^2} - A_n}{A_n} \cdot 100 = 100 \left( \frac{2B_n}{A_n} + \sqrt{1 + \frac{B_n^2}{A_n^2}} - 1 \right). \quad (3)$$

Для производных переплетения трико эта формула принимает вид:

$$E_{\text{пер}} = 100 \left( \frac{2B_n}{nA_n} + \sqrt{1 + \frac{B_n^2}{(nA_n)^2}} - 1 \right). \quad (4)$$

Следует иметь в виду, что рассчитанные по формулам (1)...(4) значения удлинения холстопршивного полотна за счет переориентации нитей являются предельными. Фактическое значение удлинения будет несколько меньше, так как находящиеся в петлях волокна препятствуют полной переориентации прошивных нитей.

## ВЫВОДЫ

1. Проанализирован процесс переориентации прошивных нитей и изменения формы петель в процессе растяжения холстопршивных полотен в продольном и поперечном направлениях.

2. Выведены аналитические зависимости для расчета максимального удлинения холстопршивного полотна, обусловленного переориентацией прошивных нитей.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 01.02.06.

УДК 677.025

**ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ  
КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА В ПРОЦЕССЕ ОТЛЕЖКИ**

*В.Р. КРУТИКОВА, Л.А. КРУТИКОВА*

(Костромской государственный технологический университет)

Формирование трикотажа не заканчивается на вязальной машине – после съема полотна с игл происходит изменение размеров петельной структуры вследствие реологических процессов, протекающих в нитях. За счет восстановления (исчезновения) упругих и эластических составляющих деформации нити от изгиба и растяжения изменяются не только линейные размеры трикотажа, но и конфигурация петли, которая характеризуется петельным шагом  $A$ , высотой петельного ряда  $B$ , шириной петли  $D$ , телескопическим заходом  $m$ , углом трения  $\beta$  (угол между касательной в точке контакта и вертикалью), углом наклона петельной палочки к вертикали  $\alpha$  (рис.1).

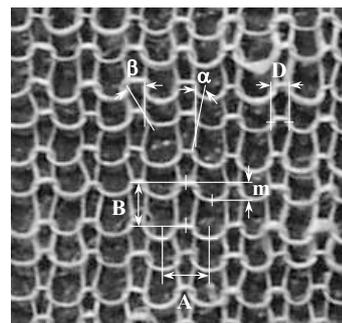


Рис. 1

Для анализа изменения параметров строения трикотажа в процессе отлежки набивались образцы переплетением гладь на плосковязальных машинах двух классов из пряжи разных видов и линейных плотностей при разных сочетаниях заправочных параметров (табл.1).

Таблица 1

Номер образца	Вид пряжи	Линейная плотность, текс	Класс машины, игл/дюйм	Настройка регулятора натяжения нити	Настройка регулятора плотности вязания
5	хлопчатобумажная	95	5	1	5
1				5	
6				7	
10	льняная	30	5	5	2
12			7	1	
8		30x3	5	7	2
9		30x5			
23		60	5	5	2
24			7	7	

Образцы фотографировались:

- непосредственно на машине (полотно находилось на иглах под оттяжкой),
- после снятия с машины,
- несколько раз с течением времени,
- после длительной отлежки.

Таким образом, каждый образец имел несколько цифровых фотографий, отражающих изменение структуры трикотажа во времени. Указанные выше параметры строения трикотажа  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $m$ ,  $\beta$  и  $\alpha$  определялись для 24 петель (по четыре в

шести соседних рядах) с помощью инструментов (линейки) графического редактора Adobe Photoshop 5. Обработка результатов осуществлялась в математическом пакете MathCAD 2001.

Для каждого образца формировались матрицы параметров  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$ ,  $D_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\alpha_{ij}$ , где  $i$  – номер петли в рассматриваемом образце,  $i=1,2,3\dots$ ;  $j$  – порядок изображений

образца во времени,  $j=1,2,3\dots$

Таким образом, каждый столбец матрицы характеризует изменение параметра в образце трикотажа с течением времени.

Для каждого столбца определялись среднее значение, дисперсия и квадратическая неровнота, после чего осуществлялось сравнение средних на значимость различия по критерию Стьюдента.

Таблица 2

№ образца	j	A, мм	C <sub>A</sub> , %	B, мм	C <sub>B</sub> , %	D, мм	C <sub>D</sub> , %	m, мм	C <sub>m</sub> , %	β, град	C <sub>β</sub> , %	α, град	C <sub>α</sub> , %
5	1	5,0	5	3,5	8	1,9	7	0,996	21	30	10	10	29
	2	3,6	4	2,9	5	1,5	9	1,041	12	23	14	24	15
	3	3,3	4	2,7	6	1,5	8	0,902	14	23	11	20	19
	4	3,3	4	2,7	7	1,4	8	0,871	15	24	14	21	19
	5	3,2	3	2,9	6	1,4	8	0,870	15	29	12	15	33
	6	3,3	3	2,6	9	1,4	9	0,835	18	26	21	20	21
	7	3,2	4	2,7	8	1,5	9	1,141	19	17	27	24	17
1	1	4,9	4	2,4	6	2,0	9	0,941	13	28	11	12	22
	2	3,5	3	2,2	7	1,7	6	0,942	11	25	14	20	26
	3	3,3	4	2,2	7	1,6	8	0,824	17	24	17	21	27
	4	3,1	3	2,1	4	1,5	7	0,830	12	19	16	23	16
	5	3,3	4	2,0	7	1,4	7	0,838	19	25	17	19	28
	6	3,4	5	2,0	8	1,4	11	1,054	14	16	27	30	17
	7	3,1	5	2,1	6	1,6	9	0,809	21	20	28	24	19
6	1	4,9	5	3,2	8	1,9	8	0,836	19	30	14	15	21
	2	3,7	5	2,7	7	1,6	8	1,220	18	21	17	19	22
	3	3,4	4	2,5	10	1,5	9	1,026	17	21	15	18	30
	4	3,3	3	2,5	5	1,5	8	1,068	12	21	18	22	24
	5	3,2	3	2,5	7	1,4	9	0,935	14	25	15	16	29
	6	3,4	4	2,4	9	1,5	9	0,921	14	21	24	20	15
	7	3,2	4	2,5	8	1,5	6	1,195	13	14	27	24	15
10	1	4,8	4	2,4	6	2,2	7	0,572	21	38	9	8	43
	2	3,2	4	2,4	5	1,5	11	1,026	10	26	17	10	49
	3	3,3	3	2,1	7	1,6	11	1,201	18	21	27	11	51
	4	3,3	3	2,0	5	1,5	10	1,186	22	19	21	9	43
	5	3,4	4	2,2	6	1,6	12	1,280	11	20	29	15	29
12	1	4,6	4	3,1	5	1,7	11	0,852	17	28	10	11	34
	2	3,1	4	2,2	10	1,3	9	1,031	18	20	23	11	41
	3	3,1	4	2,2	10	1,2	8	1,134	13	19	20	12	52
	4	3,1	5	2,2	10	1,2	8	1,105	17	19	21	11	69
	5	3,0	5	2,2	12	1,1	11	1,111	15	20	23	14	36
8	1	3,9	3	1,8	9	2,2	6	0,801	13	24	21	23	18
	2	3,8	3	1,5	12	2,0	6	0,992	13	21	18	15	40
	3	3,7	3	1,4	9	2,0	6	0,956	14	21	22	20	24
	4	3,7	3	1,4	11	2,0	6	0,987	12	21	24	22	18
	5	3,6	3	1,4	9	2,0	7	0,942	12	23	19	19	26
9	1	4,1	2	1,6	8	2,3	5	0,907	8	23	17	21	23
	2	4,0	3	1,3	8	2,0	6	0,954	9	25	15	10	41
	3	3,9	3	1,2	10	1,9	6	0,995	9	22	15	12	41
	4	3,8	2	1,2	10	1,7	6	0,950	10	24	18	13	22
	5	3,7	2	1,3	8	1,9	6	0,886	10	28	13	15	36

23	1	3,6	4	2,7	6	1,9	10	0,705	14	32	11	13	23
	2	3,4	4	2,2	8	1,7	8	1,041	14	27	16	9	66
	3	3,5	3	2,0	10	1,7	9	1,160	15	21	21	11	46
	4	3,4	3	2,1	9	1,7	11	1,077	13	22	21	12	53
	5	3,5	3	2,0	9	1,6	11	1,179	13	23	18	12	44
24	1	4,4	3	3,0	7	2,3	7	0,867	10	31	10	12	26
	2	3,1	3	1,9	9	1,6	6	0,916	12	23	15	14	36
	3	3,2	3	1,8	10	1,6	7	0,937	14	23	12	10	55
	4	3,2	4	1,7	10	1,6	8	0,948	11	18	15	15	35
	5	3,2	4	1,8	8	1,6	8	0,948	15	26	13	14	33

Результаты статистической обработки параметров структуры трикотажа приведены в табл.2, где указаны: номер образца;  $j$  – порядковый номер измерений, проведенных через некоторые промежутки времени; средние значения параметров и их квадратическая неровнота. В табл.2 объединены ячейки, в которых значения параметров незначимо отличаются друг от друга.

Анализ результатов показывает, что наиболее стабильными параметрами структуры трикотажа являются петельный шаг А (квадратическая неровнота составляет 2...5%), высота петельного ряда В (5...12%) и ширина петли D (6...12%).

Большой разброс значений имеют телескопический заход петли  $m$  (11...21%) и угол трения  $\beta$  (9...29%). Самой нестабильной характеристикой является угол наклона петельных палочек  $\alpha$  (15...69%).

Стабильность характеристик А, В и D можно объяснить тем, что они определяются постоянными размерами петлеобразующих органов: игольным шагом, глубиной кулирования и толщиной крючка иглы соответственно.

В силу наличия остаточных деформаций, в основном от изгиба, нить запоминает состояние, приобретенное в процессе петлеобразования, а уменьшение размеров протекает только за счет восстановления упруго-эластических деформаций от растяжения на свободных от контакта участках петли.

Величина телескопического захода, угол трения и угол наклона петельных палочек, в первую очередь, зависят от характеристик самой нити, а поскольку она яв-

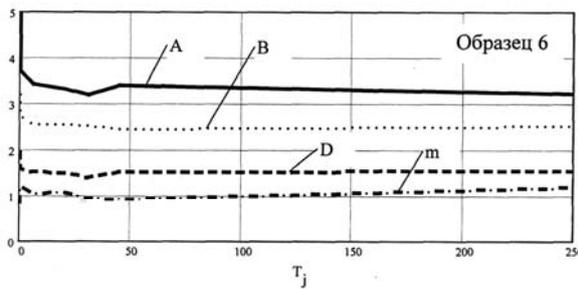
ляется неравномерным продуктом, то и неровнота параметра существенно увеличивается.

Уменьшение размеров трикотажа по ширине (петельный шаг А) протекает более длительное время, чем по длине (высота петельного ряда В), в силу того, что платинная дуга петли получает меньшую деформацию изгиба и нить на этом участке имеет возможность восстанавливать свои упруго-эластические свойства.

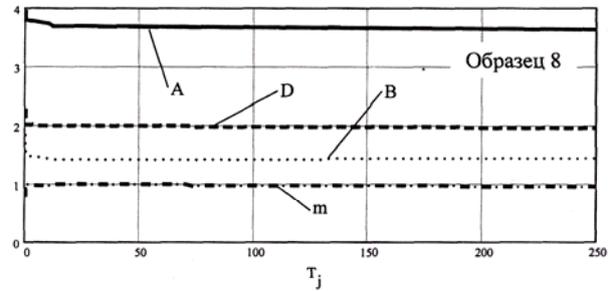
Данное утверждение справедливо и по отношению к более быстрой стабилизации игольной дуги (ширина петли D) по отношению к платинной, поскольку этот участок петли получает наибольшую деформацию изгиба (толщина иглы почти в два раза меньше толщины отбойного зуба). Исключение составляют параметры образца 9, выработанный из пряжи в пять сложений.

Поскольку стренги пряжи не скручены, то она обладает такой же изгибной способностью, как и пряжа в одно сложение, а сопротивление растяжению возрастает пропорционально числу сложений. Этим можно объяснить уменьшение в образце 9 телескопического захода  $m$  по отношению к полученному на машине – приобретенная пластическая деформация изгиба не препятствует восстановлению упруго-эластических деформаций растяжения.

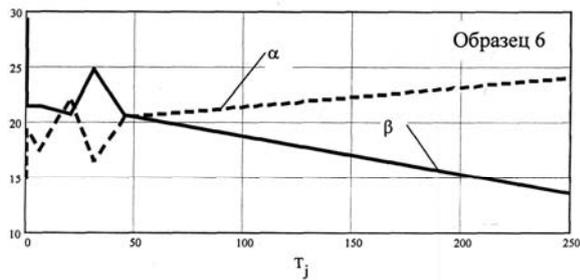
Следует отметить, что увеличение ширины петли вследствие наличия упругих деформаций изгиба не происходит, как это оговаривается во всех учебниках по технологии трикотажа, то есть имеет место остаточная деформация изгиба пряжи на участке игольной дуги.



а)



а)



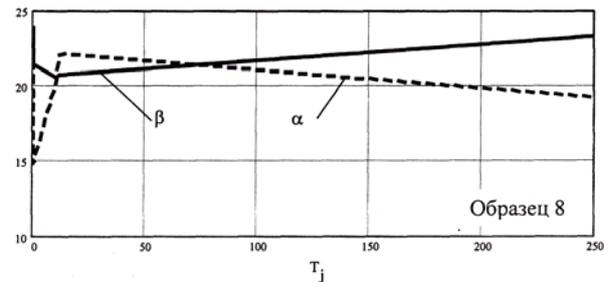
б)

Рис. 2

На рис.2 и 3 наглядно показано изменение параметров строения трикотажа из хлопчатобумажной и льняной пряжи с течением времени  $T_j$ . Характерно, что основное уменьшение  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $\beta$  и увеличение  $\alpha$  происходит в момент снятия полотна с машины. Телескопический заход петли меняется несущественно.

Интересно отметить обратно пропорциональную зависимость параметров  $\beta$  и  $\alpha$  для хлопчатобумажного трикотажа (рис.2-б), причем характер изменения – одинаковый для всех трех образцов. Эта тенденция сохраняется у половины образцов трикотажа из льняной пряжи.

Кроме того, параметры структуры трикотажа из льняной пряжи изменяются в меньшей степени, поскольку у льняной



б)

Рис. 3

пряжи доля пластической составляющей деформации изгиба больше, чем у хлопчатобумажной.

Таким образом, в силу наличия пластической составляющей деформации изгиба пряжи основное уменьшение размеров петельной структуры происходит на свободных участках нити за счет восстановления упруго-эластических составляющих деформации растяжения сразу после снятия трикотажа с машины. При дальнейшей отлежке изменения размеров трикотажа и конфигурации петли – незначительны.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 01.02.06.

УДК 687.016:51

**ОПИСАНИЕ МЕХАНИКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
КРИВОЛИНЕЙНЫХ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ЛИНИЙ В ОДЕЖДЕ**

*О.В. СУРИКОВА, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ, Г.И. СУРИКОВА*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Конструктивные линии являются одним из основных средств создания формы модели, получения разнообразных зрительных эффектов. Во все периоды развития моды такие линии широко использовали в разработке одежды.

Контур любой детали формируют два типа конструктивных линий: краевые и соединительные. Вдоль соединительной линии происходит присоединение одной смежной детали к другой, или одного смежного узла к другому. Краевая линия образует наружный край готового изделия.

Управление параметрами геометрической формы линий позволяет направленно изменять технологические и эстетические показатели конструкции изделия.

Основная особенность криволинейных конструктивных линий заключается в том, что при их формировании происходит перегиб технологического припуска по кривой.

Известно [1], что не всякая криволинейная конструктивная линия как соединительная, так и краевая одинаково приемлема в изделии. Вдоль некоторых криволинейных линий с лицевой или изнаночной стороны могут появляться волны, морщины, неустраняемые замины, ухудшающие внешний вид изделия.

В нормативно-справочной и методической литературе нет каких-либо конкретных указаний по проектированию геометрических параметров таких криволинейных конструктивных линий в одежде. Встречаются отдельные сведения общего рекомендательного характера о целесообразности упрощения формы и "выпрямлении" контурных линий деталей в целях достижения технологичности конструкций [2], [3].

На кафедре конструирования швейных изделий ИГТА осуществлены комплексные исследования по выявлению механики формирования перегиба ткани вдоль криволинейной конструктивной линии. Проведены экспериментальные испытания тканей по формированию в них криволинейных сгибов, выполнено геометрическое моделирование перегиба ткани и аналитическое описание процессов, происходящих в ее геометрической структуре.

Испытывались три вида тканей различного волокнистого состава для радиусов кривизны криволинейных конструктивных линий в диапазоне от 5 до 50 см и технологических припусков по линиям – от 0,5 до 3,0 см. Характеристики исследованных тканей приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вид ткани	Артикул	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
Хлопчатобумажная плательная ткань	3224	ВХ-100	250,2
Полушерстяная камвольная костюмная ткань	23720	ВШрс – 55; Впэф – 45	200,5
Тонкосуконная ткань	2838	ВЛ – 30; ВШрс – 35; Впэф – 35	380

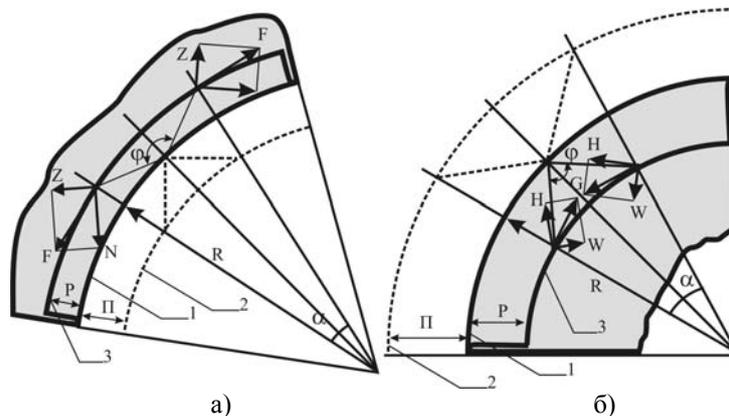


Рис. 1

Схема перегиба технологического припуска по вогнутой криволинейной конструктивной линии показана на рис. 1-а; по выпуклой – на рис. 1-б.

На рис. 1 приняты обозначения: 1 – криволинейная конструктивная линия (линия перегиба); 2 – срез технологического припуска до перегиба; 3 – срез технологического припуска после его перегиба;  $\Pi$  – проектируемая величина технологического припуска, см;  $P$  – величина технологического припуска после перегиба, см;  $R$  – радиус кривизны криволинейной конструктивной линии до перегиба, см;  $\alpha$  – исходный центральный угол, град;  $\varphi$  – угол между нитями основы и утка, град.

В геометрической модели приняты следующие допущения: линия перегиба является дугой окружности радиуса  $R$ ; нити основы и утка в исходном состоянии строго ортогональны; линия среза до и после заутюживания формируется внутри исход-

ного центрального угла  $\alpha$ .

Для описания механизма перегиба материала по криволинейной конструктивной линии рассмотрены усилия, воздействующие на структуру ткани в процессе формирования линии (рис. 1).

Для вогнутой линии сгиба формообразующее растягивающее усилие  $F$  включает две составляющие  $Z$  и  $N$  (рис. 1-а). Составляющая  $Z$  направлена вдоль нити основы (утка) и стремится увеличить ее длину. Составляющая  $N$  перпендикулярна нити основы (утка), стремится развернуть нить в сторону увеличения угла  $\varphi$  между нитями.

Для выпуклой линии сгиба (рис. 1-б) формообразующее сжимающее усилие  $G$  включает составляющую  $H$ , которая стремится укоротить длину нити основы (утка), и составляющую  $W$ , стремящуюся повернуть нить в направлении уменьшения угла  $\varphi$  между ними.

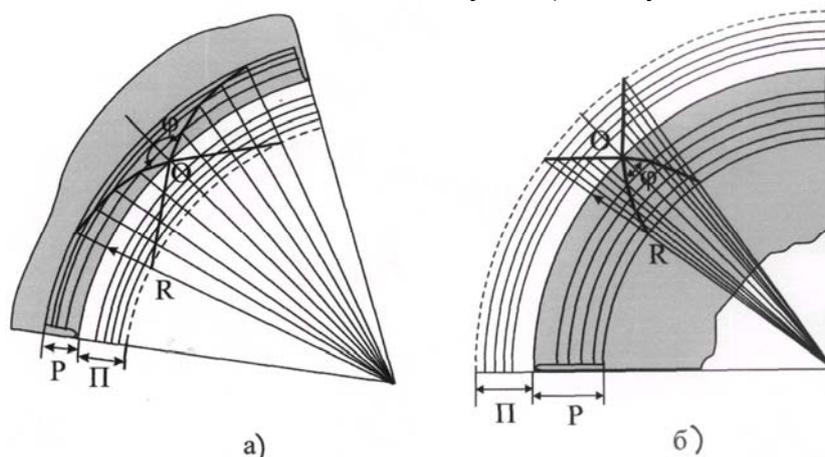


Рис. 2

В результате совместного действия усилий нити ткани на участке перегнутого припуска располагаются не по прямым линиям, а изгибаются, как показано на рис. 2-а – для вогнутой линии сгиба и на рис. 2-б – для выпуклой линии.

Угол  $\varphi$  между нитями основы и утка отклоняется от ортогонального. При перегибе по вогнутой линии он становится ту-

пым, по выпуклой линии – острым (рис. 2). Отклонения угла  $\varphi$  от прямого принято называть перекосом [4]. Угол перекоса ( $\beta = \varphi - 90$ ) возрастает с уменьшением радиуса кривизны линии сгиба, а при неизменной кривизне – с увеличением ширины перегибаемого технологического припуска.

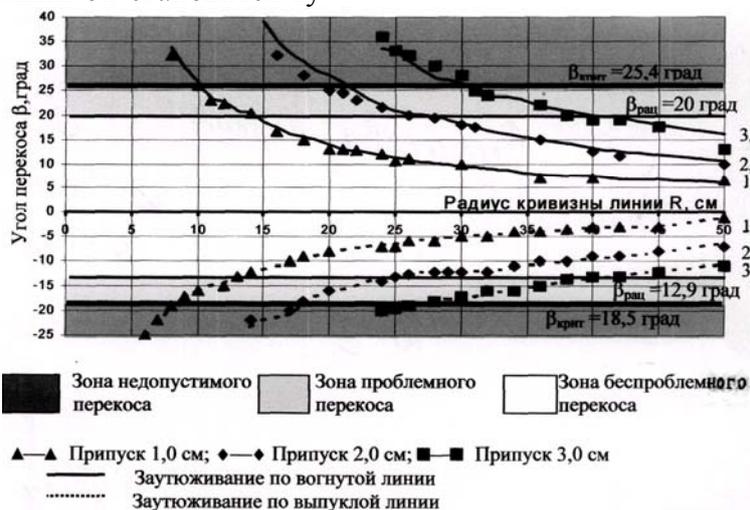


Рис. 3

На рис. 3 изображена зависимость перекоса  $\beta$  от радиуса кривизны линии сгиба для различных значений технологических припусков для полушерстяной ткани арт. 23720. Для других исследуемых тканей характер зависимости угла перекоса от радиуса кривизны линии сгиба аналогичен.

Применительно к одежде приемлемы только такие формообразующие изменения в структуре ткани, которые не вызывают ухудшения внешнего вида и эксплуатационных свойств изделия и могут быть устойчиво закреплены технологическими средствами швейного производства.

Исходя из этого выделены три типа перекоса ткани в зоне заутюженного технологического припуска:

- беспроблемный;
- проблемный;
- недопустимый.

Беспроблемный перекокс в ткани устойчиво закрепляется традиционными средствами влажно-тепловой обработки (ВТО).

Для закрепления проблемного перекокса необходимо прокладывание вдоль заутю-

женного припуска отделочной строчки или фиксирование припуска клеевыми методами.

При недопустимом перекоксе нарушается гладкость поверхности материала, вдоль криволинейной конструктивной линии появляются волны, морщины, замины, не устранимые средствами ВТО.

Максимально возможное значение беспроблемного перекокса названо рациональным ( $\beta_{рац}$ ), а проблемного – критическим ( $\beta_{крит}$ ). Величины  $\beta_{рац}$  и  $\beta_{крит}$  постоянны для конкретного материала и не зависят ни от радиуса кривизны конструктивной линии, ни от величины перегибаемого технологического припуска (рис.3).

Значения  $\beta_{рац}$  и  $\beta_{крит}$  являются характеристическими, так как показывают способность ткани к закрепляемому перекоксу при формообразовании криволинейных конструктивных линий в одежде. Для исследуемых тканей углы  $\beta_{рац}$  и  $\beta_{крит}$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид ткани	Рациональный угол перекоса $\beta_{\text{рац}}$ , град		Критический угол перекоса $\beta_{\text{крит}}$ , град	
	вогнутая линия	выпуклая линия	вогнутая линия	выпуклая линия
	Хлопчатобумажная, арт. 3224	19,0	12,0	25,0
Полушерстяная, арт. 23720	20,0	13,0	25,4	18,0
Тонкосуконная, арт. 2838	28,0	14,0	34,0	18,0

Исследованиями установлено, что в диапазоне беспроблемного формообразования криволинейной конструктивной линии перекос и искривление нитей в зоне технологического припуска происходит без изменения их длины.

В условиях проблемного формообразования нити ткани удлиняются на 1...2% при перегибе по вогнутой линии и сохраняются неизменными при перегибе по выпуклой конструктивной линии. Полученные результаты хорошо согласуются с известными сведениями о поведении ткани при формообразовании объемных оболочек [4].

Совместные проявления изгиба, перекоса и удлинения нитей приводят к незначительному уменьшению ширины технологического припуска при перегибе по вогнутой линии. В диапазоне беспроблемного формообразования величина припуска после перегиба составляет:  $R=0,9\Pi$ , см; в диапазоне проблемного формообразования  $R=0,85\Pi$ , см, для всех исследуемых видов тканей.

Перегиб по выпуклой конструктивной линии практически не изменяет ширину технологического припуска против исходного значения:  $R=\Pi$ , см.

Геометрические изменения в структуре ткани приводят к возникновению линей-

ных деформаций по срезу перегибаемого припуска. На основе геометрической модели рассчитано и экспериментально подтверждено, что срез перегибаемого припуска удлиняется при перегибе по вогнутой и укорачивается при перегибе по выпуклой линии.

Относительные линейные деформации  $\epsilon$  среза перегибаемого припуска равны: для беспроблемного формообразования:

$$\text{вогнутой линии сгиба } \epsilon = \frac{1,9\Pi}{R - \Pi} 100, \%;$$

$$\text{выпуклой линии сгиба } \epsilon = \frac{-2,0\Pi}{R + \Pi} 100, \%;$$

для проблемного формообразования:

$$\text{вогнутой линии сгиба } \epsilon = \frac{1,85\Pi}{R - \Pi} 100, \%;$$

$$\text{выпуклой линии сгиба } \epsilon = \frac{-2,0\Pi}{R + \Pi} 100, \%. .$$

При неизменной кривизне конструктивной линии линейные деформации возрастают пропорционально увеличению ширины перегибаемого припуска. При постоянной величине технологического припуска и равномерном уменьшении радиуса кривизны конструктивной линии деформации растяжения (сжатия) увеличиваются с возрастающей интенсивностью (рис.4).

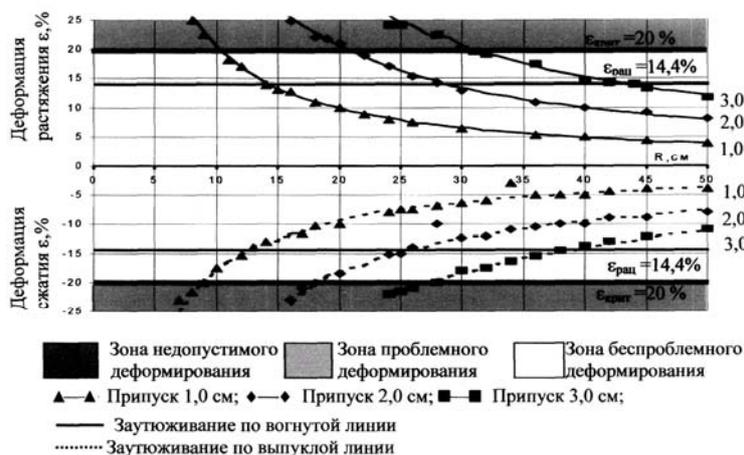


Рис. 4

По аналогии с перекосом максимально возможная линейная деформация для условий беспроблемного формообразования названа рациональной  $\epsilon_{\text{рац}}$ , а для условий проблемного формообразования  $\epsilon_{\text{крит}}$ . Значения  $\epsilon_{\text{рац}}$  и  $\epsilon_{\text{крит}}$  индивидуальны для каждой ткани и не зависят ни от характера кривизны линии (выпуклая или вогнутая),

ни от ширины перегибаемого технологического припуска.

На рис.4 показаны зависимости линейных деформаций от радиуса кривизны криволинейной конструктивной линии для полушерстяной ткани арт. 3224. Для всех исследуемых тканей значения деформаций  $\epsilon_{\text{рац}}$  и  $\epsilon_{\text{крит}}$  показаны в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Вид ткани	Рациональная деформация $\epsilon_{\text{рац}}$ , %		Критическая деформация $\epsilon_{\text{крит}}$ , %	
	вогнутая линия	выпуклая линия	вогнутая линия	выпуклая линия
Хлопчатобумажная, арт. 3224	13,2	13,2	19,0	19,0
Полушерстяная, арт. 23720	14,4	14,1	20,0	20,5
Тонкосуконная, арт. 2838	19,0	18,6	24,7	24,0

Значения  $\epsilon_{\text{рац}}$  и  $\epsilon_{\text{крит}}$  являются характеристическими, так как показывают пределы закрепляемых в материале линейных деформаций и характеризуют потенциальную способность этого материала к формообразованию криволинейных конструктивных линий.

Полученные результаты положены в основу аналитического аппарата, объединяющего конструктивное решение модели с показателями свойств ткани и используемого для управления параметрами конструктивных линий в процессе оптимизации конструкции изделия.

Умение спрогнозировать поведение материала на участке криволинейной конструктивной линии позволит повысить качество изделия и ускорить процесс разработки и внедрения модели в производство.

## ВЫВОДЫ

Выявлены закономерности изменения геометрических параметров структуры

ткани в зоне технологического припуска, перегибаемого по криволинейной конструктивной линии.

Найдены показатели, характеризующие способность ткани к формообразованию криволинейных конструктивных линий в одежде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кардаш О.В., Романов В.Е., Зайцев Б.А. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1980, №2. С.78...81.
2. Сухарев М.И., Бойцова А.М. Принципы инженерного проектирования одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
3. Конструирование мужской и женской одежды: Учеб. для нач.проф.образования/ Б.С. Сакулин, Э.К. Амирова, О.В. Сакулина, А.Т. Труханова. – М.: ИРПО; Изд.центр «Академия», 1999.
4. Савостицкий А.В. Основные теоретические положения конструирования одежды из ткани // Научн. тр. МТИЛП. – М., 1962, №2. С.6...49.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 15.12.05.

# ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШЕРСТЯНЫХ ТКАНЕЙ С ВЛОЖЕНИЕМ КОЗЬЕГО ПУХА

ШАГДАРЫН САРАНЧИМЭГ, В.В. ВЕСЕЛОВ

(Монгольский государственный университет науки и технологий,  
Ивановская государственная текстильная академия)

С ростом спроса на пуховые изделия на мировом и региональном рынках вопрос производства красивых, удобных, практичных в эксплуатации и конкурентоспособных швейных изделий из тканей с вложением козьего пуха является одним из актуальнейших в работе легкой промышленности Монголии.

Изделия, изготовленные из ткани с большим содержанием козьего пуха, в процессе эксплуатации наряду с позитивными показателями, такими как теплозащитность, легкость (эти ткани приятны на ощупь), легкодеформируемость и перерабатываемость в сфере швейного производства, практичность, возможность химической чистки, имеют и некоторые недостатки, среди которых можно отметить следующие:

- повышенная степень пиллингуемости, приводящая к появлению на поверхности швейного изделия пиллей, ухудшающих внешний вид швейных изделий;
- повышенная усадка в процессе носки;
- снижение прочности клеевых соединений (при дублировании деталей швейных изделий с содержанием козьего пуха), приводящее к отслоению или вздутию некоторых элементов изделия.

Основным и важным показателем надежности в процессе эксплуатации швейных изделий из таких тканей является способность физического и морального сохранения товарного вида и приданных деталям одежды свойств.

Одним из перспективных направлений производства высококачественных и надежных в эксплуатации швейных изделий из данных тканей в соответствии с потребительским спросом на региональном и международном уровнях является их обработка в среде тлеющего разряда низкотемпературной плазмы.

Достоинства предлагаемой технологии [1...9] заключаются в том, что обработка шерстяных волокон происходит исключительно в приповерхностном слое, при этом целостность и качество всех остальных слоев сохраняются.

Поверхности текстильных материалов и деталей швейных изделий обрабатываются в пространстве, заполненном атмосферным воздухом с давлением плазмообразующего газа 140 Па, в результате чего эти поверхности претерпевают значительные изменения, вызванные разрывом связей в приповерхностном слое с образованием свободных радикалов, функциональных активных групп, эфирных связей.

Белковый состав чешуйчатого слоя пуховых волокон под воздействием электронов активно воздействует на донорно-акцепторные группы, значительно повышает капиллярные свойства приповерхностного слоя текстильных материалов, снижает угол смачивания.

Объектом исследования служили шерстяные ткани с содержанием козьего пуха компании Gobi и термоклеевой прокладочный материал фирмы Куфнер (Германия).

Термоклеевой прокладочный материал с высокодисперсным клеевым сополиамидным покрытием арт. R951N 29/ 90 хорошо сохраняет пространственную форму и адгезию композиционного пакета. Температура рабочего органа при этом составляла 125...130°C; давление при прессовании 2,0 МПа; продолжительность температурного воздействия 12 с. Практически полностью исключалось увлажнение, а указанные параметры обеспечивали адгезионную прочность выше нормативной: 0,3 кН/м.

Повышение прочности клеевых соединений можно объяснить химическим взаи-



ской модели и определены оптимальные значения основных характеристик режима обработки тлеющего разряда низкотемпературной плазмы: продолжительность воздействия  $X_1=23$  с; сила тока разряда  $X_2=700$  мА; давление плазмообразующего газа  $X_3=140$  Па.

На основе определения оптимальных параметров обработки в среде низкотемпературной плазмы тлеющего разряда исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства текстильных материалов из козьего пуха. Прочность клеевых соединений оценивалась на приборе СРМ-1.

Установлено, что обработка шерстяных текстильных материалов в среде низкотемпературной плазмы способствует повышению прочности клеевых соединений на 25,6%, что выше нормативных показателей, принятых в России. При этом повышается и устойчивость клеевого соединения при химических чистках в среде перхлорэтилена, трихлорэтилена и других органических средах, используемых при химических чистках швейных изделий.

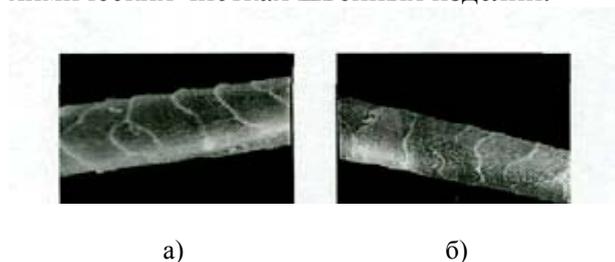


Рис. 2

Представляет интерес для исследования реакция чешуйчатого слоя на обработку в среде низкотемпературной плазмы (рис. 2 – фотографии одиночных волокон козьего пуха, сделанные с помощью растрового микроскопа в  $M. 1 \times 500$ ). До обработки чешуйчатый слой, состоящий из сплюснутых, находящихся одна над другой чешуек, образует вокруг коркового слоя слой чешуек в скрученном состоянии. Верхние края чешуек по всему периметру имеют заостренный верхний конец (рис.2-а).

После обработки в среде низкотемпера-

турной плазмы происходит изменение состояния поверхности роговых окончаний волокон козьего пуха. Из рис.2-б видно, что рельеф и особенно верхние края поверхности волокна, обработанного в воздушной среде тлеющего разряда низкотемпературной плазмы (по сравнению с контрольными образцами (рис.2-а)), более сглаженные, без резко выступающих граней чешуек.



Рис. 3

Для подтверждения изменения состояния поверхности волокон проведены исследования по характеру протекания взаимодействия прилипания – скольжения как по направлению чешуек, так и против них.

Диаграммы прилипания – скольжения контрольных образцов (рис.3-а – до обработки в плазме) с резко выступающими пиками и впадинами свидетельствуют о быстром контакте пуха с предметами окружения, особенно текстильными материалами.

Диаметрально противоположное состояние диаграммы прилипания – скольжения просматривается на диаграммах образцов волокон из козьего пуха, обработанных в воздушной среде тлеющего разряда низкотемпературной плазмы (рис.3-б).

На рис. 3 мы наблюдаем совсем иной характер кривой от контактного взаимодействия двух волокон после обработки козьих волокон в среде низкотемпературной плазмы. Линии более сглаженные, без резких выступов и впадин, что свидетельствует о значительном уменьшении взаимодействия контактируемых поверхностей шерстяных волокон в процессе эксплуатации, что приводит к снижению статической силы и коэффициента тангенциального сопротивления.

Т а б л и ц а 1

Вид волокон	Число измерений	Величина отклонения по осциллограмме		$\Sigma$	$\lambda = \frac{\Sigma}{n}$ (мв)	F, мг	$\mu = F/Pa$
		по чешуйкам, мв	против чешуек, мв				
До обработки в плазме	10	25,5	57	82,5	4,125	3,6	0,12
После обработки в плазме	10	10,1	26	36,1	1,805	1,52	0,05

В табл. 1 представлены результаты, полученные при определении статической силы и коэффициента тангенциального сопротивления F. Они свидетельствуют об изменении состояния поверхности в направлении снижения взаимодействия при трении волокон козьего пуха.

Оценка пиллингуемости проводилась с помощью прибора Пиллтестер-FF-14 фирмы Метримпэкс (Венгрия) на шерстяных тканях с содержанием козьего пуха, подвергнутых воздействию низкотемпературной плазмы тлеющего разряда. У исходных образцов (без воздействия низкотемпературной плазмы) число пиллей составило 20, у обработанных – 12. Процент снижения пиллингуемости равнялся 40.

Результаты оценки по пиллингуемости хорошо согласуются с данными по фрикционным характеристикам одиночных волокон. Козий пух – очень тонкое шерстяное волокно, имеющее слабую извитость. Эти волокна легко выступают над поверхностью ткани, легко вступают в контакт с другими предметами и вследствие взаимодействия и трения свертываются в пилли, наличие которых и приводит к потере товарного вида изделия, моральному и физическому износу, эффекту потертости ткани.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных экспериментов доказано, что воздействие низкотемпературной плазмы тлеющего разряда на волокна козьего пуха повышает прочность клеевых соединений на 60%. Кроме того, сглаживается рельеф поверхности волокна.

Пиллингуемость шерстяных и трикотажных материалов снижается на 40%.

В процессе исследований доказано, что воздействие низкотемпературной плазмы

снижает коэффициент тангенциального сопротивления в 2,4 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабарина Е.Е., Веселов В.В., Молькова И.В., Метелева О.В. Устройство для определения смачиваемости текстильных материалов. Свидетельство на полезную модель №18775. Бюл. №19 от 10.07.2001 по заявке №2000126222 от 17.10.2000.
2. Саранчимэг Ш., Веселов В.В., Герасимова Н.А. Пути расширения ассортимента швейных изделий фирмы «GOBI» // Тез.докл. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности: – Иваново, 1999. С.92...95.
3. Саранчимэг Ш., Веселов В.В., Жарова Ю.С. // Технология текстильной промышленности. – 1999, №6. С.15...17.
4. Саранчимэг Ш., Веселов В.В. Ямааны ноолууран ширхэгтийн урэлдэх шинж чанарын харьцуулалт, унэлгээ. МУТИС, ЭШБ. №3/38, 2000.
5. Саранчимэг Ш., Веселов В.В. Ноолууран нэхмэл материалын наалтын технологийн шинж чанарыг сайжруулах боломж. МУТИС, ЭШБ. №1/47, 2001.
6. Саранчимэг Ш., Веселов В.В. Ноолууран нэхмэл материалын бурзийлтийг нам температурын плазмын арга хэрэглэн бууруулах нь. МУТИС, ЭШБ. №1, 2001.
7. Саранчимэг Ш., Сонор. Ноолууран оёмол хувцасны наалтан холбоосны бат бох чанарыг нам температурын плазмын боловсруулалтар сайжруулсан ундэслэл. МУТИС, ЭШБ. №3/38, 2001.
8. Саранчимэг Ш., Авдай Ч. Плазмын боловсруулалтын технологийн горимыг математик загварчлалын аргаар тодорхойлон оновчлох нь. МУТИС, ЭШБ. №/, 2001.
9. Саранчимэг Ш. Исследование и разработка технологии улучшения эксплуатационных свойств швейных изделий из козьего пуха путем применения низкотемпературной плазмы тлеющего разряда: Дис...канд. техн. наук. – Улан-Батор, 2001.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 05.12.05.

УДК[677.075:62]:620.174

## СИЛОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ПЕТЕЛЬ С ВИТКАМИ

*В.П. ЩЕРБАКОВ, В.А. ЗАВАРУЕВ, О.Н. ЛАКЕЕВА, О.С. КОТОВИЧ*

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

В [1] описаны структура и способ получения кулирного трикотажа, состоящего из петель, игольные дуги которых содержат дополнительный виток, образованный обкручиванием нитью иглы при прокладывании. Такой трикотаж обладает минимальной закручиваемостью и распускаемостью по сравнению с обычной кулирной гладью. Там же отмечено, что виток является составной частью игольной дуги основной петли. Его форма и размеры определяют параметры петельной структуры, а сам виток отклоняется в противоположную сторону остова петли.

Можно считать, что в условиях большой жесткости нитей возникает пространственная структура. Именно пространственное расположение арматуры слоистых и волокнистых композитов привлекает внимание специалистов в области композиционных материалов. Введение пространственного каркаса позволяет значительно улучшить характеристики композитов, увеличить сопротивление сдвигу и поперечному отрыву, повысить долговечность материала.

В предлагаемой статье дается математическое описание формы петли с витками методами геометрически нелинейной упругой нити, силовое взаимодействие петель между собой, вычисляются форма и размеры витка, определяется перемещение витка.

Расчеты проведены для петель, образованных из медной проволоки с довольно большой жесткостью. Именно здесь в явном виде проявляются особенности про-

странственного расположения основных петель и витков. Уравнения, формулы и результаты могут быть распространены на любые нити.

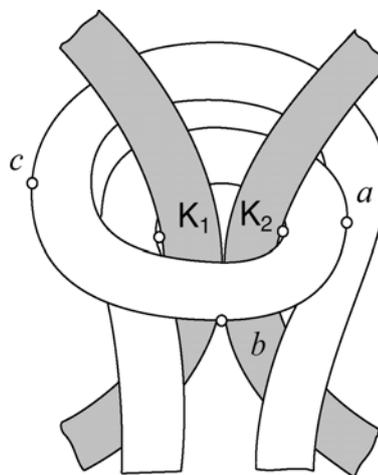


Рис. 1

На рис. 1 представлены петли с витками, которые взаимодействуют друг с другом в области контакта.

Детальное изучение структуры петель с витками и анализ петлеобразования позволяет считать, что петли взаимодействуют между собой в двух точках  $K_1$  и  $K_2$ . Стремление деформированной при вязании упругой нити восстановить естественную форму приводит к возникновению усилий, действующих в области контакта смежных петель. Результирующей распределенных здесь сил является сила  $P$ , которая так же, как и сила трения между нитями контактирующих петель, есть результат взаимодействия двух соприкасающихся петель.



Обозначим через  $F(\alpha)$  эллиптический интеграл первого рода:

$$F(\alpha) = \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha}}.$$

После интегрирования уравнения (2) получим

$$\omega \frac{s}{\ell} = F(\alpha) - F(\alpha_0). \quad (3)$$

Запишем форму упругой линии в координатах  $x'(s)$  и  $y'(s)$ :

$$\frac{x'}{\ell} = \frac{2}{\omega} [E(\alpha) - E(\alpha_0)] - \frac{s}{\ell}, \quad (4)$$

$$\frac{y'}{\ell} = \frac{2}{\omega} k (\cos \alpha_0 - \cos \alpha).$$

Здесь через  $E(\alpha)$  обозначен эллиптический интеграл второго рода:

$$E(\alpha) = \int_0^{\alpha} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha.$$

Перейдем к системе координат  $xu$ . Получим

$$\frac{x}{\ell} = \frac{x'}{\ell} \cos \delta + \frac{y'}{\ell} \sin \delta, \quad (5)$$

$$\frac{y}{\ell} = \frac{y'}{\ell} \cos \delta - \frac{x'}{\ell} \sin \delta.$$

Рассмотрим граничные условия для рассматриваемой упругой нити. В концевой точке 1 упругой линии отсутствует изгибающий момент, поэтому кривизна  $\frac{d\varphi}{ds}$  здесь равна нулю. С учетом предыдущего положения о нулевой кривизне в точке 1 будем иметь:

$$2k \cos \alpha_1 = 0. \quad (6)$$

Кроме того, в данной схеме изгиба  $\vartheta_0 = 0$  и  $\delta = 90^\circ$ . Примем во внимание, что  $\varphi = \vartheta + \delta$ . Так как  $\varphi = 2 \arcsin(k \sin \alpha)$ , то второе граничное условие дает

$$k \sin \alpha_0 = \sin 45^\circ. \quad (7)$$

Для определения третьего эллиптического параметра имеем

$$F(\alpha_1) - F(\alpha_0) = \sqrt{\frac{P \ell^2}{H}}. \quad (8)$$

Три уравнения (6)...(8) определяют три эллиптических параметра – модуль эллиптического интеграла  $k$ , его амплитуды  $\alpha_0$  и  $\alpha_1 = 90^\circ$ .

Если в нашей задаче  $\delta = 90^\circ$ , то имеем  $x = y'$  и  $y = -x'$ .

Переход к системе координат  $X, Y$  определится формулами

$$\frac{X}{\ell} = \frac{x}{\ell} \cos \gamma + \frac{y}{\ell} \sin \gamma, \quad (9)$$

$$\frac{Y}{\ell} = \frac{y}{\ell} \cos \gamma - \frac{x}{\ell} \sin \gamma.$$

Уточненный расчет формы и длины нити в петле должен предусматривать учет двойкой кривизны нити в петле, возникающей вследствие перехода нити с лицевой стороны на изнаночную и обратно. При этом основные уравнения и формулы плоской петли распространяются на пространственную нить.

Если высота петельного ряда реального трикотажа равна  $B$ , то для плоской петли этот параметр определится выражением  $\tilde{B} = \frac{B \psi}{\sin \psi}$ , где  $\psi$  – угол между касательной в точке контакта  $O$  и плоскостью полотна.

Координата концевой точки 1:  $X_1 = \frac{\tilde{B}}{2}$ . Вторая координата определяется из соотношения  $A = 2 \left( b - \frac{d}{\cos \gamma} \right)$ , где  $A$  – петельный шаг;  $b$  – ширина петли в точке контак-

та  $O$ ;  $d$  – диаметр нити.

С учетом  $b = D \cos \gamma$  получаем координату концевой точки 1:

$$Y_1 = \frac{d}{2 \cos \gamma}.$$

Диаметр игольной дуги  $D$  вычисляется из моментного коэффициента подобия

$$\beta_0 = \frac{M_0}{\sqrt{PH}}:$$

$$D = \frac{H}{k \cos \alpha_0 \sqrt{PH}}.$$

Таким образом, для вычисления пяти неизвестных  $P$ ,  $\ell$ ,  $k$ ,  $\alpha_0$ ,  $\gamma$  запишем пять уравнений:

$$k \sin \alpha_0 = 0,707,$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha}} - \int_0^{\alpha_0} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{P\ell^2}{H}},$$

$$\frac{\tilde{B}}{2\ell} = \frac{2}{\sqrt{\frac{P\ell^2}{H}}} k \cos \alpha_0 \cos \gamma + \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{\frac{P\ell^2}{H}}} \left( \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha - \int_0^{\alpha_0} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha \right) \right] \sin \gamma,$$

$$\frac{d}{2\ell \sin \gamma} = \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{\frac{P\ell^2}{H}}} \left( \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha - \int_0^{\alpha_0} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha \right) \right] \cos \gamma - \frac{2}{\sqrt{\frac{P\ell^2}{H}}} k \cos \alpha_0 \sin \gamma,$$

$$L = 4 \left[ \ell + \left( \frac{\pi}{2} - \gamma \right) \frac{H}{2k \cos \alpha_0 \sqrt{PH}} \right] + \frac{\pi H}{k \cos \alpha_0 \sqrt{PH}}.$$

Кулирный трикотаж с длиной нити в петле  $L = 30$  мм, петельным шагом  $A = 5$  мм и высотой петельного ряда  $B = 4$  мм выработан из медной проволоки диаметром  $d=0,8$  мм, состоящей из тридцати элементарных проволок диаметром 75 мкм.

Жесткость одной элементарной проволоки при модуле упругости  $E=1,1 \cdot 10^7 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}$  и

осевом моменте инерции

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 1,553 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^4$$

принимает значение  $H_1 = EI = 17,08 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$ . Проволока лишь слегка подкручена, поэтому ее жесткость равна сумме жесткостей составляющих 30 элементарных проволок –  $H_1 = 512,5 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$ .

Высота петельного ряда плоской петли  $\tilde{B}$ , если угол  $\psi = 29,7^\circ$  [2], составляет 4,2 мм.

Численное решение приведенной выше

системы уравнений дает:  $P = 143,061 \text{ сН}$ ;  $\ell = 2,171 \text{ мм}$ ;  $k = 0,879$ ;  $\alpha_0 = 0,934 \text{ рад}$ ;  $\gamma = 0,197 \text{ рад}$ .

Диаметр витка:

$$D = \frac{512,5}{0,879 \cdot \cos 0,934 \cdot \sqrt{143,061 \cdot 512,5}} = 3,621 \text{ мм}.$$

Экспериментально определенная величина диаметра витка  $D = 3,8$  мм.

Сравнение полученного нами значения диаметра с действительным показывает соответствие отображения изучаемого нового трикотажа с витками в математическом аппарате.

Теперь, когда известны сила контактного взаимодействия петель  $P$  и ее направление  $\gamma$ , решим задачу о пространственном деформировании дополнительного витка. Следует найти величину его перемещения относительно плоскости полотна, а более конкретно, найти перемещение точки  $b$  (рис. 1).

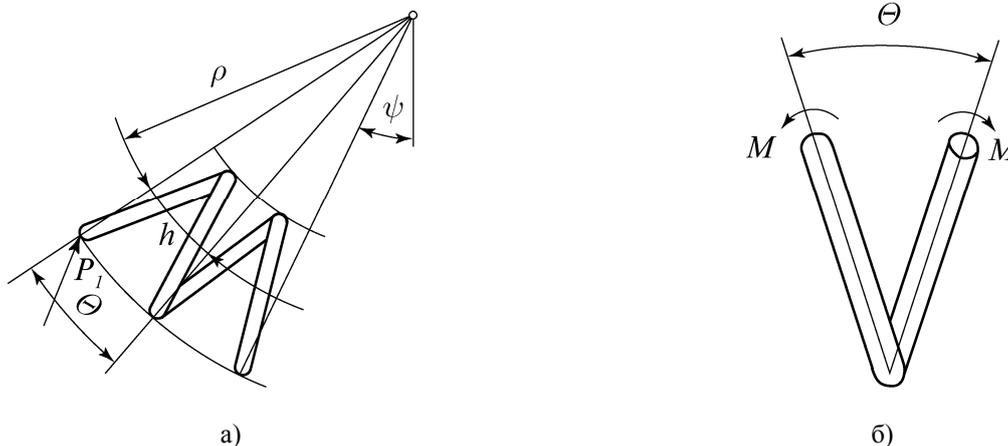


Рис. 4

Два витка, основной и дополнительный, образуют пружину с углом подъема витка  $\beta = \arctg \frac{h}{\pi D}$  ( $h$  – шаг пружины), которая нагружается поперечной силой  $P_1$ , обусловленной силой  $P$  (рис. 4).

Величина поперечной силы определится соотношением

$$P_1 = \frac{P \sin \gamma}{\cos(\beta + \psi)}.$$

Жесткость этой пружины на изгиб вычисляется в зависимости от взаимного поворота витков (рис. 4-а). Кроме изгибных перемещений виткам присущи перемещения сдвига в плоскости изгиба.

Если виток выделить сечениями, то в концевых сечениях витков возникают силы и моменты. Их величины определяются из условий равновесия [4]. Момент  $M$  создает взаимный поворот сечений на угол  $\theta$  (рис. 4-б).

Прогиб пружины, нагруженной поперечной силой, равен

$$f = f_{\text{и}} + f_{\text{сдв.}}$$

Изгибное перемещение

$$f_{\text{и}} = \frac{P_1 \ell^3}{3C_{\text{и}}}.$$

Здесь  $\ell$  – длина пружины;  $C_{\text{и}} = \frac{E_{\text{пр}} d^4 \ell}{32 \pi (2 + \mu)}$

( $E_{\text{пр}}$  – модуль упругости проволоки;  $n$  – число витков;  $\mu$  – коэффициент Пуассона).

Перемещение сдвига определяется формулой

$$f_{\text{сдв}} = \frac{P_1 \ell}{C_{\text{сдв}}}, \text{ в которой } C_{\text{сдв}} = \frac{E_{\text{пр}} d^4 \ell}{8D^3 n}.$$

Геометрические и упругие характеристики пружины найдены экспериментально. Проволока наматывалась на цилиндр диаметром 2 мм под натяжением, обеспечивающим прилегание витков друг к другу и к цилиндру, и это положение проволоки фиксировалось.

По истечении 20 мин, когда закончилась релаксация напряжений в проволоке, пружина разгружалась. Измерялись диаметр пружины и ее шаг. В нашем случае  $D_0 = 3,6$  мм и  $h = 1,8$  мм. Отсюда вычисляется длина пружины  $\ell = nh = 2 \cdot 1,8 = 3,6$  мм.

Испытания проволоки на растяжение проведены на машине FP-100/10. При разрывной нагрузке 32 Н, площади поперечного сечения тридцати элементарных проволок  $0,132 \text{ мм}^2$  и деформации  $\varepsilon = 0,15$  модуль упругости  $E_{\text{пр}} = 161613 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}$ .

Вследствие того, что проволока представляет собой совокупность отдельных элементарных проволок, коэффициент Пуассона можно принять равным  $\mu = 0,5$ .

Приведем численные значения силовых, жесткостных и геометрических характеристик петли с витком:  $P_1 = 35,9$  сН;

$\beta = 9,1^\circ$ ;  $C_{\text{н}} = 411,3 \text{ сН}\cdot\text{мм}^2$ ;  $C_{\text{сдв}} = 313,7 \text{ сН}\cdot\text{мм}^2$ ;  $f = 1,8 \text{ мм}$ . Величина перемещения  $f$  точки  $b$  относится к осевой линии дополнительного витка. Наклон витка к плоскости полотна составляет  $\arcsin \frac{1,8}{3,621} + 29,7 = 59^\circ$ .

## ВЫВОДЫ

На аналитическом уровне вычислено усилие контактного взаимодействия петель, величина которого довольно значительна и обусловлена формой нити и ее упругими свойствами. Получены значения смещения и угла наклона дополнительного витка, необходимые для моделирования и проектирования гибких и жестких композитов. Изложенная методика расчета

вследствие аналитического подхода к решению поставленных задач может быть распространена на любые нити и большую часть кулирного трикотажа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Заваруев В.А., Викторов В.Н., Лакеева О.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №2. С. 66...68.
2. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001.
3. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука, 1986.
4. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М.: Наука. 1996.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 05.04.06.

УДК 677.024

## ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАЦКИХ МАШИН ТИПА СТБ И СТБУ НА ИХ ТЕОРЕТИЧЕСКУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

*О.С. КОВАЛЕВА, Е.Н. ХОЗИНА, В.А. МАКАРОВ*

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

В настоящей работе представлен алгоритм нахождения максимально возможной теоретической производительности ткацких машин (ТМ) типа СТБ и СТБУ, имеющих различные заправочные ширины и цикловые диаграммы (ЦД) (в частности, различные значения цикловых углов полета нитепрокладчика в зеве  $\phi_{\text{ПП}}^0$ ), с учетом оптимальных условий работы тормозной системы прокладчика утка (ТС).

Под оптимальными условиями работы ТС нитепрокладчика будем понимать постоянство скорости влета нитепрокладчика в приемную коробку ( $v_k$ ) на ТМ всех типоразмеров. Такое постоянство облегчит наладку ТС прокладчика утка на ТМ различных заправочных ширин и обеспечит ее настройку на оптимально возможную, с точки зрения надежности работы ТС, ско-

рость влета нитепрокладчика в приемную коробку.

Опыт эксплуатации ТМ типа СТБ и СТБУ выявил, что скорость  $v_k$  влета нитепрокладчика в приемную коробку должна составлять 17 м/с [1]. В данном расчете используется среднее значение  $v_k$ . Действительный диапазон изменения  $v_k$  составляет (15÷20) м/с.

В качестве других исходных данных будем использовать основные эксплуатационные, конструктивные и технологические характеристики ТМ. Под технологической характеристикой ТМ будем понимать линейную плотность  $T$  перерабатываемой уточной нити, под конструктивными характеристиками ТМ – заправочную ширину ТМ  $L_{\text{запр}}$ ; диаметр  $d_{\text{ТВ}}$  торсион-

ного вала и начальный угол  $\Phi_{ТВ}$  закручивания торсиона, а под эксплуатационной характеристикой – время  $t_{ЭКСП}$  нахождения ТМ в эксплуатации.

Алгоритм расчета следующий.

1. Определим необходимый диапазон изменения начальной скорости  $v_H$  нитепрокладчика для ТМ, имеющих различные значения  $L_{запр}$ :

$$\begin{aligned} v_H^{\min} &= v_K + \Delta v_{\min} \{T, t_{ЭКСП}\} L_{запр}; \\ v_H^{\max} &= v_K + \Delta v_{\max} \{T, t_{ЭКСП}\} L_{запр}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\Delta v_{\min} \{T, t_{ЭКСП}\}$  и  $\Delta v_{\max} \{T, t_{ЭКСП}\}$  – соответственно минимальное и максимальное значения падения скорости полета нитепрокладчика, являющегося функцией линейной плотности точной нити  $T$  и времени  $t_{ЭКСП}$  нахождения ТМ в эксплуатации.

В качестве минимального значения взята величина падения скорости полета нитепрокладчика без нити на ТМ, находящейся в эксплуатации 1...3 года:  $\Delta v_{\min} = 0,286 \text{ с}^{-1}$  [2].

В качестве максимального значения взята величина падения скорости полета нитепрокладчика с нитью 200 текс на ТМ, находящейся в эксплуатации более 5 лет:  $\Delta v_{\max} = 3,19 \text{ с}^{-1}$  [2].

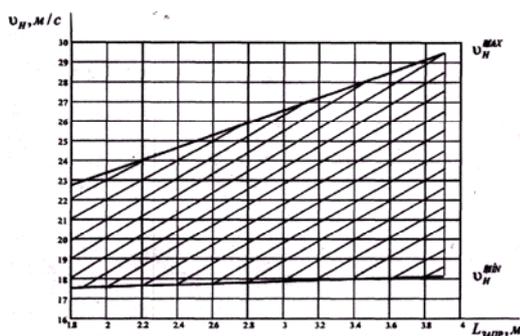


Рис. 1

На рис.1 в виде заштрихованной области показан диапазон изменения начальной скорости  $v_H$  нитепрокладчика на ТМ раз-

личных ширин  $L_{запр}$ .

2. Найдем диапазон изменения начальной скорости  $v_H$  нитепрокладчика исходя из основных конструктивных параметров торсионного боевого механизма по формуле:

$$v_H = \ell_{п} \sqrt{\frac{G \pi d_{ТВ}^4 (\Phi_{ТВ}^2 - \Phi_{ОСТ}^2)}{32 \ell J_{пр}}}, \quad [\text{м/с}], \quad (2)$$

где  $\ell_{п}$  – длина погонялки торсионного боевого механизма,  $\ell_{п} = 0,185$  [м];  $G = 78,5 \cdot 10^9$  [Н/м<sup>2</sup>] – модуль упругости 2-го рода материала торсиона;  $\Phi_{ТВ}$  – начальный угол закручивания торсионного вала, рад;  $\Phi_{ОСТ}$  – угол отрыва нитепрокладчика от погонялки;  $\Phi_{ОСТ} = 0,24435$  [рад] = 14°;  $\ell$  – длина скручиваемой части торсионного вала;  $\ell = 0,735$  [м];  $J_{пр}$  – приведенный к оси торсионного вала момент инерции масс подвижных звеньев боевого механизма;  $J_{пр} = 6,8 \cdot 10^{-3}$  [кг·м<sup>2</sup>].

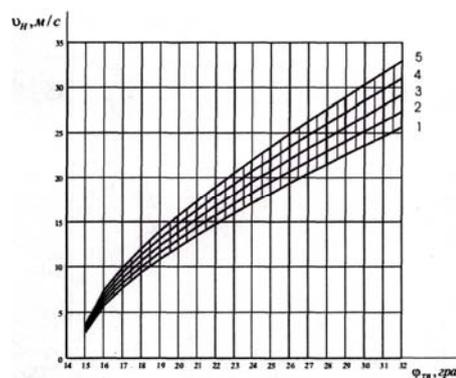


Рис. 2

Результаты расчетов диапазона изменения начальной скорости нитепрокладчика в зависимости от диаметра  $d_{ТВ}$  и угла закручивания торсиона представлены графически (рис. 2), где по оси абсцисс расположены значения начального угла закручивания торсиона  $\Phi_{ТВ}$  (в градусах), а по оси ординат – величины начальной скорости нитепрокладчика  $v_H$  (в м/с).

Кривые 1...5 построены при различных значениях  $d_{ТВ}$ , то есть при  $d_{ТВ} = 15; 15,5; 16; 16,5; 17$  мм соответственно.

3. Сравним величины диапазонов изменения  $v_H$ , данные на рис. 1 и 2. Разрешен-

ные диапазоны изменения  $v_H$  для различных значений  $L_{запр}$  и принятого значения  $v_K$  представлены в табл. 1 (столбец 2).

Таблица 1

$L_{запр}, м$	$v_H, м/с$	$v_K, м/с$	$v_{ср}, м/с$
1	2	3	4
1,8	17,8962...22,5675	17	17,4481...19,7838
2,2	17,8962...23,6074	17	17,4481...20,3037
2,5	17,8962...24,8734	17	17,4481...20,9367
2,8	17,8962...25,6768	17	17,4481...21,3384
3,3	18,1822...27,3948	17	17,5911...22,1974
3,6	18,1822...28,0307	17	17,5911...22,5154
3,9	18,1822...29,1907	17	17,5911...23,0954

4. Найдем области изменения средней скорости  $v_{ср}$  полета нитепрокладчика в зеве по формуле:

$$v_{ср} = 0,5(v_H + v_K), [м/с], \quad (3)$$

где величины диапазонов изменения  $v_H$  определены в пункте 3 (табл. 1, столбец 2), а  $v_K$  – заданная постоянная величина (табл. 1, столбец 3). Результаты расчета

занесены в табл. 1 (столбец 4).

5. Вычислим диапазоны изменения времени полета нитепрокладчика в зеве ТМ  $t_{пол}$  для всех значений  $L_{запр}$  по формуле:

$$t_{пол} = L_{запр} / v_{ср}, [с], \quad (4)$$

Полученные результаты представлены в табл. 2 (столбец 2).

Таблица 2

$L_{запр}, м$	$t_{пол}, с$	$n_{ГВС}, об/мин$
1	2	3
1,8	0,0909835...0,1031631	(1,6155...1,8315) $\phi_{пп}^0$
2,2	0,1083546...0,1260882	(1,3210...1,5385) $\phi_{пп}^0$
2,5	0,1194076...0,1432821	(1,1628...1,3966) $\phi_{пп}^0$
2,8	0,1312188...0,1604759	(1,0384...1,2706) $\phi_{пп}^0$
3,3	0,1486661...0,1875949	(0,8881...1,1211) $\phi_{пп}^0$
3,6	0,1598906...0,2046489	(0,8143...1,0428) $\phi_{пп}^0$
3,9	0,1688648...0,2217030	(0,7519...0,9872) $\phi_{пп}^0$

6. Определим формулу, связывающую частоту вращения  $n_{ГВС}$  главного вала ТМ, время  $t_{пол}$  полета нитепрокладчика в зеве и значение циклового угла  $\phi_{пп}^0$  полета нитепрокладчика:

$$n_{ГВС} = \phi_{пп}^0 / 6t_{пол}, [об/мин]. \quad (5)$$

Подставив полученные в пункте 5 величины разрешенных диапазонов  $t_{пол}$ ,

получим соответствующую зависимость  $n_{гвс}(\phi_{пп}^0)$ , представленную в табл.2.

7. Сравним значения  $n_{гвс}$  для всех  $L_{запр}$ , учитывая различные значения цикловых углов полета нитепрокладчика  $\phi_{пп}^0$

на ТМ типа СТБ и СТБУ.

Величины цикловых углов полета нитепрокладчика  $\phi_{пп}^0$  для ТМ типа СТБ и СТБУ представлены в табл. 3 [3], [4].

Таблица 3

Тип ТМ	$\phi_{пп}^0$ , град
СТБ	145 ( $L_{запр}=1,8; 2,2$ м); 185 ( $L_{запр}=2,5; 2,8; 3,3; 3,6; 3,9$ м)
СТБУ	165

Результаты сравнительного анализа  $n_{гвс}(\phi_{пп}^0)$  для ТМ типа СТБ и СТБУ раз-

личных заправочных ширин занесены в табл. 4.

Таблица 4

$L_{запр}$ , м	$n_{гвс}$ , об/мин	
	ТМ типа СТБ	ТМ типа СТБУ
1	2	3
1,8	234,2...265,6	266,5...302,2
2,2	191,5...223,1	218,0...253,8
2,5	215,1...258,4	191,9...230,4
2,8	192,1...235,1	171,3...209,7
3,3	164,3...207,4	146,5...185,0
3,6	150,7...192,9	134,4...172,1
3,9	139,1...182,6	124,1...162,9

8. По полученным значениям  $n_{гвс}$  определим области изменения возможной теоретической производительности  $\Pi_{муч}^T$  ТМ типа СТБ и СТБУ по формуле:

$$\Pi_{муч}^T = 60L_{запр}n_{гвс}, [м ут./ч]. \quad (6)$$

Полученные значения  $\Pi_{муч}^T$  запишем в табл. 5.

Таблица 5

$L_{запр}$ , м	$\Pi_{муч}^T$ , м ут./ч	
	ТМ типа СТБ	ТМ типа СТБУ
1	2	3
1,8	25294...28685	28782...32638
2,2	25278...29449	28776...33502
2,5	32265...38760	28785...34560
2,8	32273...39497	28778...35230
3,3	32531...41065	29007...36630
3,6	32551...41667	29030...37174
3,9	32549...42728	29039...38119

Анализ приведенных в табл. 5 результатов позволяет рекомендовать оптимальные значения  $\phi_{пп}^0$ , обеспечивающие плавный рост производительности ТМ в зави-

симости от  $L_{запр}$  и улучшающие условия работы ТМ.

Рекомендуемые оптимальные значения

$\phi_{\text{пп}}^{\circ}$  и соответствующая им производительность  $\Pi_{\text{муч}}^{\text{T}}$  ТМ различных заправоч-

ных ширин  $L_{\text{запр}}$  представлены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

$L_{\text{запр}}, \text{ м}$	$\phi_{\text{пп}}^{\circ}, \text{ град}$	$\Pi_{\text{муч}}^{\text{T}}, \text{ м ут./ч}$
1,8	145	25294...28685
2,2	165	28776...33502
2,5	165	28785...34560
2,8	165	28778...35230
3,3	185	32531...41065
3,6	185	32551...41667
3,9	185	32549...42728

## ВЫВОДЫ

1. Из табл. 5 (столбец 2) видно, что производительность  $\Pi_{\text{муч}}^{\text{T}}$  ТМ типа СТБ имеет двухуровневый характер. Разница между производительностью так называемых узких ( $L_{\text{запр}} = 1,8...2,2 \text{ м}$ ) и широких ( $L_{\text{запр}} = 2,5...3,9 \text{ м}$ ) ТМ достаточно велика и составляет в среднем 37 %. Для ТМ типа СТБУ (табл.5, столбец 3) с увеличением  $L_{\text{запр}}$  производительность  $\Pi_{\text{муч}}^{\text{T}}$  изменяется сравнительно мало (8,9 %).

2. Применение единой ЦД (то есть постоянство  $\phi_{\text{пп}}^{\circ}$  для всего диапазона  $L_{\text{запр}}$ ) на ТМ типа СТБУ влечет за собой улуч-

шение условий работы для узких ТМ, но ухудшает условия работы механизмов широких ТМ.

3. Для обеспечения плавного роста производительности  $\Pi_{\text{муч}}^{\text{T}}$  с увеличением  $L_{\text{запр}}$  следует использовать рекомендуемые в данной работе значения  $\phi_{\text{пп}}^{\circ}$ , представленные в табл. 6.

4. С целью создания одинаково оптимальных условий работы ТМ всех  $L_{\text{запр}}$  предлагается разбить существующий парк ТМ на 3 группы в соответствии с заправочной шириной  $L_{\text{запр}}$  (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

№ п/п	$L_{\text{запр}}, \text{ м}$	$\phi_{\text{пп}}^{\circ}, \text{ град}$
I	1,8	145
II	2,2; 2,5; 2,8	165
III	3,3; 3,6; 3,9	185

5. Для каждой группы ТМ рекомендуется применять определенную (из существующих в настоящее время) ЦД, что позволит создать оптимальные условия работы ТМ различных заправочных ширин.

6. Для оптимизации значений теоретической производительности ТМ с заправочной шириной  $L_{\text{запр}} = 2,8; 3,9$  и более рекомендуется разработать собственные ЦД для каждой из них.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ормирод А. Современное приготовительное и ткацкое оборудование: Пер. с англ./Под ред. О니кова Э. А. и Неелова В. И. – М.: Легпромбыт-издат, 1987.

2. Авдеева Г.Н., Карпова Ю.Б., Макачев А.Н. Исследование факторов, определяющих скоростные параметры и надежность боевого механизма станков СТБ // Сб. научн. тр. ВНИИЛТЕКМАШа. – М.: Минлегпищесмаш, 1984. С. 98...105.

3. Станки ткацкие бесчелночные СТБ с малогабаритными прокладчиками утка. Руководство по

УДК 677.054.756.001.5

## АНАЛИЗ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЗОНЕ КОНТАКТА ОСНОВНОЙ НИТИ С ГЛАЗКОМ ГАЛЕВА РЕМИЗЫ

Л.А. СЕКОВАНОВА

(Костромской государственной технологической академии)

В процессе ткачества нити основы перемещаются через глазки галев ремиз за счет разности относительных деформаций передней и задней ветвей зева, а также вследствие подачи основы в рабочую зону и отвода ткани из нее. В результате фрикционного контакта происходит снижение прочности основных нитей, которое выражается в повышенной обрывности в зоне ремизы – опушка ткани.

Для оценки интенсивности воздействия галев на основные нити разработана математическая модель процесса взаимодействия нити с галевом за период образования одного элемента ткани. За критерий разрушающих воздействий принята величина, зависящая от максимального напряжения смятия нити при ее взаимодействии с глазком галева. Максимальное напряжение смятия обуславливается величиной нормального давления в центре эллиптической площадки контакта [1].

Изменение нормального давления и натяжения нерастяжимой нити при ее движении по неподвижной цилиндрической поверхности рассматривалось многими авторами, в том числе в работах [2], [3]. В

процессе тканеобразования нить взаимодействует с поверхностью глазка галева, движущегося поступательно вверх и вниз. Скорость перемещения нити по поверхности глазка зависит от скорости перемещения ремиз, скорости перемещения берда (фаза приобоя) и от деформации растяжения нити.

Для вычисления силовых характеристик в зоне контакта примем следующие допущения и ограничения.

1. Ввиду малости длины участка контакта по сравнению с длиной деформируемой нити будем считать скорости входа и выхода нити в зоне контакта одинаковыми.

2. Представим режим взаимодействия нити с глазком галева в процессе вращения главного вала как квазистатический. В этом случае можно принять силы инерции такими, что внутренние усилия, возникающие в нити, успевают "следить" за внешними силами и в любой момент времени имеет место равновесие. Время является параметром состояния и зависит от угла поворота главного вала  $\varphi$ .

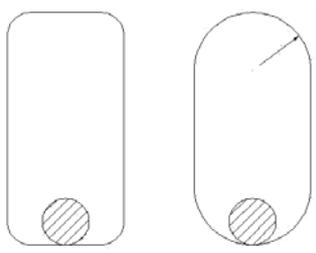


Рис. 1

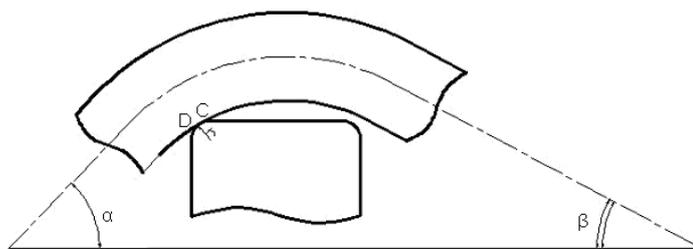


Рис. 2

Глазок пластинчатого галева имеет форму прямоугольника со скругленными углами или состоит из двух полуокружностей, соединенных отрезками прямых (рис. 1).

Если ось нити перпендикулярна плоскости глазка, то контакт нити происходит по дуге окружности CD цилиндрической кромки глазка (рис. 2).

Пусть  $\alpha_1 = \alpha_1(\varphi)$  – угол, образованный передней ветвью зева с линией заступа в момент поворота главного вала на угол  $\varphi$ . Положение точки D зависит от угла  $\alpha_1$  (рис. 2).

Рассмотрим участок контакта CD плоской, однородной, упругой на изгиб нити при движении галева из положения заступа вверх, полагая, что глазок галева не отклоняется от своего вертикального положения. Выделим двумя сечениями, проходящими через центр  $O_1$  перпендикулярного сечения цилиндрической поверхности, элемент нити  $ds$ , соответствующий элементарному углу охвата  $d\alpha$  (рис.3).

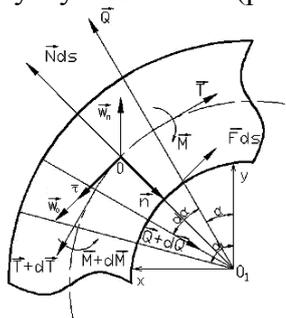


Рис. 3

$$\vec{w}_n = -w_n \cos\left(\alpha + \frac{d\alpha}{2}\right) \vec{n} - w_n \sin\left(\alpha + \frac{d\alpha}{2}\right) \vec{\tau}, \quad \vec{w}_o = w_o \vec{\tau},$$

где  $w_n$  – ускорение движения ремиз;

$w_o = \frac{d^2S}{dt^2}$  – ускорение перемещения нити

относительно глазка;  $S(t)$  – функция пути трения, не зависящая от угловой координаты  $\alpha$ .

Освободим элемент нити  $ds$  от связей, заменив их воздействия силами реакции, и рассмотрим условия динамического равновесия элемента нити в некоторый момент времени, соответствующий углу поворота главного вала  $\varphi$ .

Введем две плоские системы координат. Система координат  $xO_1y$  жестко связана с галевом; ось  $O_1y$  совпадает с направлением вертикального перемещения ремизы. Подвижная (естественная) система координат  $\tau On$  с осями  $\vec{\tau}$  и  $\vec{n}$ , с центром в точке  $O$  – центре масс выделенного элемента нити. Ось  $O\tau$  направлена по касательной к оси нити;  $On$  – перпендикулярно этой оси.

Элемент нити  $ds$ , находящийся на поверхности глазка, вместе с галевом движется поступательно (переносное движение) и скользит по ней относительно точки  $O_1$  (относительное движение).

Вектор полного ускорения движения элемента нити  $ds$  равен:

$$\vec{w} = \vec{w}_n + \vec{w}_o,$$

где  $\vec{w}_n$  – вектор ускорения в переносном движении, равный вектору ускорения движения ремиз,  $\vec{w}_o$  – вектор ускорения в относительном движении.

Разложим ускорения в переносном и относительном движении на нормальную и касательную составляющие:

На элемент нити действуют сосредоточенные силы:  $\vec{T}$  – натяжение оси нити;  $\vec{Q}$  – перерезывающая сила;  $\vec{M}$  – изгибающий момент и распределенные массовые силы:  $\mu \vec{N} ds$  – сила нормального давления поверхности цилиндра на нить;  $\mu \vec{F} ds$  – сила трения;  $\vec{\mu w}_n ds$  и  $\vec{\mu w}_o ds$  – даламберовы силы инерции, направленные противоположно векторам соответствующих ускорений;  $\mu$  – масса единицы длины нити;  $ds = (r + r_H) d\alpha$ .

Запишем скалярные уравнения динамического равновесия в проекциях на ка-

$$(T + dT) \cos \frac{d\alpha}{2} - T \cos \frac{d\alpha}{2} - dF + w_n \sin(\alpha + \frac{d\alpha}{2}) \mu ds - w_o \mu ds - Q \sin \frac{d\alpha}{2} - (Q + dQ) \sin \frac{d\alpha}{2} = 0, \quad (1)$$

$$T \sin \frac{d\alpha}{2} + (T + dT) \sin \frac{d\alpha}{2} - \mu N ds + w_n \cos(\alpha + \frac{d\alpha}{2}) \mu ds + (Q + dQ) \cos \frac{d\alpha}{2} - Q \cos \frac{d\alpha}{2} = 0. \quad (2)$$

Третье уравнение динамического равновесия запишем из условия равенства нулю суммы моментов всех сил относительно точки  $O_1$ . Примем допущение, что при изгибе нити по дуге окружности  $dM = 0$ .

$$(r + r_H)T + rdF - (r + r_H)(T + dT) - (r + r_H)I_o^\tau - (r + r_H)I_n^\tau = 0, \quad (3)$$

где  $r_H$  – радиус нити;  $r$  – радиус цилиндрической поверхности;  $I_o^\tau, I_n^\tau$  – проекции сил инерции на ось  $O\tau$ .

Учитывая, что силы трения и нормального давления связаны законом Амонтона  $\vec{F} = f\vec{N}$ , где  $f$  – коэффициент трения скольжения, малость угла  $d\alpha$ , и пренебрегая величинами второго порядка малости, получим систему трех дифференциальных уравнений относительно трех неизвестных функций  $T(\alpha), Q(\alpha), N(\alpha)$ :

$$\begin{cases} dT - f\mu(r + r_H)N d\alpha + a \sin d\alpha - b d\alpha - Q d\alpha = 0, \\ T d\alpha - \mu(r + r_H)N d\alpha + a \cos \alpha d\alpha + dQ = 0, \\ dT - \mu r f N d\alpha + a \sin \alpha d\alpha - b \cos \alpha d\alpha = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Для упрощения записи в уравнениях системы (4) приняты обозначения:

$$a = \mu(r + r_H)w_n, \quad b = \mu(r + r_H)w_o.$$

Поскольку при выбранных допущениях скорость и ускорение в любом сечении не зависят от дуговой координаты, то система уравнений представлена в обыкновенных производных по аргументу  $\alpha$ .

Если во втором уравнении системы (4)

$$T(\alpha) = C_1 \exp(\lambda_1 \alpha) + C_2 \exp(\lambda_2 \alpha) + A_1 \sin \alpha + B_1 \cos \alpha, \quad (6)$$

сательную и нормальную оси:

Зная, что векторное произведение коллинеарных векторов равно нулю, и учитывая направления векторов-моментов, получим:

нормальную силу инерции  $dI^n = -a \cos \alpha d\alpha$  выразить через скорость перемещения нити  $dI^n = \mu V^2 d\alpha$ , то это уравнение совпадет с уравнением [(2),3].

После преобразований система уравнений сводится к линейному дифференциальному уравнению второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$T''(\alpha) + pT'(\alpha) + qT = A \sin \alpha + B \cos \alpha, \quad (5)$$

$$\text{где} \quad p = \frac{r + r_H}{r_H}, \quad q = -\frac{r}{r_H}, \\ A = \frac{-(r_H + r)(a + bf)}{r_H f}, \quad B = \frac{b(r + r_H)}{r_H f}.$$

За начальные условия примем натяжение в задней ветви зева и скорость его изменения в фиксированный момент времени, соответствующий углу поворота главного вала  $\varphi$ , то есть

$$T(\alpha = 0) = T_2(\varphi), \quad T'(\alpha = 0) = T_2'(\varphi).$$

Решение дифференциального уравнения (5) имеет вид:

где

$$\lambda_1 = -\frac{r_H + r}{2fr_H} + \sqrt{\frac{(r + r_H)^2}{(2r_H f)^2} + \frac{r}{r_H}};$$

$$\lambda_2 = -\frac{r_H + r}{2fr_H} - \sqrt{\frac{(r + r_H)^2}{(2r_H f)^2} + \frac{r}{r_H}};$$

$$A_1 = \frac{af}{f^2 + 1} + b; \quad B_1 = \frac{a}{f^2 + 1};$$

$$C_1 = \frac{(B_1 - T_2)\lambda_2 - A_1 + T_2'}{\lambda_1 - \lambda_2};$$

$$C_2 = \frac{(B_1 - T_2)\lambda_1 - A_1 + T_2'}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

Подставляя  $T'(\alpha)$  в третье уравнение системы (4), найдем

$$N(\alpha) = \frac{1}{rf\mu} ((a - B_1)\sin \alpha + (A_1 - b)\cos \alpha + C_1\lambda_1 \exp(\lambda_1\alpha) + C_2\lambda_2 \exp(\lambda_2\alpha)). \quad (7)$$

Из первого уравнения системы (4) получим

$$Q(\alpha) = \frac{r_H}{r} ((-a + B_1)\sin \alpha + (b - A_1)\cos \alpha - C_1\lambda_1 \exp(\lambda_1\alpha) - C_2\lambda_2 \exp(\lambda_2\alpha)). \quad (8)$$

Из (7) и (8) следует, что перерезывающая сила  $Q(\alpha) = -\mu r_H f N(\alpha)$ .

Графики функций  $T(\alpha)$  и  $N(\alpha)$ , построенные для различных значений угла поворота главного вала  $\varphi$ , показали, что с возрастанием угла  $\alpha$  от 0 до  $\alpha_1(\varphi)$  натяжение нити  $T(\alpha)$  также возрастает. Сила нормального давления  $N(\alpha)$  принимает наибольшее значение при  $\alpha = 0$  и убывает с возрастанием угла  $\alpha$  от 0 до  $\alpha_1(\varphi)$ .

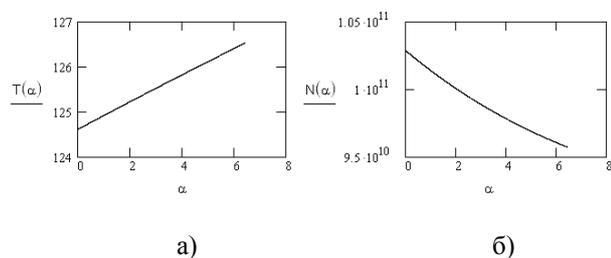


Рис. 4

На рис. 4 представлен пример графиков  $T(\alpha)$  (сН) и  $N(\alpha)$  (сН) в момент поворота главного вала на угол  $\varphi = 70^\circ$ , что соответствует крайнему переднему положению берда.

Полученные решения (6)...(8) задачи Коши для системы дифференциальных уравнений (4) не учитывают сдвиговую деформацию нити в приконтактных зонах. Сдвиговые перемещения и скачкообразное изменение кривизны нити на границах участка контакта рассмотрены в [2], где установлено увеличение нормального дав-

ления цилиндра на нить в крайних точках.

Для вычисления напряжения смятия в центре площадки контакта используем значение нормальной силы  $N(\alpha)$ , вычисленное по формуле (7).

## ВЫВОДЫ

1. Получены аналитические выражения для определения натяжения, нормального давления и перерезывающей силы внутри участка фрикционного контакта нити с поверхностью глазка галева в произвольный момент образования элемента ткани.

2. Числовые значения нормального давления в центре площадки контакта нити с глазком галева позволяют определить максимальное напряжение смятия нити, что необходимо для сравнительного анализа интенсивности разрушающих воздействий галева на основную нить в зависимости от конструктивных параметров галев, технологических параметров ткачества и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Секованова Л.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №3.
2. Каган В.М., Щербаков В.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №2, №4.
3. Лапшин А.Б. // Изв. вузов. Машиностроение. – 2004, №9.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 29.11.05.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАВИСИМОСТИ ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ

Л. УДВАЛ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для получения математической модели необходимо использовать методику планирования эксперимента, которая позволяет, по сравнению с традиционными методами, значительно сократить затраты времени, выявить влияние факторов на параметры оптимизации и эффекты от их взаимодействия.

Цель исследований – определение оптимальных величин факторов, обеспечивающих минимальные энергозатраты на привод валковой машины при реализации технологического процесса.

В качестве модели объекта принимаем так называемый черный ящик с входными параметрами  $X_1, X_2, \dots, X_n$  и выходным параметром – критерий оптимизации (мощность на привод модуля  $N_B$ ).

Каждому состоянию черного ящика соответствует определенное сочетание факторов всех уровней. Для выбора факторов и введения ограничений на их количество проведены экспериментальные исследования приводов валковых машин в производственных и лабораторных условиях.

В результате отобраны следующие технологические и конструктивные факторы, влияющие на параметры оптимизации в большей степени:

$(X_1) q$  – интенсивность нагрузки в жале валов, кН/м;

$(X_2) v$  – скорость обработки материала, м/мин;

$(X_3) HS$  – твердость покрытия вала, ед. по Шору А;

$(X_4) \delta_n$  – толщина покрытия вала, мм;

$(X_5) D_B$  – диаметр приводного вала, мм.

При проведении исследований в опытах изменялись пять из названных выше факторов, а шестой –  $\Delta q$  (неравномерность распределения интенсивности нагрузки) поддерживался на постоянном уровне.

В результате необходимо было получить математическую модель, связывающую указанные факторы:

$$N_B = f(q, v, HS, \delta_n, D_B). \quad (1)$$

Математическую модель предполагалось получить в виде уравнения первого порядка:

$$\hat{y} = b + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} X_j X_i, \quad (2)$$

где  $y$  – расчетное значение параметра оптимизации.

Для получения линейной модели использовали дробный факторный эксперимент типа  $2^{k-1}$  с общим числом опытов  $M$ :

$$M = 2^{\hat{e}-\delta}. \quad (3)$$

Здесь  $k$  – число факторов;  $p$  – количество генерирующих соотношений;  $2$  – число уровней.

Уровни и интервалы варьирования факторов определены с помощью экспериментов и приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
	-1	0	1	
$X_1$	30	50	70	20
$X_2$	30	60	90	30
$X_3$	65	80	95	15
$X_4$	20	35	50	15
$X_5$	210	330	150	120

Далее нами была создана расширенная и рабочая матрицы планирования эксперимента.

По методике А.Г. Севостьянова [1] проведена обработка экспериментальных

$$N_B = 2,466 + 0,847x_1 + 1,096x_2 - 0,526x_3 + 0,170x_4 - 0,429x_5 + \\ + 0,287x_{12} - 0,056x_{14} - 0,204x_{23} + 0,08x_{24} - 0,131x_{25} + 0,086x_{35}.$$

Проверку значимости коэффициентов регрессии проводили методом построения доверительного интервала (по критерию Стьюдента). Адекватность полученной модели оценивалась с помощью критерия Фишера.

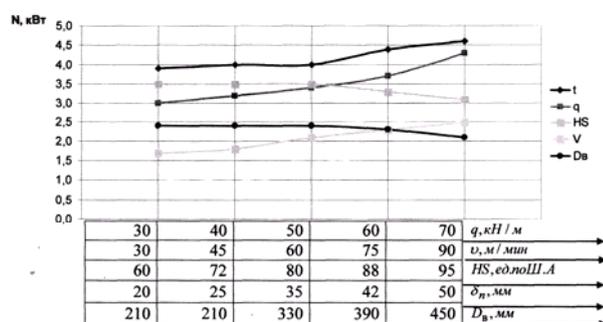


Рис. 1

На основании полученных экспериментальных данных [2] построены зависимости потребной валковой машинной мощности от вышеперечисленных факторов (рис. 1), имеющие нелинейный характер и позволяющие при проектировании разработать направления получения параметров валковых модулей с минимальными затратами энергоресурсов на привод машин.

данных и получена следующая математическая модель в кодированных значениях факторов со значимыми коэффициентами:

## ВЫВОДЫ

1. Получена многофакторная регрессионная модель зависимости мощности на привод валковых модулей машин от конструктивных и технологических факторов.

2. Установлено, что затраты мощности на привод возрастают с повышением интенсивности нагрузки в жале модуля, скорости машины, толщины покрытий и снижаются при увеличении твердости покрытия валов и их диаметров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
2. Фомин Ю.Г., Удвал Л. Определение энергозатрат на привод модуля // Сб. научн. тр. – Улан-Батор, Монгольский технический университет. – 1996, №1/23. С.86...87.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 03.02.06.

УДК 677.05:62-83

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОАНАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАМОТКИ ТКАНИ**

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, М.А. СОЛОМАНИЧЕВ*

(Ивановский государственный энергетический университет)

Анализ результатов моделирования [1] показал, что использование в цифроаналоговой системе управления (ЦАСУ) цифровых регуляторов тока и частоты вращения приводных двигателей с фиксированными параметрами не решает задачи повышения качества формируемых в процессе намотки рулонов ткани за счет стабилизации скорости ее движения и натяжения. В связи с этим здесь решается задача построения математической модели ЦАСУ с циф-

ровым регулятором линейной скорости ткани в процессе намотки, параметры которого учитывают переменную величину радиуса рулона.

В рассматриваемой модели широтно-импульсный преобразователь (ШИП), как элемент управления, представлен импульсным звеном. Период квантования входного сигнала цифровых регуляторов соизмерим с постоянной времени ШИП.

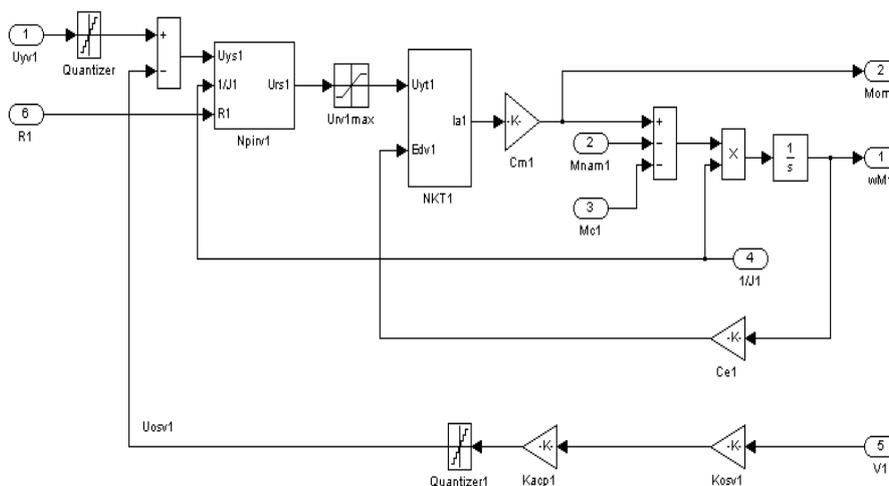


Рис. 1

Модель цифроаналогового контура скорости ведущего двигателя, построенная по принципу подчиненного регулирования и содержащая макроблок ПИ-регулятора линейной скорости намотки, представлена на рис. 1, где  $U_{yv1}$  – напряжение управления на входе цифрового регулятора линейной скорости намотки, В; R1 – текущее значение радиуса намотки на ведущем ба-

рабине, м; Quantizer, Quantizer1 – аналого-цифровые преобразователи (АЦП) в цепях управления на входе цифрового регулятора и сигнала обратной связи по скорости намотки  $U_{osv1}$ ;  $N_{piv1}$  – макроблок цифрового ПИ-регулятора линейной скорости намотки;  $U_{rv1max}$  – максимальное значение напряжения на выходе регулятора, В; NKT1 – макроблок цифроаналогового оп-

тимизированного замкнутого контура тока, модель которого представлена на рис. 2;  $c_{e1}$ ,  $c_{m1}$  – конструктивные коэффициенты ведущего двигателя соответственно, В·с/рад и Н·м/А;  $J1$  – суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции электропривода (ЭП), кг·м<sup>2</sup>;  $M_{nam1}$ ,  $M_{c1}$  – соответственно активный статический момент сопротивления на валу ведущего двигателя, обусловленный действием силовых перекрестных связей по натяжению, и реактивный момент, учитывающий трение в

механических узлах двигателя и редуктора, а также ткани о направляющие ролики, Н·м;  $K_{acp1}$ ,  $K_{osv1}$  – коэффициенты усиления АЦП сигнала обратной связи (1/В) и датчика скорости намотки ткани, В·с/м;  $U_{yt1}$  – напряжение задания цифроаналогового контура тока;  $E_{dv1}$ ,  $I_{a1}$  – ЭДС, В, и ток якоря ведущего двигателя, А;  $Mom1$ ,  $w1$ ,  $V1$  – значения момента, Н·м, частоты вращения ведущего двигателя, рад/с, и линейной скорости намотки, м/с.

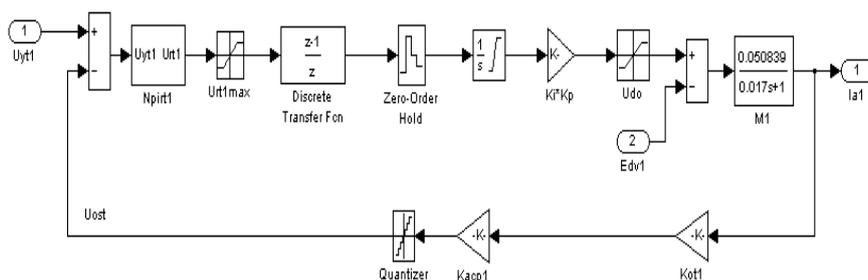


Рис. 2

В приведенной на рис. 2 модели цифроаналогового контура тока силовой преобразователь представлен в виде последовательно соединенных дискретного звена с передаточной функцией (ПФ)  $W(z) = (z-1)/z$ , экстраполятора нулевого порядка, аналогового интегратора с ограничением выходного сигнала и безынерционного звена, учитывающего коэффициенты усиления ЦАП прямого канала регулирования тока и преобразователя [3].

Модель также содержит макроблок цифрового ПИ-регулятора тока  $N_{pirt1}$ , якорную цепь ведущего двигателя  $M1$ , АЦП сигнала обратной связи по току  $U_{ost}$  с коэффициентом усиления  $K_{acp1}$  и датчик тока  $K_{ot1}$ .

Ведомый ЭП включает в себя аналоговый контур регулирования положения ролика петлеобразователя с ПИ-регулятором и дополнительным корректирующим устройством. Синтез регулятора положения проведен при условии, что внешний замкнутый контур положения содержит передаточные функции (ПФ) самого регулятора, оптимизированного цифроаналогового контура линейной скорости намотки, объ-

екта, включающего в себя модели ткани и петлеобразователя с вязкоупругим элементом [4], цифроаналогового преобразователя (ЦАП) и линейного импульсного звена. Модель системы управления (СУ) ведомым ЭП имеет структуру, аналогичную системе управления ведущим. Приводные двигатели имеют одинаковые параметры.

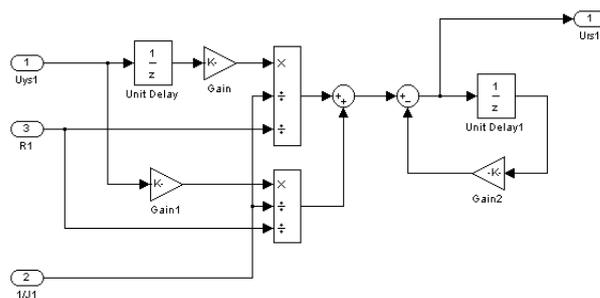


Рис. 3

Структура блока цифрового ПИ-регулятора линейной скорости намотки, реализующая функциональный алгоритм преобразования цифровых дискретных сигналов управления на основе разностных уравнений [3], представлена на рис. 3. Структура блока цифрового ПИ-регулятора тока аналогична структуре,

приведенной для ЦАСУ с цифровыми регуляторами частоты вращения двигателей ведущего и ведомого ЭП [1].

Синтез регулятора линейной скорости намотки выполнен для анализа динамики в “малом”, когда система ЭП принимается в

$$W_{\text{црт}}(z) = \frac{(1-d_T)R_{\Sigma}}{(1-d_{\text{я}})k_{\text{П}}k_{\text{ОТ}}} \frac{z-d_{\text{я}}}{z-1}, \quad (1)$$

$$W_{\text{црс}}(z) = \frac{0,097ik_{\text{ОТ}}k_{\text{АЦП}_v}J_{1,2}}{c_{\text{М}}k_{\text{ОС}}k_{\text{АЦП}}T(1-d_T)R_{1,2}} \frac{z-0,606}{z-0,509}, \quad (2)$$

где  $d_T = e^{-1/2}$ ,  $d_{\text{я}} = e^{-\frac{T}{T_{\text{я}}}}$  – введенные для упрощения записи ПФ регуляторов постоянные, одна из которых ( $d_{\text{я}}$ ) зависит от электромагнитной постоянной двигателя  $T_{\text{я}}$  и периода квантования сигналов управления по току и скорости  $T$ ;  $R_{\Sigma}$  – сопротивление якорной цепи двигателя, Ом;  $k_{\text{П}}$ ,  $k_{\text{ОТ}}$  – коэффициенты усиления силового преобразователя и датчика обратной связи по току якоря двигателей ( $1/\text{А}$ ) соответственно;  $i$  – коэффициент передачи редукторов;  $k_{\text{АЦП}_v}$  – коэффициент усиления АЦП канала обратной связи по линейной скорости намотки,  $1/\text{В}$ ;  $J_{1,2}$  – приведенные моменты инерции ведущего и ведомого ЭП;  $c_{\text{М}}$  – конструктивный коэффициент двигателей по моменту,  $\text{Н}\cdot\text{м}/\text{А}$ ;  $k_{\text{ОС}}$  – коэффициент усиления датчика обратной связи по линейной скорости намотки,  $\text{В}/\text{м}$ ;  $k_{\text{АЦП}}$  – коэффициент усиления АЦП канала обратной связи по току якоря двигателей,  $1/\text{В}$ ;  $R_{1,2}$  – значения радиусов намотки на ведущем и ведомом барабанах, м.

При синтезе регулятора положения использование ПФ рассматриваемого объекта с учетом параметров ткани и петлеобразователя представляет определенные трудности в связи с ее высоким порядком. В этом случае целесообразно упрощение

целом за линейную импульсную систему. В соответствии с методом последовательной коррекции, дискретные ПФ цифровых регуляторов тока и линейной скорости намотки, оптимизированные по модульному оптимуму (МО), имеют вид [3]:

указанной ПФ [5], которое выполнено нами в результате анализа ее логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ).

Анализ показал, что в окрестности частоты среза наклон исходной ЛАЧХ объекта равен  $-20$  дБ/дек. В связи с этим данный объект по своим свойствам близок в динамике к апериодическому звену с коэффициентом  $k_h$  передачи и постоянной времени  $T_h$ , которые определены в результате сопряжения низко- и среднечастотного участков исходной и упрощенной ЛАЧХ рассматриваемого объекта.

При оптимизации замкнутого контура положения ПФ приведенного непрерывного звена [3] содержит ПФ объекта, а также дискретную ПФ линейного импульсного звена. Указанная ПФ содержит оператор Лапласа  $s$  и дискретный оператор  $z$ , что представляет определенные трудности при оптимизации системы электропривода методом последовательной коррекции.

После замены  $z = e^{sT}$  и преобразований, а также разложения сложных экспоненциальных функций в ряд Маклорена до 2-го порядка [6] дискретная ПФ регулятора положения (при принятой в качестве желаемой ПФ разомкнутого контура положения фильтра Баттерворта 3-го порядка [7]) имеет вид:

$$W_{\text{црт}}(z) = \frac{k_{\text{ОС}}k_{\text{АЦП}_v}}{4T_{\mu}k_{\text{ЦАП}}k_hT(1+d_1+d_2)} \frac{T_h s + 1}{s} \frac{0,491sT + 0,097}{2T_{\mu}s + 1}, \quad (3)$$

где  $T_{\mu}$  – малая некомпенсируемая постоянная

времени, принятая равной постоянной

времени ШИП [7];  $d_1, d_2$  – вспомогательные коэффициенты [3], значения которых при оптимизации замкнутого цифрового контура линейной скорости намотки равны -1,509 и 0,606 соответственно;  $k_{ЦАП}$  – коэффициент усиления ЦАП в канале регулирования скорости намотки ткани.

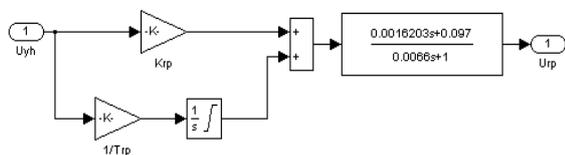
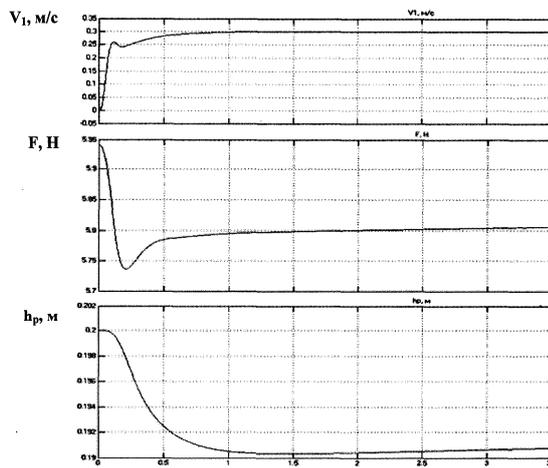


Рис. 4

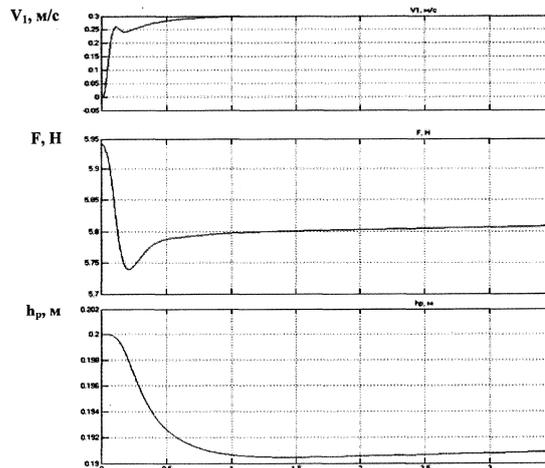
Вид ПФ (3) показывает, что для обеспечения заданной точности регулирования натяжения ткани помимо цифрового ПИ-регулятора положения на его выходе необходимо наличие дополнительного коррек-

тирующего устройства. Структура блока цифрового регулятора положения представлена на рис. 4, где  $U_{yh}$ ,  $U_{гр}$  – сигналы напряжения управления на входе регулятора и напряжения на его выходе, В;  $K_{гр}$ ,  $T_{гр}$  – коэффициент усиления и постоянная времени, с, ПИ-регулятора положения.

На основе разработанной ранее модели СУ [2] с учетом представленных выше математических моделей цифроаналоговых оптимизированных замкнутых контуров тока и линейной скорости намотки ткани, а также цифровых регуляторов скорости намотки ткани и положения ролика петлеобразователя (рис. 1...4) выполнено моделирование процесса пуска системы взаимосвязанного ЭП агрегата для перемотки ткани в рулоны.



а)



б)

Рис. 5

На рис. 5-а и б представлены временные зависимости линейной скорости намотки, натяжения ткани и положения ролика петлеобразователя в начале намотки и при малом отклонении радиуса намотки от его начального значения.

Графики переходных процессов на рис. 5-а и б соответствуют заданной скорости намотки  $V_1 = 0,3$  м/с (а – линейная скорость намотки, натяжение ткани и положение ролика петлеобразователя при  $R_{min} = 0,06$  м; б – то же для  $R_1 = 0,061$  м).

Сравнительный анализ приведенных выше временных зависимостей с результа-

тами моделирования [1], [2] показал, что в СУ с цифровыми регуляторами тока и скорости намотки ткани, параметры которых учитывают переменный радиус наматываемого рулона, достигаются более высокая степень стабилизации скорости намотки и заданная точность регулирования натяжения ткани.

Однако при анализе передаточной функции объекта, учитывающей параметры ткани и петлеобразователя, радиус рулона был принят постоянным, в связи с чем разработанная макромодель ЦАСУ дает приемлемые результаты при малых

отклонениях радиуса рулона от его начального значения.

Проведенные на разработанной модели эксперименты показали, что расчетное значение коэффициента усиления регулятора положения оказалось завышенным и при существенных отклонениях радиуса рулона необходимо изменять значение сигнала задания по скорости намотки для ведущего и ведомого ЭП.

Временные зависимости, представленные на рис. 5-а и б, а также ПФ регуляторов (1)...(3), получены при следующих значениях параметров макромодели:  $E = 78,5$  Н;  $c_{п} = 30$  Н/м;  $m_p = 0,6$  кг;  $k_r = 2$ ;  $k_v = 3,33$  с/м;  $\tau = 0,01$  с;  $T_T = 5,87$  с;  $L_T = 1,76$  м;  $R_{\min} = 0,06$  м;  $R_{\max} = 0,15$  м;  $k_{oc1,2} = 25$  В·с/м;  $\delta_T = 0,001$  м;  $B_T = 0,8$  м;  $\rho_T = 0,25$  кг·м<sup>3</sup>;  $i_p = 19,5$ ;  $T_y = 0,017$  с;  $T_{\mu} = 0,0033$  с;  $k_{от} = 4,97$  В/А;  $R_{\Sigma} = 19,67$  Ом;  $c_M = 0,52$  Н·м;  $\eta_B = 12,5$ ;  $k_h = 219,8$ ;  $T_h = 40,7$  с;  $k_{п} = 6,3$ .

## ВЫВОДЫ

Анализ цифроаналоговой математической модели разработанной системы управления намоткой ткани показал ее более высокое быстродействие и статическую точность по сравнению с аналоговым

вариантом, реализованным на базе непрерывных регуляторов тока, скорости двигателя и натяжения ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №1. С.120...123.
2. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С.105...109.
3. Терехов В.М. Непрерывные и цифровые системы управления скоростью и положением электроприводов. – М.: Изд-во МЭИ, 1995.
4. Тарарыкин С.В., Глазунов В.Ф., Спичков Ю.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №2.
5. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №6. С.62...65.
6. Бермант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа для вузов. – М.: Наука, 1973.
7. Башиарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоатомиздат, 1982.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 26.12.05.

УДК 677.017.620.171

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИСПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕКОСА УТОЧНЫХ НИТЕЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ СКОЛЬЖЕНИЯ

М.В. СИМОНОВА, А.Б. КОЗЛОВ

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

Одним из видов брака, возникающих в процессе отделки ткани, является перекося уточных нитей (ПУН). Повысить качество тканей возможно путем обнаружения ПУН, распознавания вида перекося и его устранения.

Исправление диагональных перекося на сушильно-ширильных машинах в большинстве случаев преимущественно осуществляется путем изменения скорости движения одной из цепей. В то же время известные устройства правки сложных

ПУН не обеспечивают их качественного устранения.

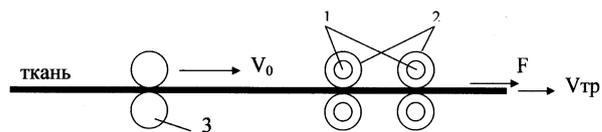


Рис. 1

С целью повышения качества исправления сложных перекося ПУН было

предложено устройство [1], выполненное в виде размещенных на правящем валу (1) нескольких правящих роликов (2) со встроенными в них электромагнитными ферропорошковыми муфтами скольжения (ЭМФМС) (рис. 1).

Ведущая часть ЭМФМС жестко связана с валом 1, а ведомая часть – с роликами 2. Валы 1 кинематически связаны с приводом СШМ и вращаются в противоположные стороны со скоростью на 5...10% больше, чем транспортирующие валы 3. Это позволяет, в зависимости от вида ПУН, осуществлять после транспортирующих валов 3 ускорение или замедление соответствующих участков ткани по ее ширине и соответственно изменение усилия натяжения и деформации ткани. Число роликов 2 определяется шириной ткани и конструктивными ограничениями.

При подаче тока в обмотку электромагнита на ведущей части муфты возникает магнитный поток, под действием которого ферропорошковый наполнитель муфты как бы "затвердевает". При этом момент трения, связывающий ведомую часть с ведущей, примерно пропорционален току в обмотке электромагнита, являющейся обмоткой управления муфтами [2], [3].

В устройствах правки ПУН необходимо изменять частоту вращения каждого ролика в соответствии с высотой дуги перекоса в зоне его действия. Изменение скоростных режимов ЭМФМС путем изменения тока (напряжения) возбуждения можно считать пропорциональным так же, как и в функции деформации ткани при устранении ПУН.

Вывод закона управления для соответствующей ЭМФМС будет осуществляться исходя из того, что математическое описание сложных перекосов (дуговых, s-образных, затяжки) возможно в первом приближении уравнением окружности или части эллипса.

Основной задачей формирования управляющих сигналов при известном числе и расположении роликов с ЭМФМС на правящем валу (порядка пяти при ширине ткани 100...120 см) является вычисление средней высоты перекоса в зоне ка-

ждого из правящих роликов и соответствующего значения управляющего напряжения, подаваемого на ЭМФМС.

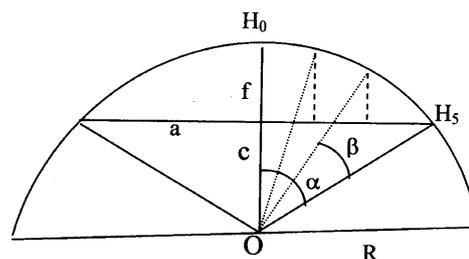


Рис. 2

В большинстве случаев дуговой и s-образный перекосы представляют собой части окружности, где ширина ткани В является хордой (рис.2). Исходя из ширины ткани В и высоты дуги перекоса f из известных соотношений радиуса R окружности будет:

$$R = \frac{a^2 + f^2}{2f}, \quad (1)$$

где  $a = B/2$  – полуширина ткани;

$$R = \frac{50^2 + 5^2}{2 \cdot 5} = 252,5 \text{ см.}$$

С помощью полухорды а и радиуса R определим характерный угол  $\alpha$ , образованный полухордой:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= a/R, \\ \sin \alpha &= 50/252,5 = 0,198, \\ \alpha &= 11,45^\circ. \end{aligned}$$

Разобьем полухорду на определенное количество участков, соответствующее количеству правящих роликов, для которых получим соответствующие углы  $\beta$ .

Определим высоты перекоса  $H_i$ :

$$H_i = R \cos \beta_i - \left( \frac{a^2 + f^2}{2f} - f \right), \quad (2)$$

$$H_i = R \cos \beta_i - \frac{(0,5B)^2 - f^2}{2f}. \quad (3)$$

Значения  $H_i$  фактически соответствуют величинам абсолютного удлинения (усадки) ткани:

$$\Delta\ell=(V_2-V_1)t=\Delta Vt,$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – линейные скорости ткани соответственно на входе и выходе из зоны деформации длиной  $\Delta\ell_0$ .

Из [4] известно, что между относительным удлинением  $\varepsilon$  ткани, ее натяжением  $F$  и изменением линейной скорости  $\Delta V$  имеется пропорциональная связь:

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{\frac{\ell_0}{t} + V_1}, \quad (4)$$

$$F=BE\varepsilon, \quad (5)$$

где  $B$  – ширина ткани;  $E$  – модуль упругости.

Отсюда следует, что

$$\Delta V = \frac{(\ell_0/t + V_1)F}{BE}. \quad (6)$$

Таким образом, при известных для конкретного артикула ткани значениях  $B$ ,  $E$ ,  $\ell_0$ ,  $V_1$  и  $V_2$  возможно определить значение  $\Delta\ell_i$ , которое соответствует величине  $H_i$ , а также скорость  $V_{i2}=V_1\pm\Delta V_i$  на  $i$ -м участке правки перекоса уточных нитей по ширине ткани в зависимости от дугового перекоса (выпуклого или вогнутого).

С учетом пропорциональной связи удлинения ткани и изменения ее скорости, а также закона изменения  $H_i$  можно записать:

$$V_{i2} = V_1 \pm k_1 H_{i\text{югн}} = V_1 \pm k_1 \frac{H_i}{R}, \quad (7)$$

$$k_1 = \frac{(\ell_0/t + V_1)F}{BE\Delta\ell_0}, \quad (8)$$

где  $k_1$  – коэффициент пропорциональности по скорости;  $H_{i\text{югн}}$  – изменение  $H_i$  в относительных единицах.

В соответствии с этим и считая, что на рабочем участке изменение скоростей ЭМФМС в пределах 5...10% определяется пропорциональной зависимостью напряжение или ток – скорость, возможно пропорциональное формирование соответствующего напряжения (тока) возбуждения муфты для конкретного правящего ролика и правки ПУН.

Тогда

$$I_i = I_{i0} \pm k_2 H_{i\text{югн}} = I_{i0} \pm k_2 \frac{H_i}{R}, \quad (9)$$

где  $I_i$  – ток возбуждения в соответствующей муфте;  $I_{i0}$  – начальный ток;  $k_2$  – коэффициент пропорциональности по току.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена автоматическая система исправления перекоса уточных нитей на основе электромагнитных ферропорошковых муфт скольжения.

2. Приведен расчет закона распределения тока и напряжения в ЭМФМС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов А.Б., Шахнин В.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1.
2. Могилевский В.Г. Электромагнитные порошковые муфты и тормоза. – М.: Изд-во Энергия, 1964.
3. Коновалов Г.Ф., Флид Я.И. Электропривод с порошковыми муфтами и использование его в системах автоматизации // Автоматика и телемеханика. – 1959, т. XX, №5.
4. Быстров А.М., Глазунов В.Ф. Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1977.

Рекомендована кафедрой автоматизации и промышленной электроники. Поступила 03.02.06.

УДК 69.027.1

**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА  
И ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ  
НА ОБЪЕКТАХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*В.А. АКАТЬЕВ, Б.С. САЖИН, С.П. СУЩЕВ, В.И. ЛАРИОНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина,  
ООО "Центр исследований экстремальных ситуаций" (ЦИЭКС), г. Москва)

На объектах текстильной промышленности, многие из которых классифицируются как опасные производственные объекты, эксплуатируются десятки промышленных дымовых труб. В связи с тем, что уровень обслуживания и качество ремонтов в последние 15 лет резко снизились, эксплуатация такого оборудования связана с рисками его обрушения.

Для обеспечения безопасной эксплуатации потенциально опасного и критически важного оборудования и сооружений необходимо, чтобы риск аварии указанного оборудования оценивался с применением инструментальных методов. При этом следует учитывать, чтобы подход был комплексным, а аппаратура позволяла осуществлять его без остановки трубы.

Комплексность подхода заключается в применении последовательно мониторингов внешней поверхности и футеровки трубы, проведении динамических испытаний дымовой трубы, а на базе анализа полученных результатов – использовании неразрушающих методов контроля.

До последнего времени внутренний мониторинг функционирующих дымовых труб не проводился, поскольку отсутствовала соответствующая технология.



Рис. 1

В ООО "ЦИЭКС" создан диагностический комплекс [1], позволяющий проводить внутренний мониторинг функционирующей дымовой трубы. Автономный аппарат (рис.1) диагностического комплекса в своем составе имеет энергетическую установку, излучатели лазерного и видимого спектра, приемники лазерного и видимого сигналов и компьютер.

Автономный аппарат на тросе с помощью специального крана, монтируемого на внешней стороне трубы, спускается в дымовую трубу. При движении в трубе (при температуре движущихся дымовых газов до 300 °С) он способен записать (в электронном виде) информацию о дефектах слоев футеровки высотой по 1200...1500 мм.

Такая информация записывается по двум каналам: в лазерном диапазоне – сплошная кольцевая развертка изображения внутренней поверхности трубы или в видимом спектре – "сшитые" фотографии (рис.2 – фрагмент полосы изображения футеровки дымовой трубы, полученной в результате "сшивания" отдельных изображений).



Рис. 2

Наружное обследование ствола трубы осуществляется с поверхности земли, све-

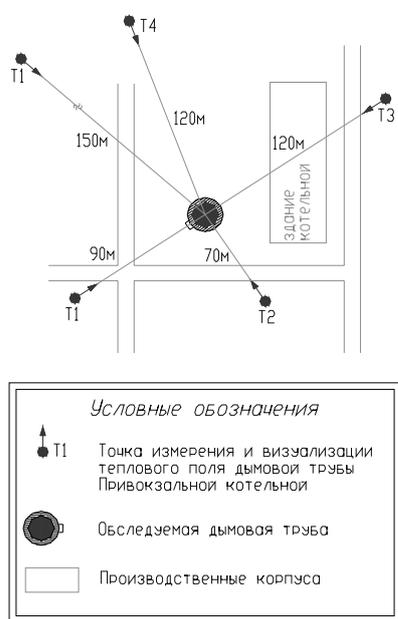


Рис. 3

При обследовании строительных элементов, выполненных из композитных материалов (типа железобетон), возникает необходимость в определении количественных и качественных характеристик составляющих таких материалов (количество стержней арматуры и ее диаметр, расстояние между стержнями, класс металла, толщина защитного слоя бетона и т.д.) Для этих целей существуют неразрушающие методы и приборы контроля.

Поверхностная прочность железобетонного ствола определяется методом упругого отскока с использованием склеро-

тофорных площадок, балконов и ходовой лестницы. Съемка температурного поля на внешней поверхности трубы производится в ночное время из точек, находящихся на разных расстояниях и с разных сторон трубы (рис.3 – схема расположения точек съемки температурного поля).

Распределение температуры на внешней поверхности дымовой трубы может свидетельствовать о состоянии футеровки и ствола, местах сосредоточения дефектов (рис.4 – температурное поле (точка 1)) и тем самым давать возможность планировать последующее инструментальное обследование этих мест.

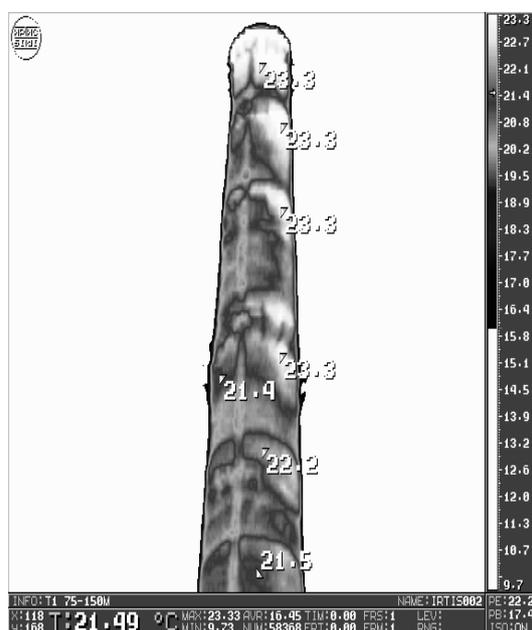


Рис. 4

метра ОМШ-1. Толщина защитного слоя бетона и расположение арматуры в железобетонной конструкции определяется с применением магнитных и электромагнитных методов.

Динамические испытания дымовой трубы проводятся с использованием беспроводного диагностического комплекса "Стрела-2", созданного в ЦИЭКС (рис.5 и 6).

На рис. 5 представлен диагностический комплекс "Стрела-2": 1 – измерительные модули; 2 – базовый модуль, содержащий блок обработки и управления, аналого-цифровой преобразователь и УКВ ЧМ ра-

диостанции; 3 — переносной компьютер, а на рис. 6 показано крепление датчиков на

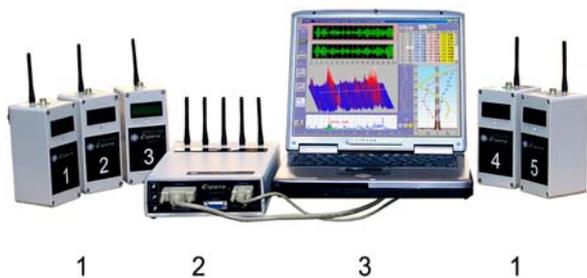


Рис. 5

Комплекс "Стрела-2" представляет собой новое поколение аппаратуры для динамического анализа устойчивости сооружений [2...6].

При динамических испытаниях автоматически анализируются изменения спектральных характеристик сооружения сопоставлением экспериментально измеряемых и расчетных (проектных) жесткостей его сечений по отношению квадратов соответствующих частот собственных колебаний.

Высокочувствительные сейсмовибрационные датчики с диапазоном неискаженной регистрации процессов от 0,1 до 300 Гц позволяют исследовать как высотные трубы, имеющие большие периоды собственных колебаний, так и сооружения с жесткой конструктивной схемой. Связь датчиков с компьютером осуществляется посредством радиосвязи на дальности до 1 км.

В комплексе можно выделить оконечные узлы и центральный узел.

Каждый оконечный узел содержит трехкоординатный аналоговый датчик вибрации. Сигналы с датчика по трем каналам поступают через усилитель и контроллер на трехканальный блок модуляции, который осуществляет частотную модуляцию сигнала радиопередатчика данного оконечного узла для последующей передачи на центральный узел. Радиосигнал, принятый на центральном узле радиопри-

внешней поверхности ствола дымовой трубы.



Рис. 6

емником, настроенным на несущую частоту радиопередатчика соответствующего оконечного узла, подвергается детектированию в блоке детектирования. После детектирования получают три аналоговых сигнала, повторяющие по форме сигналы на выходе датчика вибрации оконечного узла. Сигналы поступают в компьютер, где подвергаются обработке и анализу с помощью программного обеспечения.

Центральный узел содержит два пульта управления: пульт управления радиотрактом и командный пульт. Все радиостанции комплекса являются приемо-передающими станциями, работающими в 433...434-мегагерцовом диапазоне, позволяющими поддерживать постоянный контакт между собой на дальности до одного км [4].

Процедура оценки физического состояния сооружения в целом устанавливается циклом анализа по основным несущим конструктивным элементам. В предположении, что при оценке прочности и устойчивости сооружений можно пренебречь изменением массовых характеристик, несущую способность можно охарактеризовать изгибной жесткостью опасных сечений несущих конструктивных элементов  $B = EJ$ , то есть произведением модуля упругости  $E$  на момент инерции нормального сечения  $J$ .

Указанные предпосылки дают возможность оценивать несущую способность сооружения по спектру частот собственных

колебаний.

Далее полагается, что начальное состояние конструкции соответствует некоторым исходным (проектным) данным, то есть если сооружение запроектировано на несущую способность от конкретной нагрузки, то процент уменьшения жесткости будет соответствовать снижению данной (проектной) несущей способности.

В ходе измерений производится регистрация акселерограмм, то есть изменений со временем ускорений различных точек объекта, а также (при возможности) синхронно-скоростного напора ветра.

Число точек измерения зависит от количества анализируемых форм колебаний, требуемой детальности построения эпюр и предварительной информации о поврежденности конструкции. При ограниченном количестве акселерометров возможна их поочередная перестановка в различные точки измерения.

Благодаря использованию радиосвязи для передачи сигналов измерительной информации минимизировано время развертывания и свертывания комплекса и существенно облегчен труд монтажников, особенно на высотных сооружениях.

Результаты обследования состояния дымовых труб, полученных с применением мобильного диагностического комплекса "Стрела-2", хорошо согласуются с результатами, полученными с применением других методов диагностики, и позволяют вы-

явить причины повреждений отдельных частей и конструкций, прогнозировать скорость их износа и остаточный ресурс.

Результаты обследования и оценки технического состояния являются основой для принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений. Они могут оформляться в форме заключения экспертизы промышленной безопасности сооружения, в котором указывается срок следующей экспертизы промышленной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Акатьев В.А., Суцев С.П.* // Безопасность жизнедеятельности. – 2005, № 3. С.32...44.
2. *Самолинов Н.А.* // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2002, №3. С.54.
3. *Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П.* Энциклопедия безопасности. Строительство. Промышленность. Экология. – М.: Наука. Т.1, 2005.
4. *Акатьев В.А., Суцев С.П.* // Вестник РУДН. Серия: Проблемы комплексной безопасности. –2005, № 1. С.77...92.
5. *Акатьев В.А., Суцев С.П., Ларионов В.И. и др.* // Безопасность труда в промышленности. – 2003, № 6. С.38...41.
6. *Гиндоян А.Г.* Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М.: АО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ", 1997.

Рекомендована заседанием научного совета ЦИЭКС. Поступила 07.04.06.

УДК 658.1

## МНОГОУРОВНЕВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*С.В. БЕЛЕЦКИЙ, Б.А. СТАРОВЕРОВ*

(Костромской государственный технологический университет)

При организации разнородных производственных и технологических процессов с учетом территориальной удаленности различных производств, что характерно для текстильных предприятий, возникают существенные проблемы информационного взаимодействия.

Для решения этих проблем требуется наличие современной информационной системы, которая должна обеспечить:

- объединение в единое информационное пространство территориально удаленных друг от друга подразделений и объектов предприятия;
- передачу с высокой скоростью любых видов информации по современным каналам связи;
- формирование единой базы данных на основе концепции хранилища данных, обеспечивающей информационную поддержку всех подразделений предприятия;
- автоматизацию технологических и управленческих процессов на предприятии, оперативный контроль и управление процессами транспортировки и сбыта продукции, взаиморасчетов с потребителями и поставщиками, управление персоналом.

При создании информационной системы первоочередными задачами являются обеспечение работников предприятия оперативной информацией, способствующей более эффективному производственному процессу, соблюдение адресности информации, определение порядка и регламента в получении информации и ее использовании [1].

С учетом этих задач можно сформировать следующие основные принципы по-

строения информационной системы:

- иерархичность (подчиненность задач и использования источников данных);
- принцип агрегированности данных (учет запросов на разных уровнях);
- избыточность (построение с учетом не только текущих, но и будущих задач);
- конфиденциальность;
- адаптивность к изменяющимся запросам;
- согласованность и информационное единство (определяется разработкой системы показателей, в которой исключалась бы возможность несогласованных действий и вывод неправильной информации);
- открытость системы (для пополнения данных).

Организация системы информационного взаимодействия на текстильном предприятии должна начинаться с анализа и описания функций, процессов, структуры предприятия, при этом основой анализа является определение качественных и количественных характеристик информационных потоков [2].

Информационный поток – это совокупность циркулирующих в информационной системе и между системой и внешней средой сообщений, необходимых для организации работы предприятия.

Информационный поток может существовать в виде бумажных и электронных документов (носителей).

Информационный поток характеризуется такими показателями, как источник возникновения, направление движения потока, интенсивность потока, приоритет

относительно других потоков.

Возможны следующие варианты описания:

- словесное описание в произвольной форме, что, как правило, громоздко и неизбежно содержит ошибки и неточности;

- формальное описание, при котором вводятся специальные внутренние формы, или процесс описывается через систему частных документов: таблиц документооборота, должностных инструкций и т.п.

- графический язык – диаграммы процессов, деревья структур данных.

В первую очередь, разработка единой автоматизированной системы информационного взаимодействия на предприятии предполагает постановку следующих задач:

- определение источников и потребителей информации в соответствии со специальными функциями и задачами управления;

- использование комплекса технических средств для организации потоков информации;

- определение состава информации, периодичности ее циркуляции и форм представления, установление порядка составления, оформления, регистрации, согласования и утверждения документов.

В результате решения каждой из этих задач определяется один из уровней модели инфраструктуры информационных потоков в системе: логический, физический или презентационный.

Логический уровень представляет собой структуру информационных связей между источниками и потребителями информации. Эти связи могут быть частными (внутренними для какого-либо подразделения), общими (между различными подразделениями внутри предприятия), либо внешними (связями с внешним миром).

Определение логического уровня включает в себя

- разработку ER-диаграммы (диаграммы сущность – связь) базы данных, содержащей всю информацию о предприятии, действительную на данный момент и на все предыдущие моменты времени;

- формализованное описание докумен-

тов, существующих на предприятии и направлений движения информации (документов) внутри системы;

- разграничение в связи с этим пользовательских прав и категорий доступа к информации.

Для неавтоматизированного обмена информацией логический уровень модели информационного взаимодействия включает в себя карты технологических процессов, регламенты взаимодействия между отделами, разработанные или адаптированные к существующим условиям, и применяемые бланки договоров, накладных, ведомостей и другие шаблоны документов.

Недостаток такой организации информационного взаимодействия, с одной стороны, заключается в необходимости работы с большим количеством различных бумажных копий. С другой стороны, в случае массового применения компьютерной техники, большое влияние на процесс оказывает человеческий фактор: от компьютерной грамотности работника в значительной степени зависит скорость обработки им документов, от аккуратности в структурировании и хранении информации, используемой в работе, – наличие ошибок и неточностей.

В связи с этим предлагается систему автоматизации управления информационными потоками организовать таким образом, чтобы любой фрагмент информации, необходимый для управления предприятием, хранился в единственном варианте в базе данных на сервере. База данных должна быть доступна любому заинтересованному лицу, имеющему соответствующее право доступа.

Система поиска должна быть организована с использованием алгоритма ветвления (деревьев классификации), что делает ее интуитивно понятной пользователю и увеличивает скорость доступа к информации.

Таким образом, за счет избавления работников от рутинной работы высвобождается рабочее время для творческого выполнения прямых производственных функций, без чего невозможно совершенствование методов управления предпри-

ятием и организации производства.

Физический уровень обмена информацией в стандартной ситуации включает в себя бумажный (почта, курьерские службы) и электронный (электронная почта) документооборот. Бумажные копии документов сопровождаются телефонными звонками. Скорость прохождения документа по инстанциям крайне мала и контролируется лишь непосредственно заинтересованным исполнителем.

Уровни модели тесно связаны и не могут существовать независимо друг от друга. Только наличие четкого описания логического уровня информационной модели позволяет спроектировать физический уровень.

Решить задачу оснащения определенного рабочего места вычислительной техникой невозможно без знания объемов информации, проходящей через это рабочее место, а также без определения необходимой скорости ее обработки.

Физический уровень определяет сетевую инфраструктуру внутри одного подразделения, каналы передачи данных между территориально удаленными подразделениями. При проектировании физического уровня модели необходимо обеспечить требования к безопасности системы и конфиденциальности информации.

На презентационном уровне разработка модели информационного взаимодействия включает в себя разработку пользовательского интерфейса системы, который различен для разных категорий пользователей системы, определенных при проектировании логического уровня.

Анализ существующих технологий показывает, что в качестве средств построения системы интегрированного информационного взаимодействия в организации территориально распределенного текстильного производства целесообразно использовать технологии передачи данных в сетях TCP/IP и веб-технологий. В этом случае логический и презентационный

уровни модели реализуются в серверной части модели.

Наряду с другими преимуществами использования данных технологий такими, как отсутствие необходимости построения дополнительных сетей передачи данных между подразделениями предприятия и создания программного обеспечения и поддержки клиентской части этого обеспечения (для конкретных рабочих мест), создается возможность не делать жесткой привязки интерфейсного уровня к постоянному рабочему месту.

При такой организации информационного взаимодействия путем использования уникальных данных своего аккаунта в системе пользователю обеспечивается доступ к необходимой информации с любого рабочего места, в том числе и за пределами предприятия [3].

## ВЫВОДЫ

1. Сформулированы требования к системе информационного взаимодействия при организации текстильного производства и предложена структура системы, обеспечивающая эти требования.

2. Предлагаемая структура и техническая реализация информационного взаимодействия при организации текстильного производства повышает оперативность и гибкость перестройки технологических цепочек от получения сырья до сбыта готовой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поляк Т.Б. Организация, планирование и управление на предприятиях текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1979.
2. Теория системного менеджмента / Под общ. ред. Журавлева П.В. – М.: Экзамен, 2002.
3. Таненбаум Э.С. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2003.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 21.03.06.

УДК 697.942

## О СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ФИЛЬТРОВ И ПУТЯХ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

*И.Н. ПАНИН, В.П. ЗАЙЦЕВ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Б.Н. ВИНОГРАДОВ, Е.П. ЦИМБАЛЮК*

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

Фильтр – это аппарат, в котором с помощью фильтровальной перегородки осуществляется разделение, сгущение или ос-

ветление неоднородных систем, содержащих твердую и жидкую (газообразную) фазы.



Рис. 1

На рис.1 приведена классификация фильтров по виду неоднородной системы, которую они разделяют, по принципу работы и по принципу создания перепада давления на фильтрующей перегородке.

Основными составными частями фильтра являются корпус и фильтрующий элемент (фильтровальная перегородка). В зависимости от конструкции фильтровальных перегородок фильтры разделяют на щелевые, сетчатые и пористые.

Фильтры, в которых жидкость очищается при прохождении через щели в

фильтрующем пакете, называются щелевыми.

Фильтры, в которых жидкость очищается при прохождении через ячейки сетки фильтроэлемента, называют сетчатыми.

В качестве фильтрующего материала в сетчатых фильтрах наибольшее распространение получили металлические (никелевые) сетки полотняного и саржевого переплетения.

Фильтры, в которых жидкость очищается при прохождении через поры фильтроэлемента, называют пористыми (в них

частицы задерживаются на поверхности фильтрования и глубинные (частицы задерживаются в порах материала).

В первых в качестве фильтровального материала применяют бумагу, картон, ре-же – ткань, во вторых – пористый порошок-вый материал и пористую пластмассу.

Бумажные фильтроэлементы получили широкое распространение из-за низкой стоимости по сравнению со стоимостью других фильтровальных элементов. К их недостаткам относится невысокая прочность бумажного фильтровального материала и возможного его разбухания. Указанные недостатки частично устраняются при пропитке бумаги спиртовым раствором бакелитового лака.

Металлопорошковые фильтроэлементы изготавливают спеканием металлических порошков под давлением.

Металлопорошковые фильтроэлементы обладают по сравнению с бумажными фильтроэлементами повышенной (3...5 раз) грязеемкостью, но имеют меньшую удельную пропускную способность, что требует увеличения эффективной поверхности фильтроэлемента.

Пористый порошок-вый материал допускает механическую обработку, сварку, поэтому из него можно изготавливать фильтроэлементы любой формы. Прокаткой порошок-вого материала можно получить фильтроэлементы с меньшими размерами фильтрующих пор.

Необходимую площадь рабочей (эффективной) поверхности фильтроэлемента рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{Q\mu}{q\Delta Pk}, \text{ м}^2, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход жидкости через чистый фильтроэлемент,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta P$  – перепад давлений на фильтроэлементе, Па;  $\mu$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $k$  – коэффициент засоряемости, принимаемый равным 0,5...0,75;  $q$  – удельный расход жидкости через фильтроэлемент, м.

Определим величину  $q$  трубчатого элемента:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{\Delta P}{\mu R_{\text{ф.п}}}, \quad (2)$$

$$S = \frac{Q\mu R_{\text{ф.п}}}{\Delta P}, \quad (3)$$

где  $R_{\text{ф.п}}$  – радиус фильтровальной перегородки.

Следовательно,

$$\frac{1}{qk} = R_{\text{ф.п}}$$

и

$$q = \frac{1}{kR_{\text{ф.п}}}. \quad (4)$$

Большой интерес представляют трубчатые текстильные фильтры, пористые перегородки которых сформированы путем наматывания нити на перфорированное основание (патрон). Очевидно, эти фильтры обладают меньшим весом по сравнению со всеми ранее перечисленными видами пористых фильтров. На их пористой перегородке могут быть образованы поры любой формы и размеров.

Рабочая (эффективная) поверхность трубчатых текстильных фильтров (а следовательно, и их производительность) может достигать сколько угодно большой величины (путем пакетирования отдельных картриджей фильтроэлементов на общий комплектор).

Фильтры могут классифицироваться и по другим признакам. Так, например, жидкостные фильтры по своей конструкции подразделяются на емкостные, рамные, камерные, патронные, барабанные, ленточные, тарельчатые, карусельные.

Воздушные фильтры могут быть сетчатыми, барабанными, рамными, рукавными, рулонными.

Конструкция фильтра определяется толщиной фильтрации  $\delta$ , номинальным давлением  $P_{\text{ном}}$ , номинальным расходом жидкости  $Q_{\text{ном}}$ , допустимым перепадом давления на фильтровальной перегородке фильтроэлемента.

Под номинальной тонкостью фильтрации понимают минимальный размер частиц, задерживаемых фильтроэлементом, число которых составляет не менее 90% от числа частиц загрязнителя такого же размера, находящегося в неотфильтрованной жидкости.

Установлен ряд номинальных тонкостей фильтрации: 1; 2; 5; 10; 16; 25; 40; 63 и 80 мкм (ГОСТ 14066–68).

В зависимости от номинальной тонкости фильтрации  $\delta$  можно условно выделить фильтры грубой (свыше 15 мкм), нормальной (до 10 мкм) и тонкой (до 1 мкм) очистки.

Пластинчатые щелевые фильтры очищают жидкость до  $\delta=80\dots120$  мкм, а проволочные щелевые фильтры – до  $\delta=40\dots100$  мкм.

Бумажные пористые фильтры производят нормальную очистку жидкости ( $\delta=6$  мкм).

Трубчатые текстильные фильтры могут обеспечить тонкую очистку жидкости ( $\delta=1\div5$  мкм).

Под номинальным расходом фильтра понимается расход фильтра с чистым фильтроэлементом при определенной вязкости и заданном перепаде давлений на фильтре.

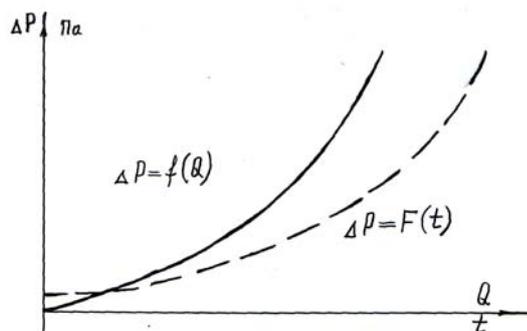


Рис. 2

Графическую зависимость (рис. 2) перепада давлений от расхода жидкости, проходящей через фильтры,  $\Delta p = f(Q)$  называют гидравлической характеристикой фильтра. Перепад давлений на фильтроэлементе зависит от степени загрязнения фильтрующей перегородки во время работы фильтра. Чем больше фильтр находится

в работе, тем больше он засоряется. При этом перепад давлений увеличивается с увеличением времени фильтрации  $t$ , то есть  $\Delta p = f(t)$ .

Большой интерес представляет также зависимость перепада давления от скорости фильтрации (рис.3).

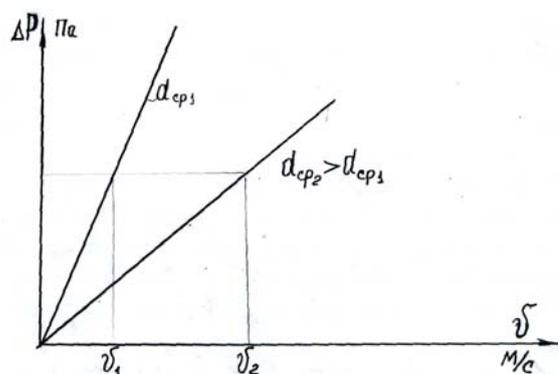


Рис. 3

Лучшими гидравлическими свойствами обладают фильтровальные материалы, у которых значительное увеличение скорости фильтрации не связано с резким возрастанием перепада давлений. Значительный перепад давлений вызывает повышение расхода электроэнергии на фильтрацию и может привести к порче («пробую») пористой перегородки фильтра.

Конструкция фильтра должна обеспечивать не только требуемый ресурс его работы, но и легкость удаления осадка с фильтровальной перегородки.

Дальнейшее совершенствование фильтров связано с изысканием новых, эффективных фильтрующих материалов (созданием с их помощью химического синтеза новых полимерных материалов с заданными сорбционными свойствами), созданием рациональных структур фильтровальных перегородок (использованием слоисто-каркасных намоток из нитей с различной природой изготовления и с различными свойствами волокон), новых дренажных и распределительных систем, оптимизацией технологических режимов водоочистки и ее автоматизацией.

## ВЫВОДЫ

1. Наиболее перспективным направлением совершенствования процесса фильтрации является разработка и внедрение в практику трубчатых текстильных фильтров, пористые перегородки которых представляют собой намотки различного вида нитей на перфорированные патроны. Такие фильтры просты по конструкции, дешевы в изготовлении, обладают высокой производительностью и обеспечивают требуемую тонкость фильтрации.

2. Дальнейшее совершенствование фильтров связано с изысканием новых, эффективных фильтрующих материалов на базе текстильных волокон, созданием рациональных дренажных и распределительных систем, оптимизацией технологических режимов очистки жидкостей и ее автоматизацией

Рекомендована кафедрой ткачества МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 02.02.06.

УДК 677.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИМПРЕГНИРОВАННОЙ ПРЯЖИ

*С.В.БОРОЗДИН, Н.Н.ТРУЕВЦЕВ, Л.Н.ПЕТРОВА, З.В.БОРИСЕНКО*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

С целью улучшения механических свойств и расширения ассортимента пряжи для производства товаров народного потребления, например, вкладных стелек для обуви, ее импрегнировали растворами хитозана по экологически чистой технологии.

В работе проводились исследования влияния хитозана на физико-механические свойства пряжи состава: хлопчатобумажная основа с линейной плотностью 50 текс и уток с линейной плотностью 71 текс – смешанная пряжа из хлопка (70%) и котонизированного льна (30%), импрегниро-

ванных хитозаном в интервале температур 20...50°C.

Величину хитозана, адсорбированного пряжей в статических условиях, определяли по изменению массы образца в сухом состоянии. Концентрация хитозана составляла 2 масс.% в 2%-ном растворе уксусной кислоты.

Были получены классические диаграммы растяжения  $\sigma - \varepsilon$  ( $\sigma$  – разрывное напряжение,  $\varepsilon$  – относительное удлинение) на разрывной машине STATIGRAF L фирмы Текстехно (Германия) в режиме активного нагружения образцов пряжи.

Таблица 1

Вид пряжи	Температура обработки, °С	Величина адсорбции, %	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Удлинение, %
Основа	исходная	-	50,0	380	5,0
	20	20,0	60,0	480	6,4
	30	21,2	60,5	458	4,9
	40	21,9	61,0	515	5,6
	50	19,0	59,5	470	5,5
Уток	исходный	-	71,0	1210	6,5
	20	13,7	80,8	1240	8,0
	30	13,9	80,9	1300	8,5
	40	15,9	82,3	1380	8,9
	50	21,1	86,0	1485	9,4

В табл.1 приведены сравнительные характеристики исходной и импрегнированной пряжи.

Из полученных данных, представленных в табл. 1, видно, что величина адсорбции хитозана на хлопчатобумажной основе составляет в среднем около 21% и не зависит от температуры импрегнирования. Также не наблюдается однозначной зависимости от температуры раствора величины разрывной нагрузки и удлинения.

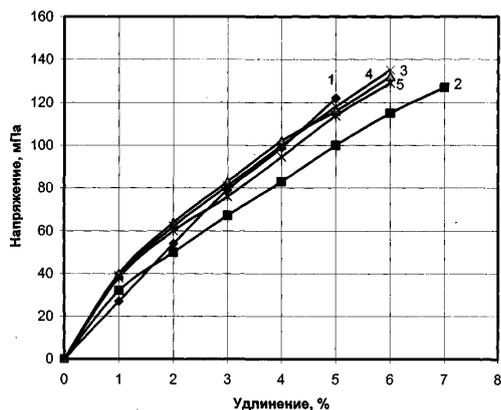


Рис. 1

На рис. 1 представлены диаграммы растяжения ( $\sigma$  - $\epsilon$ ) для основы, а на рис. 2 – для утка, импрегнированных при различных температурах ( $^{\circ}\text{C}$ ): 1 – исходный образец; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50.

Из сравнения кривых диаграмм рис. 1 и 2 видно, что для исходной пряжи как основы (рис.1, кривая 1), так и утка (рис.2, кривая 1) характерна прямая зависимость, что указывает на упругие свойства немодифицированной пряжи независимо от ее состава.

Импрегнирование пряжи хитозаном приводит к изменению характера кривых диаграмм с различным наклоном участков, что свидетельствует об изменении структуры композита в процессе его деформации.

Одновременно наблюдается незначительное увеличение разрывного напряже-

Исследование импрегнированной льно-содержащей уточной пряжи показывает наличие прямой зависимости величины адсорбции хитозана и, соответственно, разрывной нагрузки и удлинения от повышения температуры рабочего раствора, что, вероятно, может быть объяснено различным составом и структурой основной и уточной пряжи.

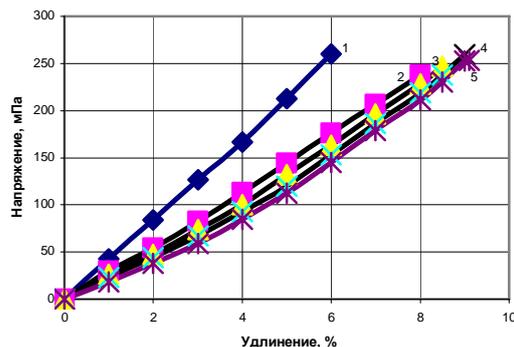


Рис. 2

ния для основы со  $\sim 120$  до  $\sim 135$  мПа, а для утка – относительного удлинения с 6 до 9%.

Однако очертания кривых для основы (рис. 1) имеют выпуклый, а утка (рис. 2) – вогнутый характер, что свидетельствует о различном механизме разрушения композита в процессе растяжения в зависимости от его состава, и, соответственно, от величины адгезии между волокном и матрицей (хитозаном).

Динамику изменения структуры импрегнированной пряжи определяли по изменению модуля упругости  $E_k$ , величину которого измеряли путем дифференцирования на протяжении всей кривой диаграммы растяжения:

$$E_k = \partial\sigma / \partial\epsilon.$$

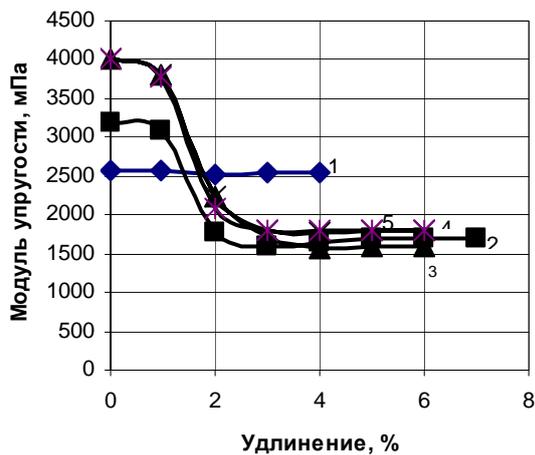


Рис. 3

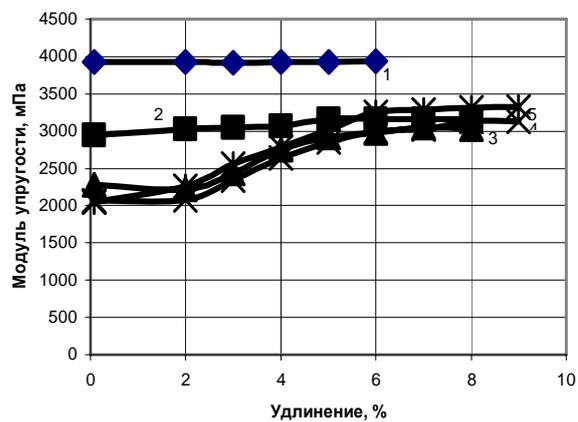


Рис. 4

Характер изменения текущего модуля упругости для основы представлен на рис. 3, для утка – на рис. 4, импрегнированных при различных температурах ( $^{\circ}\text{C}$ ): 1 – исходный образец; 2 – 20; 3- 30; 4 – 40; 5 -50.

Анализируя характер кривых рис. 3, можно выделить три участка:

1-й – в области  $0 < \varepsilon < 1\%$ ;  $E_k = \text{const}$  и имеет значение выше (кривая 2), чем у исходной пряжи (кривая 1) ~ на 30 и на 60% (кривые 3, 4, 5);

2-й – в области  $1\% < \varepsilon < 2,5\%$ . Наблюдается интенсивное падение  $E_k$ , то есть уменьшение жесткости по сравнению с исходным образцом ~ на 30%;

на 3-м участке в дальнейшем ( $2,5 < \varepsilon < \varepsilon_{\text{разр}}$ ) жесткость образцов остается постоянной (кривые 2, 3, 4, 5), то есть структура основы, содержащей хитозан, становится равновесной (при напряжениях около 60 мПа, вызывающих растяжение ~ 3%).

Из рис. 4 видно, что на 1-м участке растяжения ( $\varepsilon \sim$  до 2%)  $E_k = \text{const}$ , но в отличие от рис. 3 модуль упругости импрегнированного утка имеет значение ~ в 2 раза ниже (кривые 3,4,5) в сравнении с исходным (кривая 1).

На 2-м участке ( $2\% < \varepsilon < 5\%$ )  $E_k$  незначительно растет и далее остается постоянным до разрыва образцов независимо от

температуры их обработки хитозаном (кривые 2,3,4,5).

Таким образом, анализ кривых рис. 3 и 4 позволяет сделать вывод о том, что хитозан, обладая сравнительно высокой эластичностью [1], приводит к падению жесткости композита в определенном интервале растягивающих напряжений, что является существенной характеристикой при использовании материала, например, для вкладных стелек обуви.

Из сравнения кривых диаграмм образцов основы (рис. 3) и образцов утка (рис. 4) можно сделать вывод о том, что наиболее устойчивой структурой является структура уточной пряжи состава хлопок – лен.

## ВЫВОДЫ

Введение хитозана в состав хлопчатобумажной пряжи и пряжи смешанного состава хлопок – лен приводит к изменению ее механических свойств. Хитозан, обладающий высокой прочностью и эластичностью, улучшает механические и упругоэластические свойства хлопкольнай пряжи по сравнению с исходной, проявляющей свойства упругого материала.

Наибольшие изменения в механических свойствах наблюдаются у хлопчатобумажной пряжи по сравнению с пряжей состава хлопок – лен.

Равновесная структура при растяжении у хлопчатобумажной пряжи и пряжи хлопок/лен при разных уровнях растягивающего напряжения, вероятно, определяется различной адгезионной способностью хитозана к хлопку и льну.

1. Вихорева Г.А., Енгибарян Л.Г., Голуб М.А., Чайка Е.М., Яминский И.В., Агеев Е.П., Гальбрайт Л.С. Модифицирование хитозановых пленок поверхностно-активными веществами с целью регулирования их растворимости и набухания // Химические волокна. – 1998, №1. С.14...19.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 14.11.05.

УДК 677 – 487.5.23.275

## ПОЛУЧЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПАКОВОК КРЕСТОВОЙ МОТКИ

П.Н. РУДОВСКИЙ, М.Н. НУРИЕВ, П.Н. КИСЕЛЕВ

(Костромской государственный технологический университет,  
Азербайджанский государственный экономический университет)

Для создания графической модели паковки необходимо получить информацию о форме ряда ее меридиональных сечений. Анализ технических решений показал, что наиболее перспективным для получения информации о форме отдельных сечений является метод теневой проекции в сочетании со средствами автоматизированного распознавания образов.

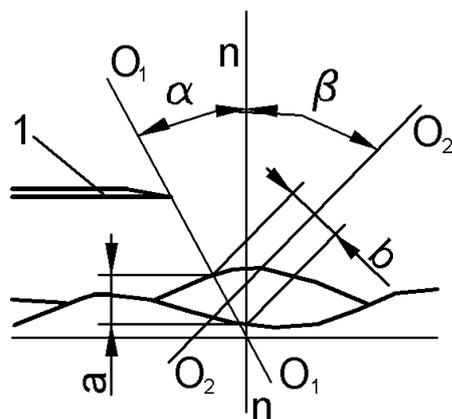


Рис. 1

Суть метода заключается в том, что над измеряемой поверхностью устанавливается нож 1 (рис. 1). Под углом  $\alpha$  к нормали  $n$ - $n$  направляется параллельный пучок  $O_1 - O_1$  света. Тень от ножа  $b$ , падая на поверхность, повторяет ее профиль  $a$ . О фор-

ме и размерах сечения судят по видимому изображению тени в приборе наблюдения, оптическая ось которого  $O_2 - O_2$  наклонена под углом  $\beta$  к нормали  $n$ - $n$ .

Использование видеосъемки вращающейся бобины позволяет получить изображение меридионального сечения одной из ее поверхностей при разных углах поворота. Для получения полных сведений о форме меридионального сечения паковки съемка производится трижды для каждого торца и для боковой поверхности. На основании этих данных и строится трехмерная модель паковки.

Дальнейшая обработка изображения осуществляется средствами специального программного обеспечения, которое обеспечивает решение следующих задач:

- определение масштаба изображения;
- разделение видеоролика на кадры;
- подготовка кадров к обработке;
- определение контура паковки на изображении сечения;
- построение 3D-модели;
- считывание единичных показателей погрешности формы бобины;
- формирование комплексного показателя качества формы бобины.

Подробно методы решения этих задач показаны в [1].

После считывания координат и записи их в память следует этап построения трехмерной модели. При построении модели необходимо обеспечить совпадение изображений торцов и боковой поверхности паковки.

Для этого при съемках на поверхности паковки устанавливается метка, которая видна на каждом из исходных роликов. Отсчет кадров производится от этой метки.

Угол между соседними сечениями при построении модели определяется по формуле:

$$\alpha = 360^\circ/n,$$

где  $n$  – количество кадров за один оборот паковки.

Построение модели реализовано на базе библиотеки OpenGL. Работая с моделью, пользователь может сделать разрез в необходимом сечении и посмотреть параметры, такие как средний диаметр в сечении или максимальный (минимальный) радиус.

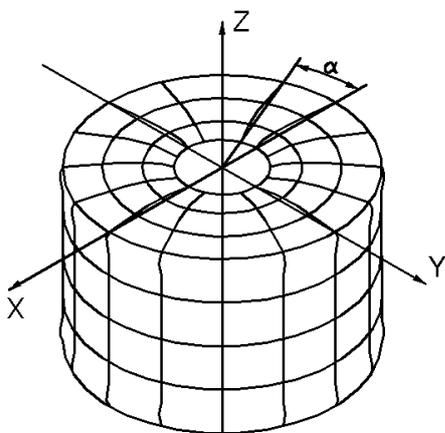


Рис. 2

Схематическое изображение модели, полученной по результатам работы программы, приведено на рис. 2.

Построенную модель можно сохранить в базе данных для накопления статистики, а также последующего восстановления параметров паковки для анализа их другими методами. В качестве ядра базы данных выбрано Microsoft Jet, которое используется в СУБД Microsoft Access.

По построенной модели можно вычислить ряд единичных показателей, характеризующих отклонение формы паковки от заданной, и на их основе в дальнейшем сформировать комплексный показатель для оценки качества формы паковки.

## ВЫВОДЫ

На основе метода теневого сечения разработано устройство для автоматизированного построения графической модели паковок крестовой мотки, которая позволяет получить ряд показателей отклонения формы паковки от заданной и в дальнейшем проводить работу по контролю качества формы паковок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев П.Н., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Программное обеспечение для построения трехмерной модели паковки // Вестник КГТУ. – № 9. С.87...89.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 18.01.06.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСКРОЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЕЕ ИНТЕГРАЦИЯ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

М.П. ЛЕВЫКИН

(Костромской государственной технологической университет)

Мировой опыт показывает, что в условиях современного рынка крупные фабрики имеют меньшую жизнестойкость по сравнению с малыми и средними предприятиями. Это связано с тем, что рынок продукции требует от производителя применения все новых моделей, материалов, фасонов и т.п. Производство, которое не может быстро реагировать на запросы рынка, становится неэффективным. При этом преимущества крупных производителей, состоящие в том, что на этих фабриках детально разрабатывается процесс разделения труда, имеются автоматические линии и есть возможность добиваться максимального снижения себестоимости продукции при ее высоком качестве, сводятся к минимуму.

Сейчас на первое место ставится не производство, а сбыт продукции, и вследствие этого преимущества производства массового типа становятся их недостатками.

Под влиянием моды производитель должен постоянно менять ассортимент выпускаемой продукции. В результате на первый план по конкурентоспособности выходят предприятия, которые могут предложить рынку максимально востребованный товар в необходимых объемах, надлежащего качества в нужное время при широком и постоянно меняющемся ассортименте выпускаемой продукции.

Одним из способов решения этой проблемы является автоматизация проектирования изделий, автоматизация технологического и производственного процесса.

Процесс раскроя текстильных материалов во многом определяет производительность и гибкость процесса производства изделий. Можно выделить следующие формы организации производства в плане автоматизации процесса раскроя материалов, которые определяют технические и экономические показатели предприятия (табл. 1 – варианты организации раскроя).

Т а б л и ц а 1

№	Варианты раскроя	Применяемое оборудование	Тип производства
1	Раскрой резаками	типовое оборудование, резаки	массовое, крупносерийное
2	Раскрой с помощью автоматизированного раскройного комплекса (АРК) с использованием программного обеспечения для управления производством каждого объекта [1]	АРК	Мелкосерийное
3	Раскрой с помощью АРК по традиционной схеме	АРК	индивидуальное
4	Ручной раскрой	нож, стол	индивидуальное (ателье)

Первый вариант раскроя не позволяет эффективно перейти к индивидуальному типу производства. Этот метод эффективен при больших партиях выпускаемых изделий, однако он не обладает свойством гибкости и, как следствие, не позволяет быстро запускать новые модели в произ-

водство, поскольку запуск новых моделей требует больших первоначальных затрат по переналадке оборудования.

Второй вариант раскроя наиболее приспособлен к современным условиям. Он соединяет в себе следующие качества: традиционность (раскрой осуществляется

партиями, то есть ростовками) и ориентированность на рынок (выпускаемая продукция может быть продана в кратчайшие сроки, не происходит накопления "неходового" товара на складах).

Для организации гибкого автоматизированного производства использовалась теория объектно-функциональной системы управления предприятием [1], [2]. Функции управления показаны в табл. 2.

Таблица 2

Элементы производственной системы	Функции
Отдел приема заказов на производство и составление сменного задания	– прием заказов и составление базы данных заказов (БДЗ) – назначение сменного задания на основе БДЗ по определенным критериям
САПР	– ведение (пополнение, коррекция) БГО
АСУП	– написание программного средства, интегрирующего производственные системы – обработка сменного задания в виде подбора ГО и передача его на АРК
Раскройный цех на базе АРК	– получение из АСУП сформированного сменного задания (ГО) – выполнение раскроя
Центральный распределительный склад	– выдача работы по цехам – получение выполненной работы – учет выданной и выполненной работы
Заготовительный цех	– пошив заготовок из кроя
Пошивочный (сборочный) цех	– сборка готовых изделий
Отдел отгрузки продукции	– комплектация продукции

Схема работы интегрированного производства следующая:

- оператор получает геометрические образы деталей всех ростовок в интегрированную базу данных АСУП;
- используя интерфейс АРК, оператор назначает (ориентируясь на задание для раскроя), какое количество необходимо раскроить на каждое изделие;
- АРК автоматически выбирает из этого назначения необходимое количество геометрических образов деталей, из которых состоит конкретное изделие, и сортирует их по применяемым материалам;

- оператор запускает на раскрой подобранные образы поочередно на каждый материал;
- после исполнения раскроя АРК с помощью видеопроектора помогает оператору собрать детали, используя для этого критерий – размер;
- оператор складывает выполненные изделия по размерам.

На рис. 1 показан фрагмент производственного процесса в формате стандарта IDEF0 (схема организации раскроя материалов по объектно-функциональной схеме управления производством).

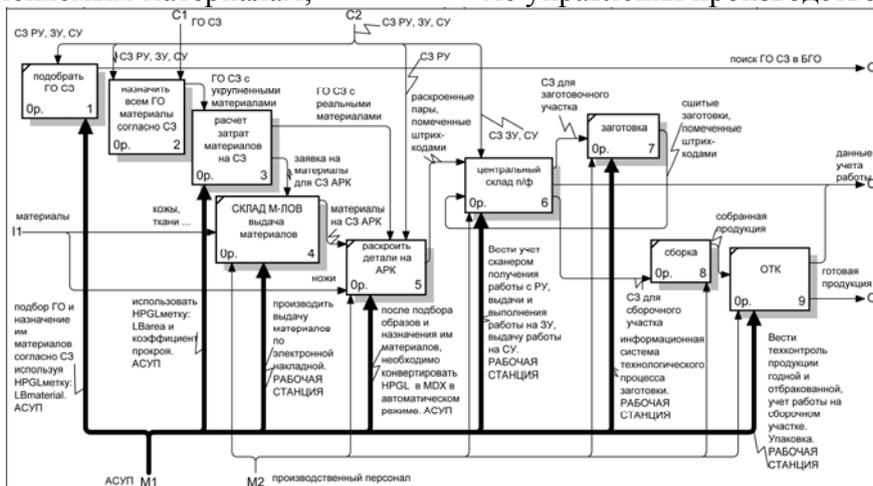


Рис. 1

В производстве имеется три подсистемы, которые необходимо интегрировать в один объектно-функциональный комплекс: САПР-раскрой, АРК и АСУП.

Объединение подсистем осуществляется через локальную вычислительную сеть. Интеграция подсистем осуществляется путем обмена файлами между подсистемами в формате HPGL.

База данных геометрических образов объектов собрана из отдельных файлов, где прописана информация о геометрической форме объекта, модели, росте, материале и другая служебная информация. В настоящее время эта база данных составляет более 80 тысяч геометрических образов для 950 различных изделий.

Реализованы следующие автоматизированные рабочие места.

*АРМ диспетчера производства.* Программа установлена на складе готовой продукции, где осуществляется прием заказов. Здесь оператор вносит новые заказы в базу данных заказов с помощью набора соответствующих параметров, полученных от заказчика по факсу или по электронной почте. Данные записываются автоматически, если заказчик (дилер, магазин и т.п.) пользуется специальной программой формирования бланка заказа.

*АРМ работника склада материалов.* Программа установлена на складе материалов, где осуществляются складские операции прихода и расхода материалов и других товарно-материальных ценностей. Ведется складской учет. Осуществляется выдача запросов на приобретение заканчивающихся материалов.

*АРМ работника центрального склада.* Программа установлена на центральном складе, где осуществляются распределение работы среди рабочего персонала и учет выполненных работ.

Каждый работник имеет свой табельный номер в виде штрих-кода на карточке работника. На центральном складе осуществляются прием-выдача работы путем чтения сканером штрих-кода работника и штрих-кода паспорта изделия.

Таким образом, осуществляется контроль движения изделия внутри производства и имеется возможность в режиме реального времени осуществлять поиск интересующего изделия в производстве с по-

лучением полной информации о его состоянии на данный момент.

После прохода всего технологического процесса изделие отправляется в отдел технического контроля.

*АРМ работника ОТК.* Программа установлена в отделе технического контроля, где осуществляются контроль качества выпускаемой продукции, упаковка со снабжением готового изделия этикетками и гарантийными талонами. При прочтении штрих-кода на паспорт изделия распечатываются все необходимые клейкие этикетки и происходит запись сдачи работы работником. Далее готовое изделие отправляется на склад готовой продукции.

*АРМ работника склада готовой продукции.* Программа установлена на складе готовой продукции, где происходит прием и отгрузка заказов. С помощью программы осуществляется прием готовой продукции на склад, а также ее отгрузка клиентам с распечаткой всех необходимых документов (накладных, счетов-фактур, товарно-денежных отчетов).

Разработанная система автоматизации раскроя материалов в течение года функционирует в производственных условиях и ее применение положительно сказывается на выработке пользующейся спросом продукции.

## В Ы В О Д Ы

Интеграция автоматизированной системы раскроя текстильных материалов с раскройным комплексом и автоматизированной системой управления позволяет организовать мелкосерийное производство, оперативно реагирующее на потребности рынка.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шведенко В.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 4. С.104...110.

2. Шведенко В.Н., Миронова Н.В., Кулебякин А.А., Басов Ю.М., Виноградова Г.Л. Современные системы интегрирования предприятия: Монография / Под ред. В.Н. Шведенко. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2004.

Рекомендована кафедрой вычислительной техники. Поступила 25.05.06.

УДК 677.054

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина издал учебное пособие\* по основам метрологии и измерительным приборам в текстильной промышленности, которое предназначено для студентов различных специальностей, где изучаются учебные дисциплины, связанные с текстильным и швейным материаловедением, проведением технического контроля в различных производствах текстильной промышленности, метрологией, стандартизацией и сертификацией товаров и услуг.

Книга содержит разделы, связанные с историей возникновения и развитием метрологии, систематизацией единиц измерения, обработкой результатов измерений, построением измерительных приборов, данными о правовой основе метрологической деятельности и международных метрологических организациях.

Изданный учебник обладает целым рядом достоинств, которые заключаются в следующем. В настоящем учебном пособии системно и доходчиво изложены основные разделы метрологии, последовательно и методически грамотно рассмотрены методы и средства измерений общего применения, имеющие в своей основе различные физические принципы научной и технической реализации. Подробно рассмотрены основные положения Закона Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений" и соответствии особенно тем основным принципам, в которых говорится о задачах метрологического обеспечения предприятий в рамках пред-

стоящего вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО).

Необходимо отметить хорошее полиграфическое исполнение и оформление книги в целом. Так, например, обложка оформлена с использованием интерьерной ткани из коллекции Музея художественных тканей МГТУ им. А.Н. Косыгина.

В качестве пожеланий авторам с целью дальнейшего улучшения и совершенствования содержания учебного пособия хочется сказать следующее.

В разделе, связанном с электрическими измерениями, не совсем удачно выбрано именно его название, так как с этими измерениями в метрологии в большей степени ассоциируют прежде всего материал, связанный с измерением электрических величин, а именно: напряжение, сила тока, мощность, частота и фазы электромагнитных колебаний и т.д.

Раздел "Обработка результатов измерений" можно было бы начать с рассказа об общей методологии обработки результатов прямых и косвенных однократных и многократных измерений, ссылаясь на соответствующие метрологические нормативные документы.

В подразделе о приборах для регистрации измеряемых величин желательно дать дополнительную информацию об использовании современной компьютерной техники для решения различных измерительных задач.

Поступила 27.01.06

\*Шустов Ю.С., Плеханова С.В. Основы метрологии и измерительные приборы в текстильной промышленности/ Учебное пособие. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. – 141с.

**100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
ПРОФЕССОРА ФЕДОРА МАРКИАНОВИЧА РОЗАНОВА**

В августе 2006 года исполнилось 100 лет со дня рождения видного ученого-текстильщика профессора Федора Маркиановича Розанова.

Большую и интересную жизнь прожил Ф.М. Розанов – ученый-профессионал, ученый-практик, прекрасный, замечательный человек, незаурядная личность.

Богата его биография.

Родился Федор Маркианович 8 августа 1906 г. в городе Павлово-Посаде Московской области в семье рабочих.

С 10 лет он начал работать в торговых домах Чистова г. Борисоглебска Тамбовской области, Маслова г. Орехово-Зуева Московской области, Единого потребительского общества г. Павлово-Посада Московской области. Потом – ФЗУ, техникум, Московский текстильный институт, который Ф.М. Розанов окончил в 1932 г., одновременно – работа преподавателем техникума. Затем Федор Маркианович учится в аспирантуре и работает ассистентом на кафедре ткачества Московского текстильного института. В июне 1937 г. ему присуждается ученая степень кандидата технических наук. Далее – работа доцентом и заведующим кафедрой ткачества Ленинградского текстильного института.

В 1941 г. – служба в действующей Красной Армии, участие в боевых военных действиях под Ленинградом.

Далее Ф.М. Розанов работает доцентом Ташкентского текстильного института Наркомтекстиля СССР, заместителем директора и директором Ивановского текстильного института.



28 декабря 1943 г. его награждают орденом Трудового Красного Знамени, а 9 мая 1945 г. – медалью "За Победу над Германией".

6 июня 1945 г. Федор Маркианович награждается медалью "За доблестный труд в Великой Отечественной войне".

После войны Ф.М. Розанов работает начальником ГУУЗА Ленинградского текстильного треста, доцентом Ленинградского текстильного института, начальником Главного управления

ВУЗов легкой и текстильной промышленности МВО СССР.

С 1946 г. Ф.М. Розанов – доцент кафедры ткачества, а с октября 1947 г. по июль 1973 г. – заведующий кафедрой ткачества Московского текстильного института. В марте 1946 г. ему присваивается ученое звание доцента по кафедре ткачества. 27 октября 1953 г. он награжден орденом "Знак Почета", а 23 июня 1954 г. вторым орденом Трудового Красного Знамени.

В июне 1962 г. Ф.М. Розанову присвоено ученое звание профессора.

С июля 1973 г. Федор Маркианович – профессор, профессор-консультант кафедры ткачества Московского текстильного института.

В июле 1988 г. Ф.М. Розанов уходит на заслуженный отдых, а 4 октября 1988 г. его не стало. Умер Ф.М. Розанов в г. Москве.

Хочется сказать о большой и многогранной научной деятельности Ф.М. Розанова. Он был автором первых изданий учебников «Строение и проектирование тканей», «Технология ткачества». Эти книги не потеряли актуальности и до

настоящего времени. Под его руководством проведены уникальные научные исследования, связанные с проектированием и изготовлением сложных тканей специального назначения из различных волокон для народного хозяйства страны. Под его руководством коллектив кафедры разработал новые технологии изготовления многослойных тканей специального назначения. По техническому заданию кафедры СКБТО МО СССР спроектирован и изготовлен опытный образец новой оригинальной конструкции ткацкой установки для выработки плоских и объемных контурных многослойных тканей.

Федор Маркианович Розанов внес заметный вклад в становление кафедры ткачества. Несмотря на то, что уже почти 18 лет его нет с нами, влияние Федора Маркиановича на подготовку специалистов ощутимо и сегодня.

На кафедре работали и работают многочисленные ученики и соратники Ф.М.Розанова.

Всю свою жизнь Ф.М. Розанов был тесно связан с текстильной промышленностью. Многие годы он работал Председа-

телем научно-технических советов Министерства легкой промышленности СССР и текстильной промышленности РСФСР.

Профессор Ф.М. Розанов создал мощную основу кафедры ткачества, благодаря чему и сейчас кафедра является одной из ведущих в университете.

Сегодня коллектив кафедры ткачества МГТУ им. А.Н.Косыгина полон творческих замыслов. Концепции модернизации российского образования и развития легкой промышленности на период до 2010 г. поставили перед коллективом кафедры новые задачи, которые заключаются, прежде всего, в подготовке специалистов с ориентацией на рынок труда с учетом требований социально-экономического развития страны. Для этого необходима слаженная, целеустремленная работа всего коллектива кафедры по совершенствованию образовательно-воспитательного процесса.

Все то, что сейчас имеет кафедра, было в свое время заложено трудом и знаниями старшего поколения ученых-технологов – ткачей. И заслуга профессора Ф.М. Розанова, столетие которого мы отмечаем в этом году, огромна.

**Ректорат и кафедра ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н.Косыгина.**

**Ректорат Ивановской государственной текстильной академии.**

**Редколлегия и редакция журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".**