



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

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

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

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

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

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

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

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

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.11.2001. Подписано в печать 01.12.2001. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 13,48 усл.-печ. л.; 13,73 усл. кр.-отт.; 19,82 уч.-изд. л. Заказ 2371.

Тираж 450 экз.

---

Ивановская областная типография Министерства Российской Федерации  
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.  
E-mail: 091-018@adminet.ivanovo.ru

УДК 677.017.32:681.3

**КОМПЬЮТЕРНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ВОРСИСТОСТИ ПРЯЖИ***Н.А. КОРОБОВ, Н.В. БУТОРИНА, Е.Н. ВЛАСОВА,  
В.Ф. КОРОБОВА, Б.Н. ГУСЕВ***(Ивановская государственная текстильная академия, ЗАО ФПК «Чайковский текстильный дом»)**

Свойство ворсистости пряжи, то есть наличие кончиков и петель волокон на ее поверхности, при производстве различного ассортимента тканей можно рассматривать и как позитивное, и как негативное явление. При выпуске швейных ниток и тканей с выразительным рисунком переплетения (группы камвольных шерстяных и жаккардовых льняных тканей, сатиновая группа хлопчатобумажных тканей) уровень ворсистости пряжи стремятся уменьшить. Для тканей, подвергающихся валке и ворсованию, уровень ворсистости пряжи, наоборот, стараются увеличить с целью образования на поверхности полотен хорошо закатанного ворса (ткани чисто- и полушерстяные грубосуконные; зимней подгруппы платьевой и одежной групп, а также ворсовой группы хлопчатобумажных тканей).

Высокоэффективная количественная оценка рассматриваемого свойства связана как с решением ряда метрологических, так и технических проблем различного уровня. На первом уровне необходимо решать проблемы систематизации и проектирования новых количественных показателей ворсистости пряжи; на следующем уровне – проблемы проектирования различных технических средств для измерения конкретных показателей ворсистости пряжи.

Более подробное исследование [1] проблемы второго уровня показало, что в настоящее время существует большое количество методов измерений показателей ворсистости, основанных на самых разных

физических явлениях. Главным недостатком этих методов является их низкая информативность (как правило, измеряются один или два количественных показателя ворсистости). Кроме этого возникает необходимость проектирования и изготовления специальных и достаточно сложных технических средств измерений.

В настоящей работе разработан комплексный подход к решению названных выше проблем при измерении показателей ворсистости пряжи с учетом использования компьютерной техники, то есть в предлагаемом методе компьютер одновременно является и техническим средством получения первичной информации о ворсистости пряжи, и средством дальнейшей обработки полученной информации.

Последовательность решения проблемы состояла в выборе физического явления для отображения первичной информации, в формировании лабораторной пробы, в предварительной обработке полученной информации, в выявлении границы между ворсистостью и гладкостью пряжи, в представлении количественной информации по известным показателям ворсистости, в проектировании и представлении количественной информации по новым параметрическим и функциональным показателям ворсистости пряжи.

Объектом исследования выбраны пряжа пневмомеханического способа прядения 20 текс (хлопчатобумажная), кольцевого способа прядения 18,5 текс (вискоз-

ная) и 14,8 текс (смешанная: 50% лавсан, 50% вискоза). При формировании лабораторной пробы нить наматывали на контрастно окрашенную поверхность с шагом 20 мм. Размер пробы определялся техническими возможностями компьютера и составлял 100 x 150 мм. Пряжа наматывалась с постоянным натяжением, а участок измерения составлял 50 см. Для уменьшения методической погрешности от параллельного проецирования ворсинки были ориентированы в одной плоскости проекции согласно техническому решению [2].

В ходе предварительной обработки информации об изучаемом объекте решались проблемы фиксации изображения пряжи и получения контрастного фона для распознавания ворсинок, а также нахождения однозначного решения при запуске алгоритма распознавания. Этот этап проводили после получения изображения приготовленной пробы и приведения его к виду, удобному для компьютерной обработки, а также восстанавливали потерянную информацию по методике [3].

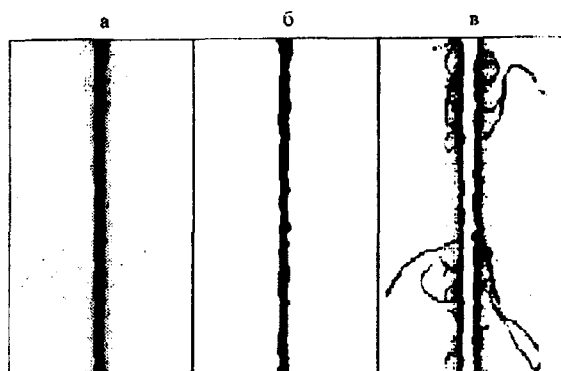


Рис. 1

На рис.1-а показано изображение участка пряжи, полученное оптическим методом параллельного проецирования с по-

$$H(x, y) = \left[ (x^2 + y^2 - 2\sigma_{xy}^2) e^{(x^2 + y^2)/2\sigma_{xy}^2} \right] / 2\pi\sigma_{xy}^6, \quad (1)$$

где  $x$  и  $y$  – целочисленные координаты элементов маски, заданные относительно ее центра;  $\sigma_{xy}$  – среднеквадратичное отклонение по элементам изображения маски в

мощью планшетного сканера, для которого использовали оптическую разрешающую способность 600 пиксел/дюйм. В результате сканирования имели цифровое (растровое) изображение пробы. Для упрощения распознавания ворсинок и границ пряжи производили переход от полутонового к двухуровневому изображению пробы. Далее изображение пробы подвергали специальной алгоритмической обработке для восстановления недостающей информации, потерянной из-за неоднородности оптических свойств ворсинок и пряжи. В результате получали четкое изображение пряжи на однородном фоне.

На этапе выявления границ между ворсистостью и гладкостью, то есть при определении линий ствола пряжи, принимали к рассмотрению только изображения, отвечающие одновременно трем условиям:

1) достижение необходимого уровня яркости, так как резкие колебания яркости являются важными простейшими признаками, определяющими очертания объектов;

2) выявление определенной близости к расчетной оси изображения пряжи (Евклидово расстояние);

3) установление необходимого метода выявления границ объектов на получаемых изображениях.

Наиболее качественное выделение перепадов яркости изображения пряжи имели при осуществлении нелинейной цифровой фильтрации. Повышения контрастности достигали путем свертки матрицы изображения с оператором, заданным в виде лапласиана гауссиана. Значения отдельных элементов квадратной маски этого фильтра определяли из выражения [4]:

направлениях  $x$ ,  $y$ .

В результате после фильтрации исходных данных и получения матрицы с контрастными перепадами яркостей выполня-

лась операция их сравнения с пороговым значением перепада яркости. Изображение контура пряжи в пределах установленных границ представлено на рис. 1-б.

Для удобства подсчета отдельных показателей ворсистой изображения выявленного контура пряжи было удалено и оставлено только изображение ворсинок (рис. 1-в).

При выполнении этапа определения количественных показателей ворсистой пряжи предварительно проводили их систематизацию для прямого (проекционного) метода измерения по направлениям разделения показателей на параметрические и функциональные, события и протяженности, абсолютные, относительные и удельные, развернутые и свернутые (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Наименование группы, подгруппы и отдельного показателя	Обозначение показателя и взаимосвязь с другими параметрами
<b>1. Параметрические:</b>	
1.1. События (абсолютные):	
количество кончиков	$n_k$
количество петель	$n_p$
количество ворсинок	$n_b = n_k + n_p$
число точек пересечения ворсинок	$n_T$
1.2. События (относительные):	
доля кончиков	$\epsilon_k = n_k / n_b$
доля петель	$\epsilon_p = n_p / n_b$
1.3. События (удельные):	
радиальный показатель количества ворсинок	$N_{CT} = n_b / d_{CT}$
радиальный показатель количества ворсинок	$N_{TP} = n_b / d_{TP}$
1.4. Протяженности (абсолютные):	
общая длина кончиков	$L_k = \sum_{i=1}^{n_k} (l_k)_i$
общая длина петель	$L_p = \sum_{i=1}^{n_p} (l_p)_i$
общая длина ворсинок	$L_b = \sum_{i=1}^{n_b} (l_b)_i$
средняя длина кончиков	$\bar{l}_k = \sum_{i=1}^{n_k} (l_k)_i / n_k$
средняя длина петель	$\bar{l}_p = \sum_{i=1}^{n_p} (l_p)_i / n_p$
средняя длина ворсинок	$\bar{l}_b = \sum_{i=1}^{n_b} (l_b)_i / n_b$
1.5. Протяженности (относительные)	
1.6. Протяженности (удельные)	
<b>2. Функциональные:</b>	
2.1. Развернутые:	
относительная плотность расположения ворсинок по диаметру пряжи	$\Phi_d = \varphi(d_{TP})$
относительная плотность расположения ворсинок по длине пряжи	$\Phi_l = \varphi(l_{TP})$
2.2. Свернутые (дифференциальные, интегральные):	
распределение количества ворсинок	$f(n_b), F(n_b)$
распределение длины ворсинок	$f(l_b), F(l_b)$



Проведенная операция по систематизации позволила спроектировать новые показатели, необходимые для более полного анализа свойства ворсистой исследуемой пряжи при проведении не только производственных, но и научных исследований.

Так, например, из параметрических показателей события введены число точек пересечения ворсинок (абсолютный показатель), доля кончиков и петель (относительные показатели), отношение числа ворсинок к диаметрам ствола и пряжи (удельные показатели). Аналогично выявлены относительные и удельные показатели протяженности ворсинок.

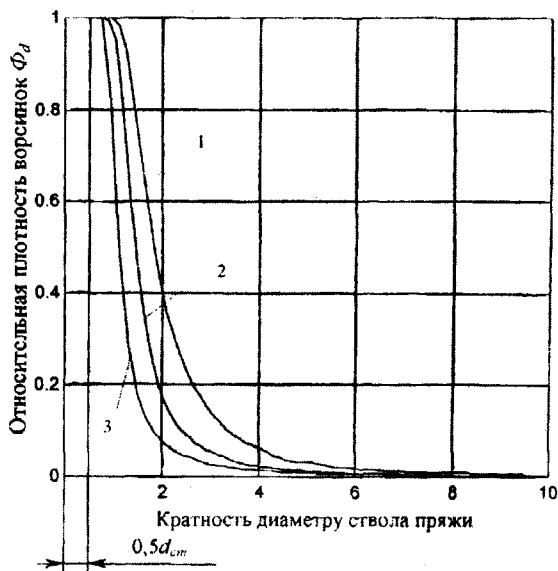


Рис. 2

Из функциональных показателей помимо дифференциальных и интегральных распределений количества ворсинок и длины волокон (свернутые показатели) спроектированы развернутые, а именно средняя плотность ворсинок по направлениям длины и диаметра пряжи. Последняя изображена на рис.2, где кривые 1, 2 и 3 — соответственно зависимости для хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 20 текс, вискозной пряжи линейной плотности 18,5 текс и смешанной пряжи (50%

вискоза, 50% лавсан) линейной плотности 14,8 текс, и позволяет изучать разнообразные качественные характеристики кривых (скорость изменения, эластичность и другие).

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены и практически проработаны операции процесса компьютерного измерения показателей ворсистой пряжи.

2. Предложены дополнительные параметрические и функциональные показатели ворсистой пряжи проекционного способа измерения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коробова В.Ф., Гусев Б.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1987. № 4. С.11...13.

2. Гусев Б.Н., Коробова В.Ф. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1987. № 6. С.9...13.

3. Матрохин А.Ю., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2001, № 1. С.106...109.

4. Прэтт У. Цифровая обработка информации (в 2-х т.). — М.: Мир, 1982.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 27.04.01.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВОГО ПАКЕТА ОДЕЖДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ

*И.М. ТАТОЧЕНКО, А.Ф. ДАВЫДОВ*

**(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)**

Исследование современного пакета одежды по его сырьевому составу проводили с целью определения доли содержания в нем натуральных, искусственных и синтетических волокон, а также выделения наиболее часто встречающихся волокон и смесок. Исследованию подвергались пакеты одежды для теплого (лето), холодного (зима) и переходного (весна-осень) периодов. Статистические данные для анализа получены из архива испытательного центра «Квалитекс», действующего при РосЗИТЛП с 1998г. и занимающегося сертификацией изделий текстильной и легкой промышленности. Всего использовали 200 дел, содержащих информацию более чем о 8 млн. изделий, объединенных в группы в соответствии с местом, занимаемым в слоях пакета.

Первый слой пакета образуют нательное белье (майки, трусы, боди, бюстгалтеры) и чулочно-носочные изделия (колготки, чулки, полочулки, носки) – он контактирует непосредственно с кожей человека. Второй слой включает рубашки (сорочки, блузки, фуфайки-футболки), брюки (бриджи, шорты), юбки, платья и сарафа-

ны. В состав третьего слоя входят пиджаки, жакеты, ветровки, куртки джинсовые, а также свитеры, джемперы и жилеты. Завершает пакет одежды четвертый слой, содержащий пальто демисезонные, полупальто, плащи, куртки, пальто зимние и куртки утепленные.

Кроме перечисленных групп изделий исследовали сырьевые составы подкладочных материалов, присутствующих частично во втором слое (пиджаки, юбки), повсеместно в 3 и 4-м слоях, а также материалов-утеплителей изделий 4-го слоя.

Данные табл.1 позволяют констатировать следующее.

Для слоев пакета одежды, имеющих контакт с кожей человека (1 и 2-го), характерно большее количество натуральных и меньшее синтетических волокон; при переходе в каждый последующий слой пакета общая процентная доля синтетических волокон возрастает. Так, изделия 1-го слоя содержат в среднем 28,7% синтетических волокон; 2-го слоя – 43,9%; 3-го слоя – 57,5% и 4-го слоя – около 44% (с учетом утеплительных и подкладочных материалов).

Слой пакета одежды	Наименование изделия	Масса изделия, кг	Доля волокон в изделии, %											Доля синтетических волокон, %	
			натуральные					искусственные		синтетические					
			хлопок	шерсть	лен	шелк	прочие	вискоза	ацетат	ПЭ (лавсан)	ПА (капрон)	ПААН (нитрон)	эластан		прочие
1	Нательное белье	0,3	65,6	1,3	-	0,1	-	18,7	-	6,6	5,7	-	1,4	0,6	7,2
	Чулочно-носочные изделия	0,1	23,4	5,4	-	-	-	-	-	0,5	52,6	11,4	3,1	3,6	53
	Итого 1-й слой	-	55,0	2,3	-	<0,1	-	14,0	-	5,1	17,4	2,9	1,8	1,45	-
2	Сорочки, рубашки	0,35	28,3	-	2,9	0,9	-	22,6	3,3	41,1	0,3	0,3	0,2	0,1	26,5
	Брюки, юбки (без учета подкладки)	0,7	23,6	13,0	4,1	0,8	2,2	5,0	-	49,6	1,2	0,3	0,1	-	35,2
	Платья, сарафаны	0,6	35,4	7,2	0,9	12,3	-	8,0	-	27,9	6,6	1,3	<0,1	0,4	17
	Итого 2-й слой	-	28,9	8,1	2,7	5,0	0,9	9,8	0,7	40,0	3,1	0,5	0,1	0,2	-
3	Пиджаки, жакеты (материал верха изделия)	1,3	13,6	11,1	8	0,2	-	4,9	-	57,9	3,9	0,2	<0,1	-	48,4
	Свитеры, джемперы	1,0	36,5	11	0,3	0,2	-	0,9	-	38,8	5,1	6,6	-	0,6	38,5
	Итого 3-й слой	-	23,5	11,1	4,6	0,2	-	3,2	-	49,6	4,4	3,0	<0,1	0,5	-
4	Пальто деми, куртки утепленные (материал верха)	2,3	14,2	42,4	-	<0,1	-	2,7	<0,1	30,4	9,1	0,8	<0,1	<0,1	27,6
	Итого 4-й слой	-	19,7	40,6	-	<0,1	-	4,0	<0,1	22,2	7,3	6,0	<0,1	<0,1	-
	Подкладочные материалы	0,2	1,7	-	-	-	-	8,5	-	87	2,8	-	-	-	89,8
	Утеплительные материалы	1,0	-	5,0*	-	-	15,8**	3,8*	-	-	3,8*	-	-	71,6	71,6
	Итого 4-й слой с учетом утеплительных и подкладочных материалов	-	15,8	33,3	-	-	2,6	4,1	-	20,9	6,6	4,8	-	11,9	-

Примечание. \* – в искусственном мехе; \*\* – натуральный мех, пух.

Из натуральных волокон в составе предметов одежды наиболее часто присутствуют хлопок и шерсть (во всех четырех слоях пакета), в небольших количествах представлены лен (во 2 и 3-м слоях) и натуральный шелк (в 3-м слое). Характерно, что доля хлопка в изделиях уменьшается при переходе от 1-го слоя (55%) к последующим (в 4-м слое менее 20%), а шерсти, наоборот, возрастает (с 2,3% в 1-м слое до

примерно 33% – с учетом утеплительных и подкладочных материалов – в 4-м слое пакета). Данная закономерность требует самостоятельного рассмотрения; при этом необходимо оценить процентные доли смесок на основе хлопка и шерсти в различных слоях.

Из искусственных волокон достаточно часто используется вискоза (особенно в 1 и 2-м слоях – благодаря своей высокой гид-



рофильности и, следовательно, антистатическим свойствам), ацетатные волокна же присутствуют только в женских блузках и в очень незначительном (менее 1%) количестве. Из синтетических волокон во всех слоях пакета присутствуют ПЭ (лавсан), его процентная доля меньше 20% только в 1-м слое, а во 2 и 3-м слоях составляет 40...50%, в меньшей степени – ПА (капрон) – в значительном количестве лишь в 1-м слое (за счет чулочно-носочных изделий, где его процентная доля превышает 50%) и ПАН (нитрон). В 4-м слое как утеплитель зимних курток и комбинезонов применяется синтепон.

С использованием полученных данных невозможно оценить содержание натуральных, искусственных и синтетических волокон в пакетах одежды, характерных для различного времени года. Для этого из групп изделий (табл.1) были сформированы 8 пакетов одежды (по 3 – для теплого и переходного и 2 – для холодного периодов). Для каждого пакета определяли его среднюю массу и процентные доли натуральных, искусственных и синтетических волокон (процентные доли приводились не к массе изделий в слое, а к массе пакета).

Таблица 2

Период года	Состав пакета	Слой пакета	Масса пакета, кг	Доля волокон, %		
				натуральные	искусственные	синтетические
Теплый (лето)	нательное белье	1	1,0	56,5	10,4	33,1
	чулочно-носочные	1				
	платье	2				
	нательное белье	1	1,45	45,1	12,5	42,4
	чулочно-носочные	1				
	брюки	2				
сорочка	2					
нательное белье	1	2,75	39,9	8,9	51,2	
чулочно-носочные	1					
брюки	2					
сорочка	2					
пиджак	3					
Переходный (весна – осень)	нательное белье	1	3,5	44,6	4,6	50,8
	чулочно-носочные	1				
	платье	2				
	плащ	4				
	нательное белье	1	3,75	42,1	6,8	51,1
	чулочно-носочные	1				
	сорочка	2				
	брюки	2				
	джемпер	3				
пиджак	3					
нательное белье	1	4,95	42,6	5,5	51,9	
чулочно-носочные	1					
сорочка	2					
брюки	2					
джемпер	3					
куртка	4					
Холодный (зима)	нательное белье	1	5,7	50,0	5,3	44,7
	чулочно-носочные	1				
	платье	2				
	свитер	3				
	пальто	4	7,45	45,4	6,0	48,6
	нательное белье	1				
	чулочно-носочные	1				
	сорочка	2				
	брюки	2				
джемпер	3					
пиджак	3					
пальто	4					

Результаты расчетов сведены в табл.2, из которых следует, что наиболее неблагоприятными с точки зрения содержания синтетических волокон являются пакеты одежды для переходного периода (среднее содержание синтетики 51,3%), В пакетах холодного и теплого периода аналогичный показатель составляет соответственно 46,9 и 45,2%. Для каждого периода года увеличение количества предметов одежды в пакете и его массы сопровождается увеличением доли синтетических волокон. Наименьшее их количество (33,1%) содержит летний пакет, состоящий всего из 3-х предметов 1 и 2-го слоев.

## ВЫВОДЫ

1. На российском рынке продукции текстильной и легкой промышленности массовая доля синтетических волокон превосходит 45% в пакетах одежды, носимых практически в любой период года.

2. Наличие большой доли синтетических волокон, подвергающихся сильной электризации, требует введения испытаний по определению электрических свойств в процедуру сертификации как отдельных предметов одежды, так и материалов, из которых они изготавливаются.

3. В дальнейших исследованиях для материалов и изделий из различных слоев пакета одежды необходимо определять предельную долю содержания синтетических волокон, которое не требует дальнейших исследований электрических свойств и может считаться безопасным в электростатическом отношении.

Рекомендована кафедрой материаловедения.  
Поступила 04.07.01.

УДК [677.494.742.3.023.292.92 + 677.494.742.3.022.6]:677.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВТОРИЧНОЙ СКРУЧЕННОСТИ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОТДЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ КРУЧЕНОЙ ПРЯЖИ

*А.В. ТОЛМАЧЕВ, В.А. РОДИОНОВ, О.В. МОСЯГИНА*

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

Цель работы заключалась в экспериментальном выявлении значений отдельных показателей свойств полипропиленовой (ПП) крученой пряжи линейной плотности 25текс х 2 от величины второй крутки и наносимого поверхностно-активного вещества (ПАВ).

Первичная крутка составляла 590кр/м [1].

В первой части исследования полученные образцы ПП крученой пряжи испытывались по следующим показателям: разрывной нагрузке  $P_p$ ; разрывному удлинению  $\epsilon_p$ ; линейной плотности  $T$ ; удельной разрывной нагрузке  $P_y$ ; коэффициенту трения нити в игле; количеству циклов на

самоистирание в петле; жесткости нити при кручении; неравновесности.

Разрывную нагрузку, разрывное удлинение и линейную плотность определяли по стандартным методикам.

Коэффициент трения нити в игле определяли на приборе ПТ-1; количество цик-

лов на истирание – на приборе ИПП; коэффициент жесткости – на приборе КМ-20м; неравновесность трощеной пряжи – на приборе ПОН-1.

Результаты испытаний приведены в табл.1.

Таблица 1

Наименование показателя	K <sub>2</sub> , кр/м				
	270	370	470	570	670
R <sub>p</sub> , сН	911,25	961,25	983,25	933,0	855,75
ε <sub>p</sub> , %	20,86	19,43	19,895	20,175	19,855
T, текс	46,89	49,46	50,42	47,28	48,62
R <sub>y</sub> , сН/текс	19,495	19,42	19,65	19,848	17,695
Неравновесность, вит/м	2,52	3,8	10,675	15,855	21,84
Жесткость, у.е.	14,29	13,703	12,356	14,73	14,954
Количество циклов на истирание	1159,7	1176,6	1255,7	1244,7	1348,2
Коэффициент трения нити в игле	0,227	0,241	0,245	0,268	0,223

Анализ данных табл.1 показывает, что с увеличением второй крутки разрывная нагрузка возрастает, достигая максимума при крутке, равной 470кр/м, затем она начинает уменьшаться. Возрастает неравновесность, увеличивается количество циклов на истирание, так как с ростом крутки растет фиксация отдельных волокон в структуре крученой пряжи и волокна не смещаются вдоль оси пряжи, а полностью разрушаются. Коэффициент трения нити в игле увеличивается до крутки 570кр/м. Это связано с тем, что элементарные волокна с увеличением крутки располагаются под большим углом к оси крученой пряжи. Снижение коэффициента трения объясняется достижением такого уплотнения продукта, при котором поверхность становится практически гладкой. Жесткость крученой пряжи постепенно снижается, достигая минимального значения при 470кр/м,

вследствие того, что уменьшается остаточная крутка пряжи и, как следствие, жесткость одиночной пряжи. При дальнейшем увеличении второй крутки жесткость трощеной пряжи начинает увеличиваться, поскольку возрастает ее объемная плотность. Удлинение в рассматриваемом интервале варьирования второй крутки изменяется незначительно.

В качестве объекта исследования влияния различных ПАВ на показатели свойств пряжи использовали ПП крученую пряжу линейной плотности 25текс х 2 со второй круткой 270кр/м.

При изучении влияния ПАВ оценку осуществляли по следующим показателям: коэффициенту трения нити в игле, количеству циклов на самоистирание в петле и жесткости нити. Результаты исследований представлены в табл.2.

Название ПАВ	Коэффициент трения в игле	Количество циклов на истирание	Коэффициент жесткости на кручение
Исходная пряжа	0,227	1159,7	14,29
Жидкий парафин	0,209	4173,8	16,36
Крата	0,206	4020,5	15,68
PERRUSTOL ASP-PE	0,205	2603,6	17,49
Fur LN Vam	0,195	6417,1	14,31
Масло инд. 4-8-А	0,188	2843,7	15,04
ПЭС-5	0,183	8624,4	17,13
Сополимер-5	0,174	7259,0	16,24
Масло веретенное	0,167	9038,7	13,88
Моснитки 2 (разб. 1/3)	0,166	6652,8	17,32
Комцов-36	0,165	7080,0	15,0
ВК-1910 AS	0,160	9895,2	16,01
Моснитки 1	0,158	12887,2	14,14
Консофт 36	0,155	6847,95	15,36
Райолан ОВГ	0,145	11205,2	12,94

По данным табл.2 установлено, что не всегда малый коэффициент трения соответствует значительному увеличению количества циклов на истирание. Это связано с составом ПАВ и процентным содержанием отдельных его компонентов. Так, при высоком содержании склеивающих компонентов и низком содержании замасливающих препаратов коэффициент трения снижается незначительно, однако по причине склеивания отдельных волокон, особенно периферийных, количество циклов на истирание увеличивается значительно, также увеличивается и жесткость на кручение.

При использовании ПАВ, содержащих в основном масла, значительно снижался

коэффициент трения в игле, в меньшей степени увеличивалось количество циклов на истирание, незначительно снижалась жесткость при кручении. Лучшие результаты имелись у следующих ПАВ: Райолан ОВГ фирмы Беме (Германия), Консофт 36 и Моснитки 1 (Россия).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов В.А., Толмачев А.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000. №1. С.42...46.

Рекомендована кафедрой переработки химических волокон. Поступила 07.05.01.

УДК 677.11.620.1

**ВЫВОД ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СООТНОШЕНИЙ  
ДЛЯ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЬНЯНОГО СЫРЦА  
С РАБОЧЕЙ КРОМКОЙ БИЛА ПРИ ТРЕПАНИИ**

А.Б. ЛАПШИН, Е. Л. ПАШИН

(Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур)

Силовой анализ взаимодействия текстильного материала с шероховатой поверхностью позволяет установить взаимосвязь между силой натяжения, силой нормального давления поверхности на материал, поперечной силой и изгибающими моментами [1...7]. В [6, 7], хотя и получены решения дифференциальных уравнений для поперечных сил при допущении  $4k^2rh/(r+h)^2 \ll 1$ , ( $k$  – коэффициент трения,  $r$  – радиус поверхности,  $h$  – половина толщины материала), отсутствует методика конкретного определения начальной величины (в сечении набегания) поперечной силы. Кроме того, решения для сил натяжения в [6,7] включают составляющие Эйлера вида  $T_0 \exp(k\varphi)$  ( $T_0$  – сила натяжения в ведомой ветви,  $\varphi$  – угол охвата), что не соответствует результатам [4, 5], согласно которым составляющие Эйлера имеют вид  $T_0 \exp(k\varphi r/(r+h))$ .

Цель данной работы – устранить указанное несоответствие и получить решение для поперечной силы в общем случае (без упомянутого выше допущения), что позволит выявить роль различных ускорений и сил в формировании силы натяжения при воздействии била трепального барабана на край льняного сырца. Под определяющими

соотношениями будем понимать систему дифференциальных уравнений и окончательные аналитические выражения для упомянутых сил.

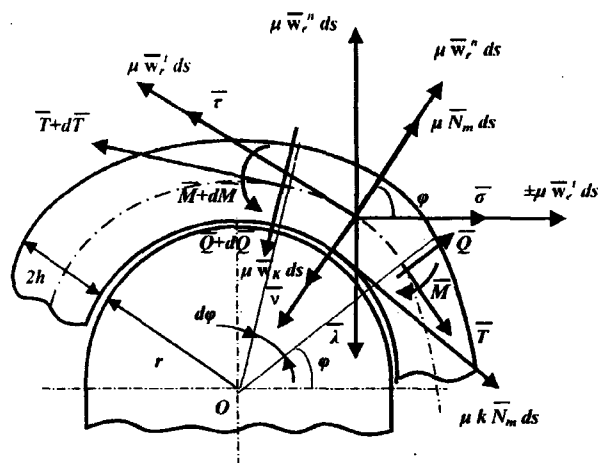


Рис. 1

Рассмотрим в процессе трепания движение слоя льняного сырца толщиной  $2h$  по цилиндрической поверхности рабочей кромки радиуса  $r$  в плоскости нормального сечения цилиндра (рис.1). Выделим двумя сечениями бесконечно малый элемент слоя  $ds$ , соответствующий элементарному углу  $d\varphi$ . Проведем естественные оси  $\bar{r}$  и  $\bar{v}$  и оси  $\bar{\sigma}$  и  $\bar{\lambda}$ , имеющие общее

начало и направленные по касательной и главной нормали к оси слоя и к траектории центра масс элемента  $ds$  в его переносном движении. Ось  $\bar{\lambda}$  направлена к оси барабана.

Покажем действующие на элемент  $ds$  силы натяжения  $\bar{T}$  и  $\bar{T}+d\bar{T}$ , равнодействующие силы нормального давления рабочей поверхности  $d\bar{N} = \mu \bar{N}_m ds$  и трения по Амонтону  $d\bar{F} = k \mu \bar{N}_m ds$ , поперечные силы  $\bar{Q}$  и  $\bar{Q}+d\bar{Q}$ , изгибающие моменты  $\bar{M}$  и  $\bar{M}+d\bar{M}$ , силы инерции  $\mu \bar{w}_e^t ds$  и  $\mu \bar{w}_e^n ds$ , вызванные переносным движением поверхности, силы инерции  $\mu \bar{w}_r^t ds$  и  $\mu \bar{w}_r^n ds$  вследствие относительного движения слоя, силу инерции Кориолиса  $\mu \bar{w}_K ds$ .

Силы  $\bar{N}_m$  и  $k\bar{N}_m$  считаем отнесенными к единице массы, коэффициент  $\mu$  – масса единицы длины слоя. Силы сопротивления воздушных потоков и силы тяжести не учитываем [7], слой толщины  $2h$  полагаем несминаемым. При вычислении составляющих переносного ускорения пренебрегаем различием расстояния точек поверхности кромки от оси вращения барабана, поскольку радиус рабочей кромки мал по сравнению с радиусом последнего [7].

Дифференциальные уравнения плоского движения слоя по рассматриваемой цилиндрической поверхности получим на основании принципа Даламбера. Для этого к внешним силам добавим силы инерции и рассмотрим их равновесие.

Проектируя все силы на оси  $\bar{t}$  и  $\bar{v}$ , получаем уравнения

$$(T + dT) \cos \frac{d\varphi}{2} - T \cos \frac{d\varphi}{2} - (Q + dQ) \cdot$$

$$\cdot \sin \frac{d\varphi}{2} - Q \sin \frac{d\varphi}{2} - dF +$$

$$+ \mu ds (w_r^t + w_e^n \cos \varphi \pm w_e^t \sin \varphi) = 0, \quad (1)$$

$$(T + dT) \sin \frac{d\varphi}{2} + T \sin \frac{d\varphi}{2} + \\ + (Q + dQ) \cos \frac{d\varphi}{2} - Q \cos \frac{d\varphi}{2} - dN - \\ - \mu ds (w_r^n - w_K + \\ + w_e^n \sin \varphi \pm w_e^t \cos \varphi) = 0, \quad (2)$$

где  $w_K$  – ускорение Кориолиса;  $w_r^t, w_r^n$  – касательная и нормальная составляющие относительного ускорения;  $w_e^t, w_e^n$  – касательная и нормальная составляющие переносного ускорения слоя.

Из условия равенства нулю суммы моментов всех сил относительно центра  $O$  (рис. 1) рабочей кромки будем иметь:

$$-M_1 + M_2 + (r+h)T + \\ + r dF - (r+h)(T+dT) - \\ - (r+h)dI_\tau + (r+h)Qd\varphi = 0, \quad (3)$$

где  $M_1, M_2 = M_1$  – изгибающие моменты в сечениях элемента  $ds$ ,

$$dI_\tau = \mu ds (w_r^t + w_e^n \cos \varphi \pm w_e^t \sin \varphi).$$

Для того, чтобы система стала определенной, добавим уравнения, связывающие кривизну оси упругого слоя с изгибающим моментом и поперечной силой [6, 7]:

$$\pm \frac{dM}{ds} + Q + \frac{dF}{ds} h = 0, \quad (4)$$

$$M = \frac{B_0}{\rho}, \quad B_0 = EJ, \quad (5)$$

где  $\rho = r+h$  – радиус кривизны оси слоя на рабочей кромке;  $B_0$  – коэффициент жесткости слоя на изгиб;  $E$  – модуль про-



дольной упругости слоя волокна;  $J$  – осевой момент инерции площади поперечного сечения слоя.

В уравнении (4) перед первым членом знаки (+) и (–) соответствуют движению слоя по направляющей в сторону увеличения и уменьшения его кривизны [6] соответственно. Направление положительного отсчета  $s$  совпадает с направлением движения слоя. Третий член в (4) учитывает эксцентрично приложенную силу трения относительно оси слоя.

Таким образом, система уравнений (1...4) служит для определения  $T, N, Q, M$  в зависимости от аргумента  $\varphi$ . Учитывая малость угла  $d\varphi$  и пренебрегая величинами второго порядка малости, после преоб-

разований из (1) и (2) получаем дифференциальные уравнения:

$$dT - dF - Q d\varphi + dI_\tau = 0, \quad (6)$$

$$T d\varphi - dN + dQ + dI_n = 0, \quad (7)$$

где 
$$dI_n = \mu(r+h)(w_K - w_r^n - w_e^n \sin \varphi \pm w_e^t \cos \varphi) d\varphi.$$

Далее полагаем, что вращение трепальных барабанов равномерное, то есть  $w_e^t = 0$ . Исключив  $dN$  из (6) и (7), выразим  $dF$ :

$$dF = k[T d\varphi + k dT + dQ + k Q d\varphi + dI_n - k dI_\tau]. \quad (8)$$

Подставив (8) в (3), запишем:

$$\frac{dT}{d\varphi} - \frac{krT}{r+h} = \frac{kr}{r+h}.$$

$$\left[ \frac{dQ}{d\varphi} + \mu(r+h)(w_K - w_r^n - w_e^n \cos \varphi) \right] + Q - \mu(r+h)(w_r^t - w_e^n \cos \varphi). \quad (9)$$

Поскольку нормальная составляющая относительного ускорения  $w_r^n$  не зависит от  $\varphi$  и  $w_r^n = v_r^2 / (r+h)$ ,  $v = v_r$  – относительная скорость слоя на кромке, то из (9) следует

$$\begin{aligned} \frac{d(T - \mu v^2)}{d\varphi} - \frac{kr(T - \mu v^2)}{r+h} = \\ = \frac{kr}{r+h} \left[ \frac{dQ}{d\varphi} + \mu(r+h)(w_K - w_e^n \sin \varphi) \right] + \\ + Q - \mu(r+h)(w_r^t - w_e^n \cos \varphi). \quad (10) \end{aligned}$$

Дифференциальное уравнение (10) является линейным относительно  $T$  и его частное решение при начальном условии  $T(\varphi=0) = T_0$  имеет вид:

$$\begin{aligned} T(\varphi) = T_0 e^{a\varphi} - \mu v^2 (e^{a\varphi} - 1) + \\ + \mu(r+h) \left( w_K - \frac{w_r^t}{a} \right) (e^{a\varphi} - 1) - \\ - \frac{\mu kr w_e^n}{1+a^2} [e^{a\varphi} - \cos \varphi - a \sin \varphi] - \\ - \frac{\mu(r+h)w_e^n}{1+a^2} \cdot [a e^{a\varphi} - a \cos \varphi + \sin \varphi] + T_Q, \quad (11) \end{aligned}$$

$$a = \frac{kr}{r+h}, T_Q = e^{a\varphi} \int_0^\varphi e^{-a\varphi} \left( Q + a \frac{dQ}{d\varphi} \right) d\varphi. \quad (12)$$

Первое слагаемое в (11) представляет собой составляющую Эйлера в величине

силы натяжения  $T$ ; второе слагаемое определяется нормальной составляющей относительного ускорения слоя на кромке  $w_r^n$ ; третье слагаемое определяется ускорением Кориолиса  $w_K$  и касательной составляющей относительного ускорения  $w_r^t$ ; четвертый и пятый член в правой части (11) отражают вклад в силу натяжения нормальной составляющей переносного ускорения  $w_e^n$ ; шестое слагаемое  $T_Q$  отражает влияние поперечных сил и будет определено ниже.

Из (7) с учетом (11) получаем массовую (отнесенную к единице массы) силу нормального давления поверхности кромки на слой:

$$N_m(\varphi) = \frac{1}{\mu(r+h)} \left[ T(\varphi) + \frac{dQ}{d\varphi} \right] + w_K - w_r^n - w_e^n \sin \varphi. \quad (13)$$

Таким образом, влияние поперечных сил на величину силы нормального давления проявляется через  $T_Q$  (формулы (11), (12)) и через  $dQ/d\varphi$  (формула (13)). Выражение А.П.Минакова [1, 2, 7] для силы нормального давления является частным случаем соотношения (13).

Исключив из (4...7)  $T, N, F$ , будем иметь дифференциальное уравнение относительно  $Q$  (совпадающее с соответствующим уравнением из [6]):

$$\frac{d^2 Q}{d\varphi^2} + \frac{r+h}{kh} \frac{dQ}{d\varphi} - \frac{r}{h} Q = \mu(r+h)(w_r^t + 2w_e^n \cos \varphi). \quad (14)$$

Для решения (14) применим начальные условия

$$Q(\varphi=0) = Q_0, \quad (15)$$

$$\frac{dQ}{d\varphi}(\varphi=0) = T_0 - \mu v^2 + Q'_0. \quad (16)$$

Выражение (16) следует из известного дифференциального соотношения при изгибе  $dQ/d\varphi = T$ , если  $T = T_0 - \mu v^2$ . Величины  $Q_0$  и  $Q'_0 = [dQ/d\varphi]_{\varphi=0}$  определяются изменением изгибающего момента у сечения набегания слоя на кромку [8]:

$$Q_0 = T_0 \sin(\beta), \quad Q'_0 = B_0 / (4(r+h)^2),$$

$$\cos(\beta) = 1 - B_0 / (2T_0(r+h)^2).$$

Решение уравнения (14) при начальных условиях (15) и (16) имеет вид:

$$Q(\varphi) = C_1 e^{\lambda_1 \varphi} + C_2 e^{\lambda_2 \varphi} - \frac{\mu h(r+h)}{r} w_r^t - \frac{2\mu(r+h)w_e^n}{1+r/h+(r+h)/(kh)} \cos \varphi, \quad (17)$$

где

$$\lambda_1 = -\frac{r+h}{2kh} + \sqrt{\frac{(r+h)^2}{4k^2h^2} + \frac{r}{h}}, \quad (18)$$

$$\lambda_2 = -\frac{r+h}{2kh} - \sqrt{\frac{(r+h)^2}{4k^2h^2} + \frac{r}{h}},$$

$$C_1 = [T_0 - \mu v^2 + Q'_0 - \lambda_2 C_3] / (\lambda_1 - \lambda_2), \quad (19)$$

$$C_2 = -[T_0 - \mu v^2 + Q'_0 - \lambda_1 C_3] / (\lambda_1 - \lambda_2), \quad (20)$$

$$C_3 = Q_0 + \mu h(r+h)w_r^t/r +$$

$$+ 2\mu(r+h)w_e^n/(1+r/h +$$

$$+ (r+h)/(kh)). \quad (21)$$

С учетом (12) и (17...21) выражение для  $T_Q$  в (11) примет следующий вид:

$$T_Q = \frac{C_1(1+a\lambda_1)}{\lambda_1-a} [e^{\lambda_1\varphi} - e^{a\varphi}] +$$

$$+ \frac{C_2(1+a\lambda_2)}{\lambda_2-a} [e^{\lambda_2\varphi} - e^{a\varphi}] +$$

$$+ \frac{\mu h(r+h)w_r^t}{ar} (1 - e^{a\varphi}) +$$

$$+ \frac{2\mu(r+h)(1-a)w_e^n}{(1+a^2)(1+r/h+(r+h)/(kh))} \cdot$$

$$\cdot \left[ e^{a\varphi} - \cos\varphi - \frac{1+a}{1-a} \sin\varphi \right]. \quad (22)$$

Получена модель силового взаимодействия пряжи сырца с рабочей кромкой била с учетом поперечных сил в зоне контакта и изгибающих моментов в приконтактных зонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минаков А.П. Основы механики нити. – В кн.: Научно-исследовательские труды МТИ. – М., 1941. Т. 9. Вып. 1. С.1...88.
2. Щедров В.С. Основы механики гибкой нити. – М.: Машгиз, 1961.
3. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Каган В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
5. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
6. Мигушов И.И. //Изв. вузов. Машиностроение. – 1972, № 8. С.5...9.
7. Суслов Н.Н., Савиновский В.И. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975. № 1. С.31...36.
8. Огибалов П.М. и др. // Прикладная математика и механика. – 1939. Т.3. Вып.3. С.111...123.

Рекомендована Всероссийским НИИ по переработке лубяных культур. Поступила 20.06.01.

УДК 677.017.33: 677.022.484.4

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН  
НА ИЗМЕНЕНИЕ КРУТКИ ПРЯЖИ  
ПРИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ПРЯДЕНИЯ\***

*И.Ю.ЛАРИН, М.А.ПАРИНОВ, Е.А.ПОСЫЛИНА, В.Э.РЫБИН, Е.Р.ВОРОНИНА*

(Ивановская государственная текстильная академия,  
Ивановский государственный университет)

На неровноту пряжи по крутке при пневмомеханическом способе прядения влияют различные факторы. Одним из них является переменная жесткость волокон при кручении. При однородном потоке волокон в прядильном роторе изменение крутки нити от поверхности воронки до точки съема на сборном желобе происходит по экспоненциальному закону [1]. Однако при попадании более жесткого на кручение волокна крутка значительно уменьшается, что ведет к снижению прочности пряжи или даже к ее обрыву. Цель настоящей работы заключается в математическом описании этого явления.

1. Модельное уравнение. Сформированную в роторе мычку будем считать нестационарным потоком волокон, поэтому крутка  $K$  будет зависеть как от времени  $t$ , так и от расположения точки на нити,  $K = K(t, s)$ , где  $s$  – длина участка нити от входа в воронку до точки, в которой определяется крутка.

Считая полное приращение крутки  $\Delta K$  на участке нити  $[s, s+\Delta s]$  пропорциональным величине крутки,

$$\Delta K = -\alpha K \Delta s \quad (\alpha > 0),$$

и учитывая, что с точностью до бесконечности малых второго порядка

$$\Delta K = \frac{\partial K}{\partial s} \Delta s + \frac{\partial K}{\partial t} \Delta t,$$

получим

$$\frac{\partial K}{\partial s} \Delta s + \frac{\partial K}{\partial t} \Delta t = -\alpha K \Delta s. \quad (1)$$

Рассматривая равенство (1) в частном случае, когда промежутку времени  $\Delta t$  соответствует продвижение нити на расстояние  $\Delta s$ , получаем, что  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = V$  есть скорость движения нити. После деления (1) на  $\Delta t$ , перехода к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$  и деления полученного уравнения на  $V$  приходим к уравнению

$$-\frac{1}{V} \frac{\partial K}{\partial t} = \frac{\partial K}{\partial s} + \alpha K, \quad (2)$$

\* Работа выполнена по гранту 6/01 при поддержке Минобразования РФ.

которое и будет математической моделью зависимости между круткой  $K(t, s)$ , скоростью движения нити  $V$  и параметром  $\alpha = \alpha(s, t)$ , характеризующим жесткость мычки на кручение.

Отметим, что если крутка не зависит от времени ( $K = K(s)$ ), то уравнение (2) перейдет в следующее

$$\frac{dK}{ds} + \alpha K = 0, \quad (3)$$

совпадающее с уравнением (1) в [1]. Таким образом, (2) описывает более широкий класс процессов, сопровождающихся изменением крутки, чем (3).

2. Стационарный режим. Пусть мычка представляет собой однородный поток волокон. В этом случае параметр  $\alpha$  не зависит от  $t$ . Предположив, что  $\alpha$  не зависит и от  $s$ , то есть  $\alpha = \text{const}$ , получим общее решение уравнения (2):

$$K = f(s - Vt)e^{-\alpha s}, \quad (4)$$

где  $f(s - Vt)$  – произвольная дифференцируемая функция. Поскольку режим стационарный,  $K$  не зависит от  $t$ . Поэтому  $f(s - Vt) = \text{const} = K_0$ . Таким образом, стационарное решение уравнения (2)

$$K = K_0 e^{-\alpha s}, \quad K_0 = \text{const} \quad (5)$$

совпадает с тем, что приведено в [1] для уравнения (3). Отметим, что  $K_0$  есть максимальное значение крутки на изучаемом участке нити и достигается оно в точке входа нити в воронку ( $s = 0$ ).

$$K(s, t) = \begin{cases} f(s - Vt) \exp(-\alpha_0 s), & \text{если } (s, t) \in I, \\ f(s - Vt) \exp\left[-\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2} s - \frac{\alpha_0 - \alpha_1}{2} (L - Vt)\right], & \text{если } (s, t) \in II, \end{cases} \quad (8)$$

где  $f(x)$  – произвольная дифференцируемая функция одной переменной.

3. Нестационарный режим. Теперь предположим, что стационарный режим нарушен тем, что в мычку попало волокно большей жесткости. В этом случае коэффициент  $\alpha$  будет переменным (меняется скачкообразно). Изучим, как в этом случае будет изменяться крутка.

Пусть  $L$  – длина участка нити от поверхности воронки до точки съема на сборном желобе. Тогда  $L/V$  – время прохождения волокна большей жесткости (его переднего конца). Уравнение (2) естественно рассматривать в прямоугольнике  $\Pi = \{(s, t): 0 \leq s \leq L, 0 \leq t \leq L/V\}$ , в котором коэффициент  $\alpha$  есть следующая функция от  $s$  и  $t$ :

$$\alpha = \alpha(s, t) = \begin{cases} \alpha_0, & \text{если } 0 \leq s < L - Vt, \\ \alpha_1, & \text{если } L - Vt \leq s \leq L. \end{cases} \quad (6)$$

В (6)  $\alpha_0 = \text{const}$  соответствует жесткости нити в стационарном режиме, а  $\alpha_1 = \text{const}$  – жесткости нити с волокном большей жесткости ( $\alpha_1 > \alpha_0$ ). Прямоугольник  $\Pi$  диагональю  $s = L - Vt$  делится на два треугольника I и II, в которых функция  $\alpha(s, t)$  постоянна:

$$I = \{(s, t): 0 \leq t \leq L/V, 0 \leq s < L - Vt\}, \quad (7)$$

$$II = \{(s, t): 0 \leq t \leq L/V, L - Vt \leq s \leq L\}.$$

Вычисления показывают, что общее решение (2) для  $\alpha(s, t)$ , заданного формулой (6), имеет вид

Для определения функции  $f(x)$  необходимо задать условия на сторонах прямо-

угольника П, лежащих на осях  $O_s$  и  $O_t$ . Поскольку в стационарном режиме крутка выражается по формуле (5), то на оси  $O_s$  имеем начальное условие

$$K(s,0) = K_0 e^{-\alpha_0 s}, \quad 0 \leq s \leq L. \quad (9)$$

На оси  $O_t$  граничное условие запишем в виде

$$K(0,t) = \varphi(t), \quad 0 \leq t \leq L/V, \quad (10)$$

где функция  $\varphi(t)$  описывает крутку нити в точке входа в воронку и характеризует неровноту пряжи по крутке. При этом должно выполняться условие  $\varphi(0) = K(0,0) = K_0$ .

Решение задачи (2) - (9) - (10) будет выражаться четырьмя различными форму-

лами в областях (треугольниках), на которые прямоугольник П делится диагоналями:

$$I_1 = \{(s,t) : 0 \leq s \leq L - Vt, s \geq Vt\},$$

$$I_2 = \{(s,t) : 0 \leq s \leq L - Vt, s < Vt\},$$

$$\Pi_1 = \{(s,t) : L - Vt \leq s \leq L, s \geq Vt\},$$

$$\Pi_2 = \{(s,t) : L - Vt \leq s \leq L, s < Vt\}.$$

Эти формулы следующие:

$$K(s,t) = K_0 \exp(-\alpha_0 s), \quad (s,t) \in I_1; \quad (11)$$

$$K(s,t) = K_0 \exp\left[-\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2}s - \frac{\alpha_0 - \alpha_1}{2}(L - Vt)\right], \quad (s,t) \in \Pi_1; \quad (12)$$

$$K(s,t) = \varphi\left(t - \frac{s}{V}\right) \exp(-\alpha_0 s), \quad (s,t) \in I_2; \quad (13)$$

$$K(s,t) = \varphi\left(t - \frac{s}{V}\right) \exp\left[-\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2}s - \frac{\alpha_0 - \alpha_1}{2}(L - Vt)\right], \quad (s,t) \in \Pi_2. \quad (14)$$

Для окончательного определения крутки  $K(s,t)$  необходимо найти функцию  $\varphi(t)$ , которая входит в формулы (13) и (14). Заметим, что вращающийся с постоянной скоростью прядильный ротор вызывает в нити постоянный по времени угол поворота сечения в точке  $s = 0$  относительно сечения в точке  $s = L$ . Это обстоятельство может быть выражено уравнением

$$\int_0^L K(s,t) ds = \int_0^L K(s,0) ds. \quad (15)$$

Используя начальное условие (9), после вычисления интеграла в правой части (15) получаем

$$\int_0^L K(s,t) ds = \frac{K_0}{\alpha_0} (1 - \exp(-\alpha_0 L)) = \gamma. \quad (16)$$

После подстановки функции  $K(s,t)$ , задаваемой формулами (11...14), в (16) и вычислений найдем выражение для функции  $\varphi(t)$  на промежутке  $[0, L/2V]$ :



$$\varphi(t) = K_0 \left\{ 1 - \exp(-\alpha_0 L) + \frac{2(\alpha_1 - \alpha_0)}{\alpha_0 + \alpha_1} \exp[-\alpha_0(L - Vt)] - \frac{\alpha_1 - 3\alpha_0}{\alpha_0 + \alpha_1} \exp\left[-\alpha_0 L - \frac{\alpha_1 - \alpha_0}{2} Vt\right] \right\}, \quad (17)$$

а на промежутке  $[L / 2V, L / V]$   $\varphi(t)$  удовлетворяет интегральному уравнению

$$\begin{aligned} & \int_0^{2t-L/V} \exp\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_0}{2} L - \alpha_1 Vt + \frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2} Vx\right) \varphi(x) dx + \\ & + \int_{2t-L/V}^t \exp(\alpha_0 V(x-t)) \varphi(x) dx = \frac{1}{V} (\gamma - Y(t)), \end{aligned} \quad (18)$$

где

$$\begin{aligned} Y(t) = & \frac{2K_0}{\alpha_0 + \alpha_1} \exp\left[\frac{\alpha_1 - \alpha_0}{2} (L - Vt)\right] \cdot \\ & \cdot \left[ \exp\left(-\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2} Vt\right) - \exp\left(-\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2} L\right) \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

Таким образом, решение задачи (2) - (9) - (10) выражается формулами (11...14), где

функция  $\varphi(t)$  определяется формулами (17...19).

Стационарный режим

Нестационарный режим

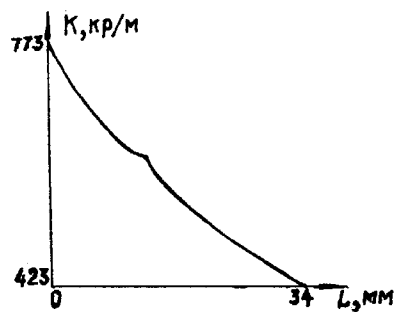
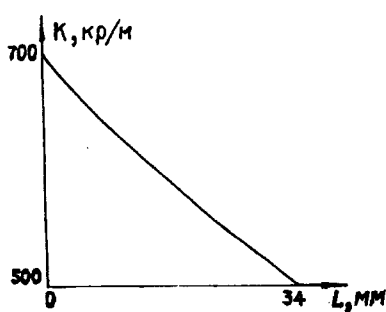


Рис. 1

Типичная картина зависимости крутки от  $s$  и  $t$  показана на рис. 1, из которого видно, что попадание более жесткого волокна в мычку создает препятствие распространению крутки и, как следствие, ведет к снижению прочности нити внутри прядильного ротора.

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 30.05.01.

УДК 677.052.9

## ОБЩИЕ ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕПОДВИЖНЫХ ВЬЮРКОВ

К.Ю. ПАВЛОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Несмотря на то, что к настоящему времени созданы и успешно используются различные типы неподвижных вьюрков (кольцевые, скобообразные, цилиндрические, спиральные и геликоидные) продолжается создание новых их видов с обоснованием формы и расчетом оптимальных параметров.

Вместе с тем различные типы неподвижных вьюрков имеют общие характеристики и принципы расчета. Общим для всех видов вьюрков является то, что основные характеристики эффективности работы последних определяются свойствами поверхности, образующей их форму, а также характеристикой геометрического положения оси продукта прядения, расположенного на поверхности, образующей рабочую часть вьюрка, то есть характеристикой линии, с которой совпадает ось продукта прядения.

Детальный анализ известных типов неподвижного вьюрка показывает, что их рабочую часть можно описать уравнением винтовой поверхности в общем виде или одним из частных случаев этой поверхности.

Винтовые поверхности (иначе они называются геликоидальными) образуются движением кривой, которое складывается из вращательного (вокруг оси) и поступательного (параллельно оси) перемещения, при этом отношение скоростей обоих движений должно быть величиной постоянной. В частном случае, когда поступательное движение отсутствует, то есть его скорость равна нулю, получаем обыкновенную поверхность вращения.

В общем виде эту поверхность можно задать уравнением

$$f(x, y, z)=0 \quad (1)$$

или переменным радиусом-вектором  $\vec{r}$ , зависящим от двух независимых переменных  $u, v$ :

$$\vec{r} = \vec{r}(u, v). \quad (2)$$

Разложив  $\vec{r}$  по ортам, найдем

$$\vec{r}(u, v) = x(uv)\vec{i} + y(uv)\vec{j} + z(uv)\vec{h}. \quad (3)$$

Откуда получим

$$x=f_1(uv); \quad y=f_2(uv); \quad z=f_3(uv). \quad (4)$$

На основании уравнения (4) имеем выражение для поверхности вращения (рис.1).

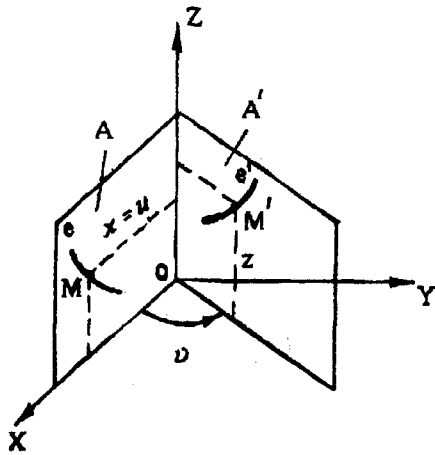


Рис. 1

Пусть плоская кривая  $e$  перемещается параллельно оси  $OZ$  в плоскости  $A$ . В свою очередь, плоскость  $A$  вращается вокруг той же оси. По условию кривая  $e$  перемещается параллельно оси  $OZ$  пропорционально углу поворота  $v$  плоскости  $A$ . Следовательно, когда плоскость  $A$  займет положение  $A'$ , каждая точка  $M'$  кривой  $e'$  поднимется вверх на некоторый отрезок  $\alpha v$ , где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности.

Пусть уравнение кривой  $e'$  в плоскости  $XOZ$  будет

$$z=z(u).$$

Тогда из рис.1 запишем выражение для координат точки  $M'$  винтовой поверхности:

$$x = u \cos v; \quad y = u \sin v; \quad z = z(u) + \alpha v. \quad (5)$$

Если  $\alpha=0$ , то (как уже было замечено) винтовая поверхность обращается в поверхность вращения. Подставляя в (5)  $\alpha=0$ , получаем

$$x = u \cos v; \quad y = u \sin v; \quad z = z(u). \quad (6)$$

Рассмотрим несколько типов неподвижных выюрков исходя из уравнения (5).

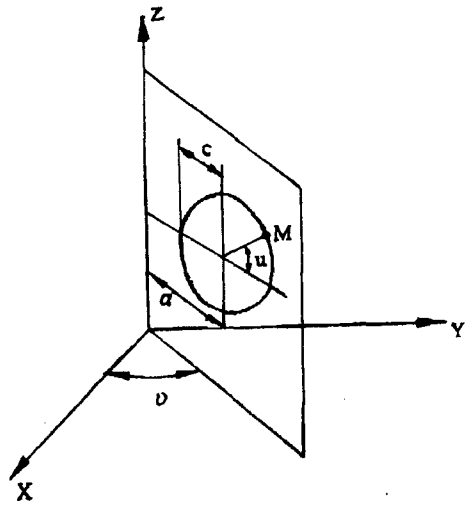


Рис. 2

Пример 1. Пусть кривая  $e$  в начальном положении представляет собой прямую, параллельную оси  $OX$  (рис.2). В этом случае в (5) нужно положить  $z(u)=0$ . Таким образом,

$$x = u \cos v; \quad y = u \sin v; \quad z = \alpha v. \quad (7)$$

Эта поверхность называется прямым геликоидом и является основой для проектирования геликоидальных выюрков. Если исключить из (7) переменные  $u$  и  $v$ , получим уравнение геликоида в Декартовых координатах:

$$z = \text{harc} \text{tg} \frac{y}{x}. \quad (8)$$

Пример 2. Пусть кривая  $e$  представляет собой прямую, наклоненную к плоскости  $XOY$  под углом  $\beta$ . Тогда

$$x = u \cos v; \quad y = u \sin v; \quad z = u \text{tg} \beta + \alpha v. \quad (9)$$

Условно такую фигуру назовем косым геликоидом. Ее можно использовать для

проектирования некоторых видов неподвижных выюрков.

Приняв  $\alpha=0$  как частный случай, получим поверхность вращения – коническую, которая также используется при проектировании неподвижных выюрков.

Пример 3. Пусть кривая  $e$  представляет собой окружность (рис.2).

Тогда

$$\begin{aligned} x &= (a + c \cos u) \cos v; \\ y &= (a + c \cos u) \sin v; \\ z &= c \sin u + \alpha v. \end{aligned} \quad (10)$$

Получаем поверхность спирали, также используемую при проектировании неподвижных выюрков.

Приняв здесь  $\alpha=0$ , получаем поверхность вращения – тор, которая широко применяется при проектировании неподвижных выюрков.

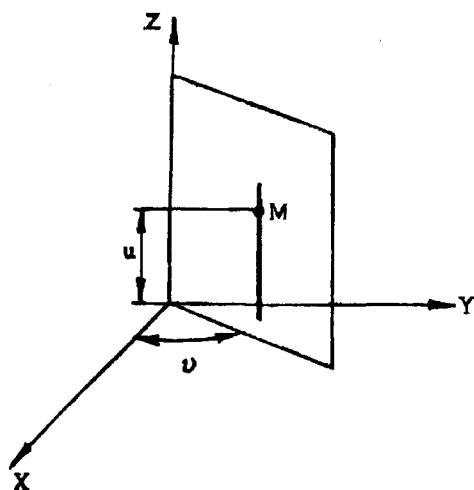


Рис. 3

Аналогично можно получить поверхность цилиндра (рис.3):

$$x = a \cos v; y = a \sin v; z = u, \quad (11)$$

— она также используется при проектировании неподвижных выюрков.

## ВЫВОДЫ

Установлены принципы классификации неподвижных выюрков, позволяющие создавать основы их проектирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Ю.В. Неподвижные выюрки в прядении. – М.: Легкая индустрия, 1975.
2. Чистобородов Г.И. Формирование текстильного материала в процессе его технологической подачи. – Иваново, 1995.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 14.05.01.

УДК 677.053.74.001.5

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК  
НИТЕНАТЯЖНЫХ ПРИБОРОВ**

Н.А. КУЛИДА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В общепринятой терминологии натяжным прибором (НП) называют устройство, предназначенное для создания дополнительного натяжения движущегося материала (нити, ткани, провода, магнитной ленты и т.п.), которое может в необходимых случаях изменять направление его движения. Области применения таких устройств чрезвычайно широки [1...4]. В текстильном производстве используются ткане- и нитенатяжные устройства, причем последние могут применяться как для одиночной нити, так и для группы нитей. Возрастающие требования к качеству формирования паковок, повышение производительности оборудования, а также и расширение ассортимента вырабатываемых тканей предполагают создание новых типов НП одиночной нити, удовлетворяющих ряду современных требований.

НП должен создавать дополнительное натяжение, не изменяющееся в течение всего срока его эксплуатации, не зависящее от скорости движения нити, метеорологических условий (влажности и температуры окружающей среды). Он не должен увеличивать амплитуду колебательной составляющей входного натяжения и сам не являться источником дополнительных колебаний.

Конструкция НП должна допускать плавную и точную регулировку (в том числе и дистанционную) натяжения в широком диапазоне, обеспечивать беспрепятственное прохождение утолщений нити и быструю ее заправку. При большой запыленности пространства, окружающего натяжной прибор, значительного скопления пуха необходимо создание условий для очистки и удаления скоплений сора и пуха.

Существование значительного числа конструкций НП, различных по принципу действия, ставит задачу их классификации и систематизации параметров и характеристик. Деление НП на два класса в зависимости от наличия или отсутствия автоматической регулировки натяжения [2] важно, однако, на наш взгляд, не главное. Характер влияния прибора на среднее значение, амплитуду и частотный спектр колебательной составляющей натяжения является определяющим при классификации НП.

По указанному классификационному признаку известные типы НП можно разделить на аддитивные, мультипликативные и комбинированные [5, 6]. В аддитивных НП к входному натяжению добавляется натяжение, создаваемое аддитивным источником трения. В мультипликативных

НП приращение выходного натяжения пропорционально входному. Включение в состав НП аддитивных и мультипликативных источников трения определяет их принадлежность к классу комбинированных.

К числу основных характеристик НП относят функцию преобразования НП – зависимость выходного натяжения от кинематических и динамических параметров нити и НП. В общем случае функция преобразования может быть получена в виде передаточной функции из системы дифференциальных уравнений. В отдельных случаях, когда, например, НП не относится к устройствам параметрической или компенсационной стабилизации, можно ограничиться рассмотрением статических зависимостей выходного натяжения.

Важной характеристикой НП является их надежность. Следует учитывать, что ненадежными НП считаются не только устройства, теряющие способность штатно функционировать вследствие механических повреждений, но и НП, у которых функция преобразования выходит за допустимые пределы, например, по причине засорения пылью или забивания пухом. Надежность НП оценивается общепринятыми количественными характеристиками: вероятностью безотказной работы, частотой отказов, средним временем безотказной работы и др.

Стабильность создаваемого дополнительного натяжения можно охарактеризовать чувствительностью к изменению коэффициента трения, поскольку натяжение у большинства широко распространенных НП увеличивается за счет фрикционного взаимодействия нити с поверхностью шайб или стержней. Следует заметить, что рассматриваемый параметр тесно связан с надежностью НП, которая в [7] классифицирована как параметрическая, так как значительное изменение коэффициента трения может вызвать недопустимое изменение функции преобразования.

Натяжение нити содержит постоянную и колебательную составляющие, которую можно характеризовать относительным значением амплитуды основных гармоник

и частотным спектром. Если ограничиться рассмотрением основной гармоники, то относительное значение  $P_{\text{вх}}$  амплитуды колебательной составляющей  $\tilde{T}_1$  натяжения на входе НП  $p_{\text{вх}} = \tilde{T}_1/T_0$ , где  $T_0$  – постоянная составляющая натяжения. У многозонного аддитивного НП, содержащего в общем случае  $l$  аддитивных источников трения, натяжение на выходе

$$T_{\text{вых}} = T_{\text{вх}} + \sum_{i=1}^l (\mu_i + \mu_{i+1}) N_i, \quad (1)$$

где  $T_{\text{вх}}$  – натяжение на входе НП;  $\mu_i, \mu_{i+1}$  – коэффициенты трения о поверхности  $i$ -го аддитивного источника;  $N_i$  – нормальное давление на нить. К аддитивным НП относятся также нитенатяжители, у которых дополнительное натяжение создается в результате торможения моментом  $M_{T_i}$  сил  $i$ -го ролика радиуса  $R_i$ , вращаемого нитью. В этом случае

$$T_{\text{вых}} = T_{\text{вх}} + \sum_{i=1}^m (M_{T_i} / R_i), \quad \text{где } m \text{ – число}$$

роликов.

Для характеристики уровня дополнительного натяжения можно предложить новый параметр – коэффициент  $k_T$  увеличения натяжения, представляющий собой относительное увеличение постоянной составляющей натяжения, который позволит сравнивать характеристики различных типов НП. Для аддитивных НП с одним источником трения, когда  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$  коэффициенты  $k_T$  и  $k_A$  соответственно равны  $2\mu N/T_0$  и  $M_{T_1}/(R_1 T_0)$ . Аналогично для мультипликативного НП с одним мультипликативным источником при постоянной скорости движения нити невысокой линейной плотности и пренебрежении ее изгибной жесткостью натяжение на выходе равно  $T_{\text{вых}} = T_{\text{вх}} \exp(f\alpha)$ , а

$$k_T = k_M = \exp(f\alpha) - 1, \quad (2)$$



где  $\alpha$  – угол огибания нитепроводника, а  $f$  – коэффициент трения. Таким же образом можно получить  $k_T$  и для комбинированных НП с различным числом аддитивных и мультипликативных источников и различным порядком их чередования.

Воздействие НП на колебательную составляющую натяжения будем характеризовать изменением относительного значения ее амплитуды  $P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}}$ . Очевидно, у мультипликативных НП  $P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}} = 1$ , то есть относительное значение амплитуды колебательной составляющей не изменяется, а для аддитивных НП  $P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}} = 1/(1+k_T)$  уменьшается с ростом коэффициента  $k_T$  увеличения натяжения по гиперболическому закону.

Определим влияние порядка чередования источников трения в комбинированных НП на параметр  $P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}}$ . Несложно показать, что в обоих случаях

$$P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}} = \frac{1+k_M}{1+k_T}, \text{ иными словами отно-}$$

сительное значение колебательной составляющей у комбинированных НП не зависит от порядка чередования источников трения.

Приращение натяжения аддитивного НП с одним источником трения, вызванное изменением коэффициента трения  $\mu$  на  $\Delta\mu$ , составляет  $\Delta T = \frac{\partial T_{\text{ВЫХ}}}{\partial \mu} \Delta\mu = 2\Delta\mu N$ , а изменение относительно значения выходного натяжения НП при номинальном значении коэффициента трения

$$\delta_T = \frac{k_T}{1+k_T} \delta_\mu, \quad (3)$$

где  $\delta_\mu$  – относительное изменение коэффициента трения аддитивного источника.

У мультипликативного НП относительное изменение натяжения  $\delta_T = \Delta f \alpha$ , где  $\Delta f$  – абсолютное изменение коэффициен-

та трения. Выразив значение угла  $\alpha$  через,  $k_T$  получим

$$\delta_T = \delta_f \ln(1+k_T). \quad (4)$$

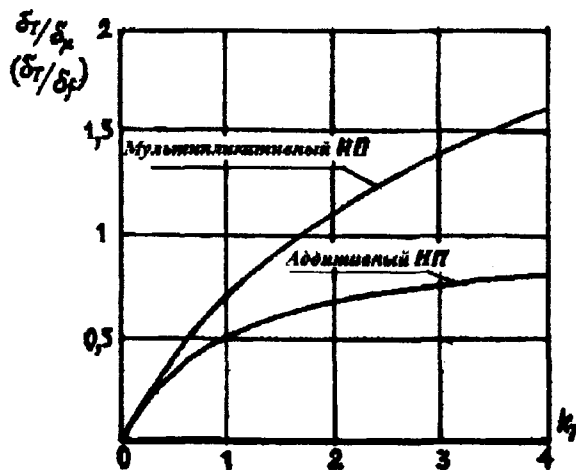


Рис. 1

На рис. 1 показаны графические зависимости, построенные по (3) и (4). У мультипликативного НП чувствительность к изменению коэффициента трения выше, чем у аддитивного, причем с увеличением  $k_T$  она увеличивается. Аналогично можно получить формулы для оценки влияния коэффициентов трения  $\mu$  и  $f$  комбинированных НП с различными числом и порядком чередования источников трения.

В табл. 1 приведены выражения рассмотренных параметров для аддитивных (А), мультипликативных (М) и комбинированных (А-М, М-А, А-М-А и М-А-М) НП.

Тип НП	Коэффициент увеличения натяжения $k_T$	Относительное значение амплитуды колебательной составляющей $p_{\text{вых}}/p_{\text{вх}}$	Чувствительность к изменению коэффициента трения $\delta_T \delta_\mu$ ( $\delta_T \delta_f$ )
A	$2\mu N/T_0 = k_A$	$1/(1+k_T)$	$\delta_T \delta_\mu = k_T/(1+k_T)$
M	$\exp(f\alpha) - 1 = k_M$	1	$\delta_T \delta_f = \ln(1+k_T)$
A-M	$k_A(1+k_M) + k_M$	$(1+k_M)/(1+k_T)$	$\delta_T \delta_\mu = k_A/(1+k_T)$ $\delta_T \delta_f = \ln \frac{1+k_T}{1+k_A}$
M-A	$k_A + k_M$	$(1+k_M)/(1+k_T)$	$\delta_T \delta_\mu = k_A/(1+k_T)$ $\delta_T \delta_f = \frac{k_M+1}{k_T+1} \ln(k_M+1)$
A-M-A	$k_A(2+k_M) + k_M$ ( $k_{A1} = k_{A2} = k_A$ )	$(1+k_M)/(1+k_T)$	$\delta_T / \delta_\mu = \frac{k_T - k_M}{k_T + 1}$ $\delta_T \delta_f = \frac{(k_M+1)(k_A+1)}{k_T+1} \ln(k_M+1)$
M-A-M	$k_A(1+k_M) + k_M(2+k_M)$ ( $k_{M1} = k_{M2} = k_M$ )	$(1+k_M)^2/(1+k_T)$	$\delta_T / \delta_\mu = \frac{k_A(k_M+1)}{k_T+1}$ $\delta_T \delta_f = \frac{\ln(k_M+1)^{(k_M+1)} [2(k_M+1) + k_A]}{k_T+1}$

Из табл. 1 следует, что аддитивные НП снижают относительное значение амплитуды колебательной составляющей в  $1+k_T$  раз, в комбинированных НП рассматриваемый параметр выше, чем у аддитивных, причем отличие пропорционально числу мультипликативных источников, порядок чередования источников трения не влияет на  $p_{\text{вых}}/p_{\text{вх}}$ . Параметрическая надежность, оцениваемая чувствительностью к изменению коэффициента трения, у аддитивных НП выше, чем у мультипликативных, то есть аддитивные НП менее чувствительны к изменению коэффициента трения.

Особое место занимают роликовые НП, которые, как отмечено выше, относятся к классу аддитивных. В общем случае роликовый НП представляет собой огибаемый

нитью под углом  $\alpha$  стальной ролик, установленный на подшипнике. Для исключения проскальзывания нити относительно стального ролика может использоваться обрешиненный ролик, прижимающий нить к стальному ролику. Регулирование уровня дополнительного натяжения может осуществляться за счет торможения стального ролика или путем изменения силы давления на обрешиненный ролик. В НП фирмы Беннингер модели UR обрешиненный ролик установлен на двуплечем рычаге, натяжение нити регулируется силой затяжки пружины, соединенной со свободным концом рычага. НП модели GZB этой же фирмы может комплектоваться направляющим роликом, который, как следует из рекламного проспекта, оказывает «...весьма успокаивающее действие на движение ни-

ти...». Влияние ролика на натяжение нити можно оценить на основе системы дифференциальных уравнений [8] вращательного движения ролика и деформации нити. Передаточная функция роликотого НП, связывающая выходное натяжение  $T_{\text{вых}}(s)$  с входным  $T_{\text{вх}}(s)$  при допущениях из [8], имеет вид

$$W(s) = \frac{T_{\text{вых}}(s)}{T_{\text{вх}}(s)} = \frac{\tau_M s + 1}{\tau_2^2 s + \tau_1 s + 1}, \quad (5)$$

где  $\tau_M = J V_H^0 / (\nu V_H^0 + R^2 E S)$ ;  $\tau_1 = (L \nu + J V_H^0) / (\nu V_H^0 + R^2 E S)$ ;  $\tau_2^2 = L J / (\nu V_H^0 + R^2 E S)$  – постоянные времени;  $J$ ,  $R$  – момент инерции и радиус ролика;  $\nu$  – коэффициент вязкого трения;  $E$ ,  $S$  – модуль упругости и площадь сечения нити;  $L$  – длина деформируемого участка нити;  $V_H^0$  – линейная скорость нити в установившемся режиме.

Из амплитудно-частотной характеристики, полученной на основании (5), следует, что при принятых допущениях роликотый НП не увеличивает среднего значения натяжения, а амплитуда колебательной составляющей натяжения эффективно сглаживается. Этот тип НП снижает относительное значение амплитуды колебательной составляющей натяжения не за счет увеличения среднего значения, а путем фильтрации колебаний натяжения.

## ВЫВОДЫ

1. Сравнение эффективности различных типов НП одиночной нити можно проводить путем оценки чувствительности к изменению коэффициента трения и анализа влияния типа НП на относительное значение амплитуды колебательной составляющей натяжения при равном коэффициенте увеличения натяжения.

2. У аддитивных НП относительное значение амплитуды колебательной составляющей натяжения и чувствительность к изменению коэффициента трения

ниже, чем у мультипликативных НП. Увеличение амплитуды колебательной составляющей у комбинированных НП пропорционально числу мультипликативных источников трения.

3. Роликотые НП снижают относительное значение амплитуды колебательной составляющей натяжения не за счет возрастания уровня постоянной составляющей, а путем фильтрации колебаний натяжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оников Э.А. Натяжные и контрольно-очистительные устройства одиночных нитей. – М.: Гизлегпром, 1963.
2. Коритыцкий Я.И., Миронова Г.Н. Современные натяжные устройства текстильных машин. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1971.
3. Электромеханические системы контроля и управления натяжением ленточных материалов. Н.И. Бондарев, Г.Г. Лисовская, В.В. Михайлов, О.П. Мартыненко. – М.: Энергия, 1980.
4. Рыбников С.И. Автоматическое управление намоткой. – М.: Энергия, 1972.
5. Гусев Б.Н. и др. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1986, № 3.
6. Гусев Б.Н. и др. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1986, № 4.
7. Самсонов В.С. Исследование параметрической надежности и оптимизация конструкций тканенатяжных устройств // Тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф.: Современные технологии текстильной промышленности («Текстиль-97»). – М., 1997. С. 177...178.
8. Кулида Н.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 48...52.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 30.05.01.

## ВЛИЯНИЕ УСИЛИЯ ПРУЖИНЫ НА РАБОТУ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА\*

Е.Г. ВАСИЛЬЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В целях обеспечения нормального процесса зевобразования необходимо рассчитать деформацию пружины усовершенствованного зевобразовательного механизма [1...4], для чего нами определен приведенный момент инерции системы, численно равный  $I_{пр} = 1,984 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

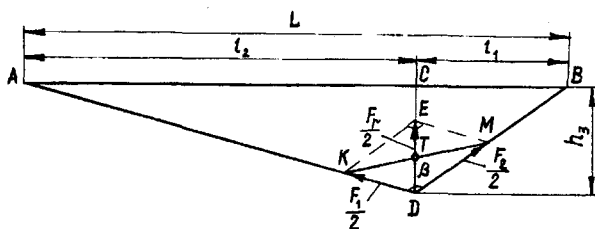


Рис. 1

При формировании ткани на ткацком станке нити основы, уток и сама ткань находятся под натяжением и подвергаются деформации. Натяжение основных нитей при зевобразовании рассчитывается с помощью схемы нижней ветви зева станка АТПР-100, изображенной на рис.1, где  $l_1$  – передняя часть (глубина) зева, мм;  $l_2$  – задняя часть (вынос) зева, мм;  $L$  – длина зева, мм; АВ – линия минимальной деформации нитей основы при образовании зева (она может не совпадать с расположением

основы в момент заступа);  $h_3$  – перемещение нижней ветви зева от линии минимальной деформации, мм;  $F_1, F_2$  – натяжение основы, Н;  $F_r$  – равнодействующая натяжения основы, Н;  $\beta$  – угол, образованный нитями основы нижней ветви зева, град.

Для определения равнодействующей натяжения основы  $F_r$  рассмотрим параллелограмм КЕМД, образованный нитями одной ремизки. Здесь противоположные стороны равны:  $EM = KD = F_1/2 = a$ ,  $KE = DM = F_2/2 = b$ , а диагонали  $ED = F_r/2 = d_2$  и  $KM = d_1$  делятся в точке пересечения Т пополам:  $ET = TD$  и  $KT = TM$ . Связь между диагоналями и сторонами

$$KM^2 + ED^2 = 2(KD^2 + DM^2);$$

$$d_1^2 + d_2^2 = 2(a^2 + b^2). \quad (1)$$

Уравнение (1) содержит неизвестные  $d_1$  и  $d_2$ . Следовательно, для его решения необходимо составить еще одно уравнение. Из  $\Delta KMD$ :

$$KM^2 = KD^2 + DM^2 - 2KD \cdot DM \cos \beta;$$

$$d_1^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta. \quad (2)$$

\*Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Ю.Ф. Ерохина.

Отсюда

$$d_2^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cos \beta; \quad (3)$$

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \beta}. \quad (4)$$

Если трение между нитями основы и глазком галева ремизки незначительно, то  $F_1 = F_2$ , а если оно велико, то  $F_1$  и  $F_2$  различны.

Величина угла  $\beta$  рассчитана при

$$l_1 = 70 \text{ мм}; l_2 = 355 \text{ мм}; h_3 = 32,5 \text{ мм}.$$

Таким образом,  $\beta = 149,9$  град.

Равнодействующая натяжения основы при  $F_1 = F_2 = 150 \text{ Н}$ ;  $\beta = 149,9$  град составляет

$$F_r = \sqrt{150^2 + 150^2 + 2 \cdot 150 \cdot 150 \cos 149,9} = 78 \text{ Н}.$$

Аналогично определяются значения равнодействующей натяжения основы при других значениях  $F_1$  и  $F_2$  с учетом угла  $\beta$ .

В качестве примера рассчитаем деформацию пружины [5] при следующих параметрах:  $C_{\text{пр}} = 2000 \text{ Н/м}$ ;  $F_r = 78 \text{ Н}$ ;  $I_{\text{пр}} = 1,984 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $b_{\text{пр}} = 0,115 \text{ м}$ :

$$\lambda_{\text{пр}} = \frac{78}{2000} -$$

$$\frac{\text{th} \left( \frac{\sqrt{2000 \cdot 0,115^2 / 1,984 \cdot 78}}{2000 \sqrt{2000 \cdot 0,115^2 / 1,984}} \right)}{2000 \sqrt{2000 \cdot 0,115^2 / 1,984}} = 3,88 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Значения деформации пружины при зевобразовании, рассчитанные аналогичным образом при других значениях  $C_{\text{пр}}$ ,  $F_r$  и  $I_{\text{пр}} = 1,984 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , сведены в табл.1.

Таблица 1

Коэффициент жесткости пружины $C_{\text{пр}}$ , Н/м	Равнодействующая натяжения основы $F_r$ , Н	Деформация пружины при зевобразовании $\lambda_{\text{пр}}$ , м
2000	78	$3,88 \cdot 10^{-2}$
4000	78	$1,95 \cdot 10^{-2}$
6000	78	$1,3 \cdot 10^{-2}$
2000	156	$7,79 \cdot 10^{-2}$
4000	156	$3,9 \cdot 10^{-2}$
6000	156	$2,6 \cdot 10^{-2}$
2000	234	$1,17 \cdot 10^{-1}$
4000	234	$5,85 \cdot 10^{-2}$
6000	234	$3,9 \cdot 10^{-2}$
2000	312	$1,56 \cdot 10^{-1}$
4000	312	$7,8 \cdot 10^{-2}$
6000	312	$5,2 \cdot 10^{-2}$

## ВЫВОДЫ

По полученным значениям  $I_{\text{пр}}$  и  $F_{\text{г}}$  рассчитана деформация  $\lambda_{\text{пр}}$  пружины при зевобразовании в зависимости от изменения коэффициента жесткости  $C_{\text{пр}}$  пружины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д. и др. Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. – М.: Легпромбытиздат, 1995.
2. Пат. № 2120508 RU, 6 D 03 C 5/00. Кулачковый зевобразовательный механизм бесчелночного

ткацкого станка / Ю.Ф. Ерохин, Е.Г. Васильева, Н.М. Сокерин, Т.Ю. Карева. –Опубл. 1998. Бюл. № 29.

3. Васильева Е.Г. Совершенствование процесса изготовления тканей комбинированных переплетений на пневморепирных ткацких станках: Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 1999.

4. Васильева Е.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2001, №2. С.66...68.

5. Васильева Е.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2001, №3. С.88...90.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 02.02.01.



УДК 677.826.021

**ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕРСЕРИЗАЦИИ  
ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ**

*О.В.КОЗЛОВА, В.Г.ПРЯЖНИКОВА, О.И.ОДИНЦОВА, О.К.СМИРНОВА, Б.Н.МЕЛЬНИКОВ*

*(Ивановский государственный химико-технологический университет)*

В настоящее время большинство хлопчатобумажных тканей мерсеризуют в суровом виде. Возникающие при этом трудности, связанные с пропиткой суровых тканей, можно решить путем применения ПАВ, устойчивых в сильнощелочных растворах.

Данное исследование посвящено выявлению эффективности использования различных ПАВ при мерсеризации хлопчатобумажных тканей.

Известно, что многие ПАВ в высококонцентрированных щелочных средах неустойчивы и перестают проявлять смачивающие свойства. С целью определения наиболее пригодных для процессов мерсеризации ПАВ нами проведен сравнительный анализ их устойчивости в растворах едкого натра различной концентрации. Для этого использована методика, предложенная международным стандартом ИСО-8022.

На рис.1, где ось абсцисс – концентрация едкого натра, г/л; ось ординат – время смачивания, с; кривая 1 – сульфосид 31; 2 – сульфосид 61; 3 – неонол АФ-9/10; 4 – дексол; 5 – феноксол БВ; 6 – метекс, представлены данные, свидетельствующие о влиянии различных по природе ПАВ на

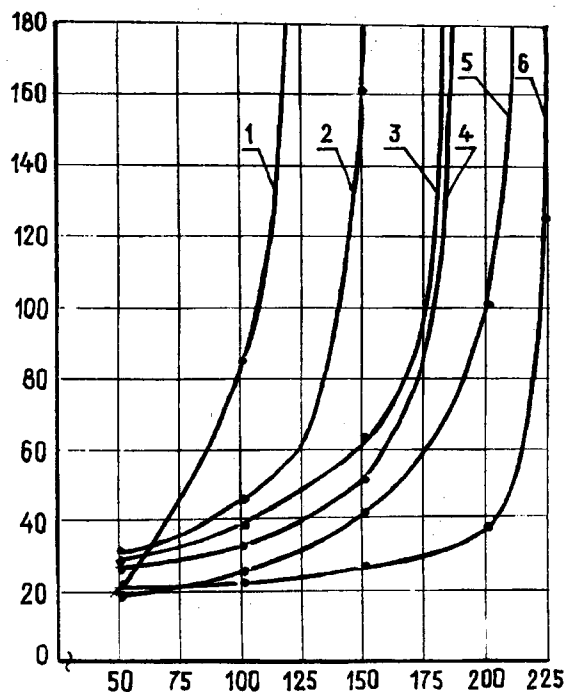


Рис. 1

показатели смачиваемости ткани в растворах едкого натра в широком диапазоне концентраций щелочного агента. Как видим, при использовании всех исследованных ПАВ с ростом концентрации едкого натра в растворе наблюдается увеличение времени смачивания текстильного мате-

риала. Причем такие ПАВ, как синтанол БВ, неонол АФ, феноксол БВ, сульфосид 31, перестают проявлять свои смачивающие свойства уже в растворах с концентрацией едкого натра 150 г/л. Тогда как препараты нового поколения – фосфол, дексол – положительно работают как смачиватели и при концентрациях едкого натра до 200 г/л.

Учитывая особенности структуры этих препаратов и специфику проявления ими смачиваемых свойств, нами совместно со специалистами АО «Ивхимпром» разработан новый препарат метекс, представляющий фосфорорганическое соединение анионоактивной природы, устойчивый в высококонцентрированных щелочных средах (рис.1, кривая б).

Как мы знаем, в процессе мерсеризации целлюлоза подвергается структурным изменениям, связанным с ее переходом из модификации I в модификацию II, имеющую высокую сорбционную способность.

Нами оценены изменения внутренней структуры целлюлозы под воздействием различных концентраций едкого натра и при использовании ПАВ. Метод основан на сорбции влаги волокном [1]. Хлопчатобумажную ткань обрабатывали в рабочих растворах с концентрациями едкого натра от 50 до 225 г/л в присутствии различных ПАВ. Затем после полного удаления структурно связанной и капиллярной влаги (при температуре 130С° в течение 1,5 ч и 3-суточного выдерживания образцов при 65 %-ной влажности) определяли количество сорбированной волокном влаги.

Полученные изотермы сорбции показаны на рис.2, где ось абсцисс – концентрация едкого натра С, г/л; ось ординат – влагопоглощение, %; кривая 1 – метекс; 2 – дексол; 3 – феноксол БВ; 4 – без ПАВ; 5 – сульфосид 31, из которого следует, что все используемые в работе ПАВ оказывают очень слабое влияние на повышение сорбции воды текстильным материалом при концентрациях едкого натра от 50 до 120 г/л (область I). Наиболее наглядно специфика влияния ПАВ на сорбцию влаги, а значит, и на эффективность протекания процесса мерсеризации проявляется при

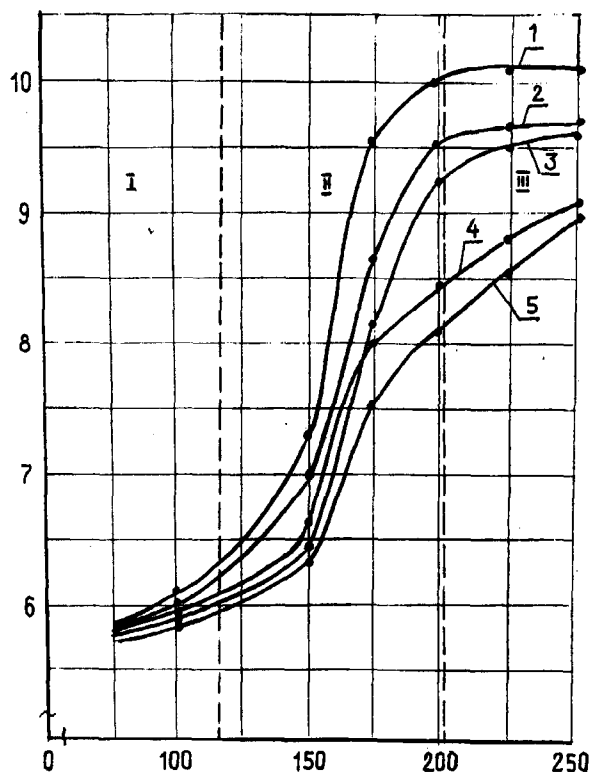


Рис. 2

увеличении концентрации едкого натра со 120 до 200 г/л (область II). Причем максимальная сорбция влаги наблюдается при использовании метекса. Изменения в сорбционных свойствах волокна практически завершаются при концентрациях едкого натра от 200 до 250 г/л (область III).

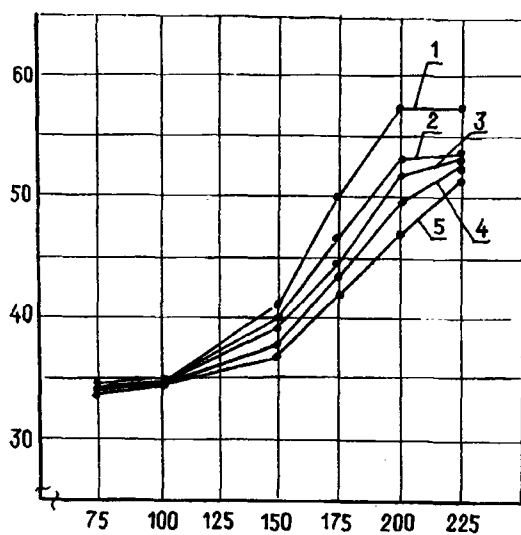


Рис. 3

Кривые сорбции послужили основой для определения степени кристалличности целлюлозного волокна по методу Джефри-са и Манна [2,3]. По увеличению доли аморфной области в структуре целлюлозы (рис.3, где ось абсцисс – концентрация едкого натра, г/л; ось ординат – содержание аморфной фракции, %; кривая 1 – метекс; 2 – дексол; 3 – феноксол БВ-9/10; 4 – без ПАВ; 5 – сульфосид 31) можно с уверенностью судить о том, что структурный переход целлюлозы из модификации I в мо-

дификацию II при использовании метекса заканчивается уже при концентрации едкого натра в растворе 200 г/л.

Определены значения показателей сорбции гидроокиси бария (баритовое число) хлопковым волокном, мерсеризованным в присутствии ПАВ и без него (табл.1). Причем высокое значение этого показателя достигается уже при концентрации едкого натра в мерсеризационном растворе 175 г/л.

Т а б л и ц а 1

Концентрация едкого натра, г/л	Показатели баритового числа, % при использовании		
	—	сульфиrola-8*	метекса
175	110	128	132
200	126	141	140
225	138	148	146

П р и м е ч а н и е. \*Для сравнения нами выбран сульфирола-8, применяемый ранее в качестве смачивателя в процессах мерсеризации и не используемый ныне по экологическим соображениям.

Эффективность использования метекса в процессе мерсеризации суровых тканей заключается в обеспечении максимально быстрого смачивания текстильного материала, что позволяет значительно повысить доступность целлюлозы к щелочному реагенту, а следовательно, рационально провести технологический процесс.

Доказаны технологическая эффективность и экономическая целесообразность использования метекса в процессах мерсеризации отбеленных тканей. Так, при подготовке миткаля арт.43 и бязи арт.142 в условиях ОАО «Тейковотекстиль» применение метекса в концентрации 0,3...0,8 г/л дает возможность снизить концентрацию едкого натра в мерсеризационном составе с 225 до 150 г/л (при мерсеризации отбеленной ткани) и до 170 г/л (при обработке суровой ткани) и получить высокие результаты подготовки и дальнейшего колорирования. Баритовое число при этом достигает 135.

Разработанная технология мерсеризации хлопчатобумажных тканей при использовании метекса внедрена на ОАО «Тейковотекстиль».

## В Ы В О Д Ы

1. Изучено изменение смачивающей способности различных по природе ПАВ в зависимости от концентрации едкого натра и показано, что препараты нового поколения (фосфол, дексол и метекс) сохраняют свою смачивающую способность при концентрациях едкого натра до 200...225 г/л.

2. Исследовано влияние наличия ПАВ в концентрированных растворах едкого натра на изменение активности целлюлозы и ее структурные переходы и доказано, что в присутствии в мерсеризационном растворе препарата метекс структурный переход целлюлозы из модификации I в модификацию II заканчивается уже при концентрации едкого натра 200 г/л.

3. Эффективность использования метекса при мерсеризации хлопчатобумажных тканей подтверждена результатами производственных испытаний: показана возможность снижения концентрации едкого натра с 225 до 150 г/л при обработке отбеленных тканей и до 170 г/л при обработке суровых тканей.

3. Mann J., Marrinan H.J. // Trans. Faraday Soc. – V.52, № 3, 1956. P. 492...500.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 30.03.01.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапков С.П., Файнберг Э.З. Взаимодействие целлюлозы и целлюлозных материалов с водой. – М.: Химия, 1976.

2. Jeffries R. // I. Appl. Polymer Sci. – V.8, № 10, 1964. P. 1213...1219.

УДК 628.543:661.185

### ВЫБОР СПОСОБА ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНЫХ ФАБРИК ОТ АНИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Т.В. ВЛАДИМИРОВА, Е.П. ГРИШИНА

(Институт химии растворов РАН)

Особенностью процесса очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ являются жесткие нормативы к глубине их удаления. Так, ПДК для ПАВ в очищенных сточных водах, сбрасываемых в водоем, в зависимости от класса соединений составляют 0,1...0,5 мг/дм<sup>3</sup>, а для сброса в городскую канализацию, в зависимости от региона, колеблются от 0,1 до 5 мг/дм<sup>3</sup> [1]. Существующие в настоящее время методы удаления синтетических ПАВ из сточных вод, как правило, не позволяют провести очистку ПАВ-содержащих растворов с глубокой степенью извлечения ПАВ.

Нами изучались процессы выделения анионных поверхностно-активных веществ из растворов с целью очистки сточных вод текстильного производства до уровня ПДК

(для АОЗТ “Зиновьевская мануфактура” – 0,2 мг/л). При очистке растворов использовали: метод окислительной деструкции перманганатом калия, коагуляцию минеральными коагулянтами и коагуляционно-флокуляционный метод с применением катионного полиэлектролита. Исследование процесса осуществляли на модельных растворах додецилсульфата натрия (ДДСН) с концентрацией 30 и 300 мг/л.

Конечное содержание ДДСН определяли фотометрически из хлороформенного экстракта с метиленовым голубым [2].

Окислительная деструкция перманганатом калия. Раствор ДДСН концентрацией 30 мг/л обрабатывали 0,1...1%-ным раствором перманганата калия, подкисляли до pH 1...1,7, нагревали до 60...70° С, выдер-

живали в течение 2 ч и фильтровали. Определение конечного содержания ДДСН в растворе показало, что его количество такое же, как и в исходном растворе, то есть этот метод не применим при очистке низкоконтентрированных растворов ДДСН.

*Коагуляция минеральными коагулянтами.* Растворы ДДСН концентрацией 30 и 300 мг/л обрабатывали 5%-ным раствором сульфата алюминия, сульфата железа, растворами сульфата алюминия с добавками ацетата натрия, метасиликата натрия,

оксида кальция. Раствор подщелачивали до pH 5...6, выдерживали в течение 2 ч, фильтровали. Результаты экспериментов по осаждению ДДСН из водных растворов минеральными коагулянтами, представленные в табл. 1, показали, что применение минеральных коагулянтов позволяет снизить концентрацию ДДСН с 30 до 26 мг/л и с 300 до 150 мг/л. Снижения концентрации ДДСН до уровня ПДК применением минеральных коагулянтов достигнуть не удалось.

Т а б л и ц а 1

№ опыта	Исходная концентрация ДДСН, мг/л	Используемый коагулянт	Количество коагулянта, мг/л	Концентрация ДДСН после обработки коагулянтом, мг/л
1	30	$Al_2(SO_4)_3$ 5%-ный р-р	620	30
2	30	$Al_2(SO_4)_3$ 5%-ный р-р	1250	26
3	30	$Al_2(SO_4)_3$ 5%-ный р-р + $NaCH_3COO$ 5%-ный р-р	620 3,5	30
4	30	$Al_2(SO_4)_3$ 5%-ный р-р + $Na_2SiO_3$ 5%-ный р-р	1000 8,4	30
5	300	$Al_2(SO_4)_3$ + CaO	750 4700	150
6	30	$Fe_2(SO_4)_3$ 5%-ный р-р	250	28
7	30	$Fe_2(SO_4)_3$ 5%-ный р-р + $NaCH_3COO$ 1%-ный р-р	250 6	28

*Коагуляционно-флокуляционный метод с использованием катионного полиэлектролита.* Низкие концентрации АПАВ (ниже ККМ) затрудняют осаждение последних на хлопья гидрооксида Al или Fe. Снижения ККМ можно достичь за счет укрупнения молекул АПАВ [3]. Органические анионы молекул АПАВ, взаимодействуя с крупными органическими катионами, образуют поликомплексы, которые можно удалить коагуляцией с  $Al(OH)_3$ . В качестве органического катиона использовали выравниватель А, относящийся к классу катионных полимерных реагентов. Выравни-

ватель представляет композицию на основе азотсодержащего оксиэтилированного продукта четвертичной соли и является малотоксичным соединением. Он разрешен Минздравом РФ для широкого использования при очистке сточных вод, его ПДК в сточных водах 20...25 мг/л.

Обработку раствора ДДСН проводили сначала 1%-ным раствором выравнивателя, а затем по схеме, аналогичной обработке минеральными коагулянтами. Содержание ДДСН снизилось с 30 до 0,14 мг/л. Содержание выравнивателя в очищенной воде составило 20 мг/л.

Значения pH, оптимальные для удаления коллоидных или высокомолекулярных загрязнений, могут различаться достаточно сильно в зависимости от их химической природы (наличия тех или иных функциональных групп в молекуле), однако не мо-

гут выходить за пределы существования нерастворимых оксисолей коагулянтов и их гидроксидов. Сульфат алюминия гидролизуеться с выпадением осадка (при pH 4...10).

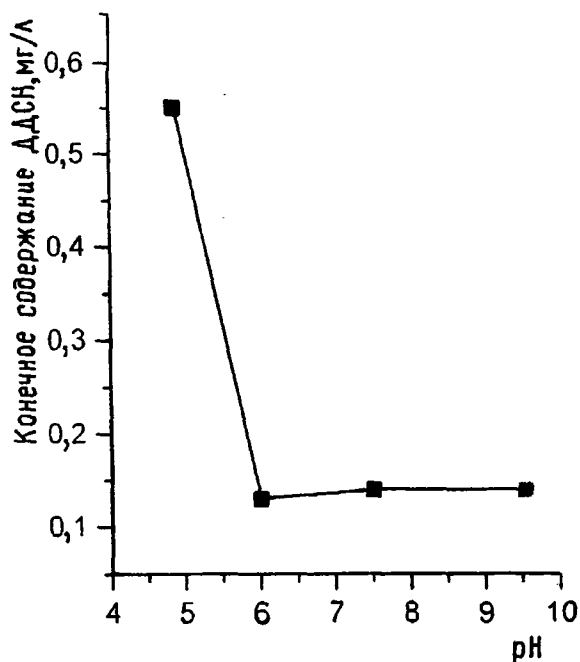


Рис. 1

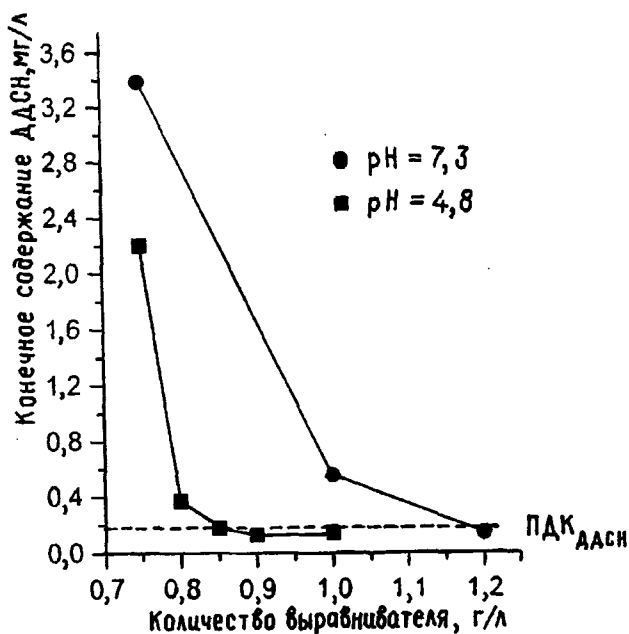


Рис. 2

Для определения оптимальной области значений pH и оптимальных концентраций выравнивателя в комплексе с солью алюминия нами проведены исследования, результаты которых представлены на рис. 1 и 2: рис. 1 – влияние pH среды на степень извлечения ДДСН из раствора ( $C_{\text{ДДСН исх}} = 30$  мг/л;  $C_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 2,5$  мг/л;  $C_{\text{выравнив}} = 1$  г/л); рис. 2 – подбор оптимальных значений pH и дозы выравнивателя при очистке раствора ДДСН концентрацией 30 мг/л.

Кислотность среды изменяли добавлением разбавленной серной кислоты (1:9) или гидроксида натрия концентрацией 0,05 моль/л и контролировали на pH-метре pH-150. Установлено, что оптимальной областью значений pH является 6...9, а доза вы-

равнивателя 0,85 г/л при концентрации соли алюминия 2,5 г/л.

После отработки метода на модельных растворах ДДСН проведены работы по очистке реальных стоков АОЗТ “Зиновьевская мануфактура”. Реальные сточные воды наряду с АПАВ содержали и другие примеси, были окрашены. В результате очистки вместе с АПАВ удалили и другие компоненты стоков, вода обесцветилась, то есть флокулянт расходовался не только на удаление АПАВ. Поскольку цель настоящей работы заключалась в удалении АПАВ, контроль проводили только по этому компоненту. Содержание АПАВ с 3,7 мг/л (при ПДК 0,2 мг/л) было снижено практически до 0.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что методы окислительной деструкции перманганатом калия и коагуляции минеральными солями не являются эффективными для удаления анионного ПАВ (додецилсульфата натрия) из разбавленных растворов.

2. Исследования подтвердили, что применение коагуляционно-флокуляционной системы (выравниватель А в комплексе с коагулянтом  $Al_2(SO_4)_3$ ) снижает концентрацию АПАВ до уровня ПДК. Подобраны оптимальная область значений рН и доза

выравнивателя для наиболее эффективной работы этой системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Клименко Н.А., Тимошенко М.Н. // *Химия и технология воды*. – 1993, №7, 8. Т.15. С.534...566.
2. Лурье Ю.Ю. *Аналитическая химия промышленных сточных вод*. – М.: Химия, 1984.
3. Кочергин Н.Б. и др. // *Химическая промышленность*. – 1989, №9. С.43...46.

Рекомендована заседанием ученого совета. Поступила 30.03.01.

---

УДК 677.021.164

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ  
ОЧИСТКИ ХЛОПКОВОЙ СМЕСИ  
В ТРАНСПОРТНЫХ ВОЗДУХОВОДАХ**

*Ф.Р. КАХРАМАНОВ, В.Д. ФРОЛОВ, Д.Н. САПРЫКИН, С.И. КУРАЧ, Е.Г. ВАВИЛОВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для очистки хлопковой смеси, как правило, применяются вращающиеся рабочие органы с примыкающими к ним решетками. А транспортные воздухопроводы (несмотря на их значительную протяженность) для процесса очистки используются крайне редко.

Простейшим технологическим и конструктивным профилем, вписанным в вертикальный или горизонтальный транспортный воздухопровод, может служить воздухопровод, последовательно расширяющийся и сужающийся по ходу движения смеси воздуха и волокна (рис.1).

Наблюдения показывают, что на выходе волоконвоздушной струи из транспортной трубы 1 (рис.1, сечение 1-1) образуется отрыв потока 2 от стенок последней, а пространство между струей и стенками заполняется вихрями 3. На некотором расстоянии  $l_p$  волоконвоздушная струя полностью расширяется и имеет в сечении 2-2 резко неравномерную эпюру скорости, что обусловлено нарушением осесимметричности (искривлением) потока на участке  $l_p$ . Местное расширение на участке  $l_p$  в соответствии с уравнением неразрывности

$$v_2 = \left( \frac{S_1}{S_2} \right) v_1 \quad (1)$$

приводит к уменьшению скорости потока и, как следствие, повышению давления в направлении движения потока. В уравнении (1)  $S_1$  и  $S_2$  — площади воздуховода в сечениях 1-1 и 2-2 соответственно;  $v_1$  и  $v_2$  — скорости потока в данных сечениях. Такие потоки приобретают склонность к возникновению отрывов, так как для потока 2, показанного на рис.1, прежде всего имеет силу закон сохранения массы:

$$\rho \int_{(S)} v dS = \text{const.} \quad (2)$$

Если среднюю скорость  $v_m$  потока записать в виде выражения

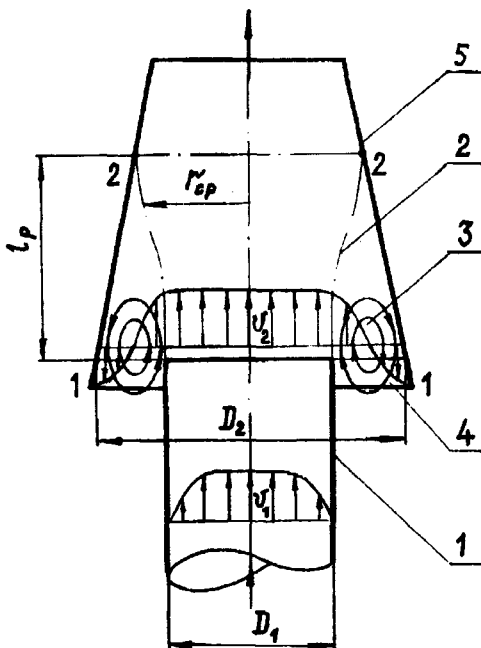


Рис. 1



$$v_m = \left(\frac{1}{S}\right) \int_{(S)} v dS,$$

то (2) примет вид

$$\rho v_m S = \text{const}, \quad (3)$$

то есть при постоянной плотности  $\rho$  в местах с большей площадью поперечного сечения скорость потока уменьшается. Если учитывать потери  $\Delta p_v$  давления на трение, то в случае реального, обладающего трением потока, по сравнению с потоком, не обладающим вязкостью вдоль линии тока,

$$\xi = p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const},$$

где  $p$  – статическое давление;  $\rho v^2 / 2$  – скоростной напор;  $\xi$  – полное давление, уравнение Бернулли в расширенном потоке можно записать в виде

$$p_1 + \left(\frac{\rho}{2}\right) v_{m1}^2 = p_2 + \left(\frac{\rho}{2}\right) v_{m2}^2 + \Delta p_v. \quad (4)$$

Для более общего случая к обеим частям равенства (4) необходимо добавить компонент, являющийся следствием действия основного закона гидростатики:

$$\begin{aligned} p_1 + \left(\frac{\rho}{2}\right) v_{m1}^2 + \rho \xi h_1 &= \\ = p_2 + \left(\frac{\rho}{2}\right) v_{m2}^2 + \rho \xi h_2 + \Delta p_v, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  – геодезические высоты трубок тока в сечениях 1–1 и 2–2.

Тогда согласно (5) и с учетом соотношения (1) максимально возможное повышение давления

$$\Delta p_v = p'_2 - p_2 = \left(\frac{\rho}{2}\right) v_{m1}^2 \left[1 - \left(\frac{S_1}{S_2}\right)\right]^2. \quad (6)$$

Большие потери давления возникают при внезапном расширении потока.

Действительное повышение давления в этом случае

$$p_2 - p = \rho v_{m2} (v_{m1} - v_{m2}), \quad (7)$$

а с учетом (6) запишем

$$\Delta p_v = \left(\frac{\rho}{2}\right) (v_{m1} - v_{m2})^2.$$

Тогда коэффициент потери давления при внезапном расширении поперечного сечения

$$\xi_{vp} = \frac{\Delta p_v}{\left[\left(\frac{\rho}{2}\right) v_{m1}^2\right]} = \left[1 - \left(\frac{S_1}{S_2}\right)\right]^2. \quad (8)$$

В действительности потеря давления несколько больше, поскольку внезапное расширение имеет выход вне пределов транспортной трубы в кольцевое отверстие 4 между поверхностями транспортной трубы 1 и конфузорной частью трубы 5, кроме того, не учтены трение о стенки и потери, происходящие при генерации и диссипации турбулентности при расширении потока.

Реальное значение коэффициента потерь давления

$$\xi_{vp} = \beta \left[1 - \left(\frac{S_1}{S_2}\right)\right]^2, \quad (9)$$

где  $\beta =$  до 1,2.

Необходимо отметить, что потери на трение на границах в зоне отрыва при расширении потока действительно малы в сравнении с потерями, происходящими при генерации и диссипации турбулентности в этой зоне. Диссипация энергии в неравномерном потоке является, в первую очередь, результатом генерации турбулентности в зонах отрыва, что особенно усиливает влияние числа Рейнольдса на изменение положения точки отрыва из-за

влияния вязкости. Поэтому очевидно, что потери энергии в неравномерном потоке на единицу веса должны зависеть от геометрии границ и характерного числа Рейнольдса.

Диссипация энергии на единицу веса  $H_{\Pi}$  принимает безразмерный вид при делении на кинетическую энергию, приходящуюся на единицу веса характерного параметра  $v^2 / 2\xi$ . Безразмерный коэффициент потерь напора определяется из равенства [1]:

$$\xi_m = \frac{H_{\Pi}}{v^2 / 2\xi} \quad (10)$$

и является функцией геометрии стенок и числа Рейнольдса. На многих переходных участках, где происходит отрыв, положение точки отрыва определяется в основном очертанием стенок.

Скорость потока, однако, изменяется по сечению и поэтому истинная величина среднего потока количества движения равна

$$\int v_Q (v dS) = \alpha_u V (Q v S)$$

или

$$\int v_Q dQ = \alpha_u V (Q Q),$$

где  $v=Q/S$ — величина средней скорости по поперечному сечению;  $Q$ — объем волоконно-воздушной смеси;  $V$ — вектор средней скорости;  $\alpha_u \geq 1$ — коэффициент количества движения (или импульса).

Тогда уравнение количества движения для одномерного движения запишется в виде

$$F_{ду} + F_{ту} + F_{му} = (\alpha_u v_y Q Q)_2 - (\alpha_u v_y Q Q)_1, \quad (11)$$

где  $F_d$ — результирующая сила, действующая по нормали к контрольной поверхности (может быть определена по нормальным давлениям на контрольной поверхности);  $F_T$ — результирующая сила, действующая тангенциально к контроль-

ной поверхности (может быть определена по тангенциальным (касательным) напряжениям на контрольной поверхности);  $F_M$ — объемная или массовая сила при действии гравитационного или магнитного полей.

Проекция массовой силы равна нулю, касательными напряжениями пренебрегаем ввиду их малости. В этом случае (11) при  $\alpha_u = 1$  принимает вид

$$(p_1 - p_2) S_2 = \rho Q (v_2 - v_1). \quad (12)$$

Диссипация энергии на единицу веса определяется из уравнения энергии

$$H_1 = H_2 + H_{\Pi} + \Delta H_{\Pi}, \quad (13)$$

где  $H_1, H_2$ — осредненные по весовому расходу величины удельной энергии (кг · мкг), которые можно трактовать так же, как осредненные по весовому расходу величины полного напора (давления) для всех линий тока;  $H_{\Pi}$  — потери механической энергии;  $\Delta H_{\Pi}$ — колебания потерь механической энергии.

При отсутствии механической энергии уравнение (13) запишется как

$$\left( \frac{p_1}{\gamma} + h_1 + \frac{v_1^2}{2\xi} \right) - \left( \frac{p_2}{\gamma} + h_2 + \frac{v_2^2}{2\xi} \right) = H_{\Pi_{1-2}}. \quad (14)$$

Если в выражение (14) подставить (12), то потеря напора (давления) согласно теореме Борда запишется в виде

$$H_{\Pi_{1-2}} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2\xi}, \quad (15)$$

или в безразмерном виде, используя (10) и (1):

$$\frac{H_{\Pi_{1-2}}}{v_1^2/2\xi} = \xi_{в.р} = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^{-2}. \quad (16)$$

Экспериментальные результаты подтверждают формулу с точностью до нескольких процентов. Это означает, что потери на трение на границах в зоне отрыва действительно малы в сравнении с потерями, происходящими при генерации и

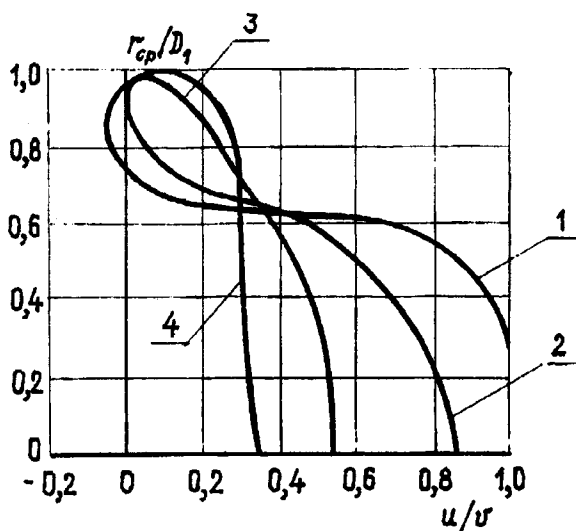


Рис. 2

Экспериментальные профили скорости для различных сечений за внезапным расширением при отношении  $D_1/D_2=1/2$  представлены на рис.2 (кривая 1— отношение  $x/D_1=1,0$ ; 2—  $x/D_1=4,0$ ; 3—  $x/D_1=6,0$ ; 4—  $x/D_1=8,0$ ).

Профиль границы отрыва, пространственное распределение осредненного давления за расширением и кривые с различными значениями отношения статического давления к скоростному напору ( $P/(qv^2/2)$ ) показаны на рис.3: кривая 1— отношение равно 0,1; 2— 0,2; 3— 0,3. Зона отрыва может распространяться на  $3,5D_1$ , а давление частично приобретает равномерное распределение после точки отрыва и зависит от конусности конфузорной трубы 5.

Таким образом, созданные технологические условия диссипации энергии в не-

диссипации турбулентности при расширении.

Если диаметр  $D_2$  конфузорной трубы (в сечении 1-1) значительно больше диаметра  $D_1$  транспортной трубы и соблюдается соотношение перекрытия поверхностей 1 и 5, то часть вихревого потока 3 будет выходить за пределы транспортного потока 2, выделяя сорные примеси в зазор кольцевого отверстия 4 (рис.1).

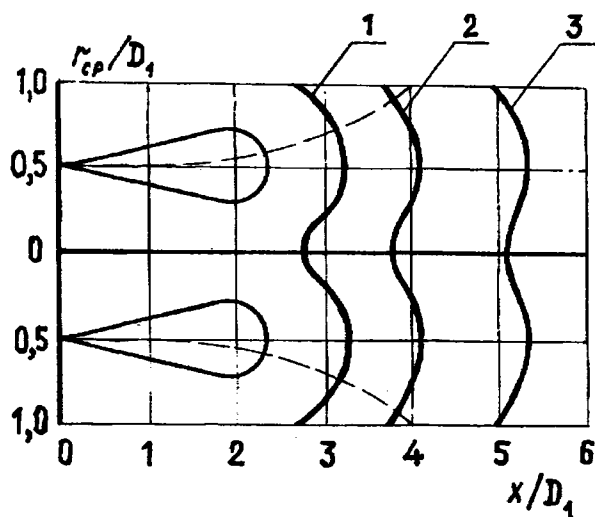


Рис. 3

равномерном потоке стали результатом генерации турбулентности в зонах отрыва в виде вихревого потока. Полученные теоретические и экспериментальные решения позволяют регулировать выделение сорных примесей за счет сжатия и расширения потока, а следовательно, его деформации с изменением объема, что способствует выравниванию смеси как по объему, так и по весу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chaturvedi M.C. Flow characteristics of axisymmetric expansions. Proc. Am. Soc. Civil Engrs.— V. 89, NHY-3, May 1963.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 21.05.01.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА НА СВОЙСТВА ВОЛОКОН И НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АУТОГЕЗИОННОМ СКРЕПЛЕНИИ

В.М. ГОРЧАКОВА, В.А. БАТАЛЕНКОВА, Б.А. ИЗМАЙЛОВ

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

Ранее показано влияние различных кремнийорганических модификаторов на физико-механические свойства нетканых материалов, полученных при аутогезионном скреплении [1].

В настоящей работе исследовано влияние синтезированного нами нового кремнийорганического модификатора – олиго(этоксид)(изобутоксид)силоксана (П1) на свойства химических волокон: полиамидных (ПА) и полиэфирных (ПЭФ), а также нетканых материалов, полученных при их аутогезионном скреплении.

Химические волокна обрабатывали спиртовым раствором П1 различной кон-

центрации, высушивали на воздухе и подвергали термообработке в сушильном шкафу при  $T=140^{\circ}\text{C}$  в течение 10 мин. Волокнистые холсты формировали механическим способом из модифицированных химических волокон поверхностной плотностью  $70 \text{ г/м}^2$  и скрепляли при повышенной температуре и давлении на прессе в течение 2 мин.

Свойства волокон и нетканых материалов определяли по стандартным методикам. Физико-механические свойства химических волокон приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Волокно	Линейная плотность волокон, текс	Удельная по- верхность S, $\text{м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$	Количество модифика- тора на волокне		Разрывное на- пряжение $\sigma_p$ , $(\text{Н/м}^2) \cdot 10^{-6}$	Модуль упру- гости волокон E, $\text{Па} \cdot 10^{-6}$
				мкмоль $\cdot \text{г}^{-1}$	мкмоль $\cdot \text{м}^{-2}$		
1	ПА	0,40	0,835	-	-	25,49	15,26
				1,653	1,980	28,57	17,62
				2,755	3,299	37,16	19,26
				3,857	4,619	36,26	18,27
2	ПЭФ	0,17	0,826	-	-	143,9	99,12
				1,653	2,001	105,8	75,68
				2,755	3,335	125,9	66,87
				3,857	4,670	113,6	62,23
3	ПЭФ	0,33	0,820	-	-	76,96	55,58
				1,653	2,016	65,16	39,48
				2,755	3,360	54,73	42,23
				3,857	4,704	59,34	38,70

Из данных табл.1 следует, что П1 оказывает существенное влияние на свойства волокон. Так, при содержании его на волокне 0,15; 0,25; 0,35 % масс. (1,653; 2,755; 3,857 мкмоль·г<sup>-1</sup> соответственно) разрывное напряжение ПА волокон повышается по сравнению с исходными волокнами на 12, 46, 42 %, модуль упругости на 16, 26, 20 %; для ПЭФ волокна 0,17 текс эти показатели снижаются на 27, 12, 21 и 15, 29, 23 %, а для ПЭФ волокна 0,33 текс на 24, 33, 37 и 29, 24, 30 % соответственно.

Нами изучено влияние П1 на температуру плавления химических волокон и установлено снижение ее для ПА волокна на 4°С, а для ПЭФ волокна 0,17 и 0,33 текс на 5 и 7°С соответственно. Очевидно, что вводимый модификатор является структурным пластификатором для полимера волокон.

Влияние содержания П1 на волокне и температуры прессования холстов на их прочность, воздухопроницаемость, жесткость, несминаемость, усадку при термообработке изучали с использованием метода математического планирования и анализа эксперимента (план Коно-2) [2]. В результате расчета на ЭВМ получены уравнения регрессии и построены соответствующие поверхности отклика.

Уравнение регрессии для зависимости удельной разрывной нагрузки от содержания модификатора и температуры прессования для нетканого материала из ПЭФ волокон 0,33 текс (по длине образца) имеет вид

$$Y=11,28-1,30X_1-3,08X_2. \quad (1)$$

Анализируя уравнение (1), видим, что на величину удельной разрывной нагрузки для нетканого материала из ПЭФ волокна 0,33 текс содержание П1 на волокне  $X_1$  влияет в большей степени, нежели температура  $X_2$  прессования холста.

Характерная графическая зависимость удельной разрывной нагрузки  $R_{уд}$ , Н·м/г от содержания модификатора П1 и температуры прессования для нетканого материала

из ПЭФ волокон 0,33 текс (по длине образца) изображена на рис.1.

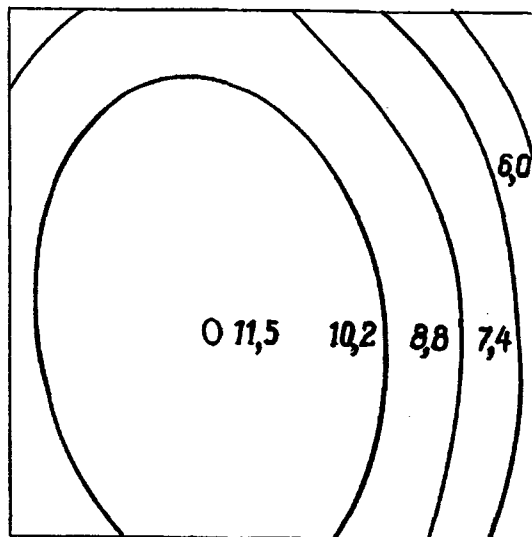


Рис. 1

Анализ графической зависимости (рис.1) показывает, что при увеличении содержания П1 на волокне от 0,15 до 0,25 % масс. и при увеличении температуры прессования от 210 до 220°С происходит увеличение прочности образца, а при дальнейшем увеличении этих параметров наблюдается ее падение.

Аналогичные зависимости установлены для всех изучаемых свойств нетканых материалов.

Таким образом, определены оптимальные условия получения нетканых материалов, а именно: содержание модификатора на волокне 0,25...0,30 % масс., температура прессования холстов из ПА и ПЭФ волокон 200 и 220°С соответственно.

Оптимальные условия получения нетканых материалов и их свойства представлены в табл.2.

№ п/п	Состав волокнистого холста	Температура прессования, °С	Удельная разрывная нагрузка $R_{3,2}$ Н·м/г		Относительное разрывное удлинение $\epsilon_r$ , %		Жесткость, мкН/см <sup>2</sup>		Воздухопроницаемость, м <sup>3</sup> /мин, м <sup>2</sup>	Коэффициент несминаемости $K_n$		Коэффициент усадки при термообработке $K_t$	
			по длине образца	по ширине образца	по длине образца	по ширине образца	по длине образца	по ширине образца		по длине образца	по ширине образца		
1	Полиамидные волокна (исходные)	195-200	3,40	1,6	10,8	10,8	5014,3	4980,0	60,30	-	-	-	-
2	Полиамидные волокна (модифицированные П1)	200	19,70	8,18	20,4	17,4	4376,0	2829,0	65,29	-	-	-	-
3	Полиэфирные волокна 0,17 текс (исходные)	220-225	1,23	0,90	18,0	20,2	5300,0	5284,0	52,80	0,70	0,65	0,10	0,11
4	Полиэфирные волокна 0,17 текс (модифицированные П1)	220	11,24	6,73	14,9	6,9	4064,1	2705,0	65,46	0,86	0,72	0,06	0,07
5	Полиэфирные волокна 0,33 текс (исходные)	220	2,20	0,94	20,4	21,2	6200,0	6167,0	54,40	0,70	0,62	0,11	0,12
6	Полиэфирные волокна 0,33 текс (модифицированные П1)	220	11,54	10,85	11,7	13,2	5017,8	5013,0	56,40	0,84	0,70	0,05	0,06

На основании данных табл.2 можно заключить, что при содержании П1 на волокне 0,25 % масс. происходит увеличение (по сравнению с необработанными образцами) удельной разрывной нагрузки нетканых материалов из ПА и ПЭФ волокон 0,17 и 0,33 текс соответственно в 6, 9, 6 по длине и в 5, 8, 10 раз по ширине образца.

Увеличение прочности нетканого материала, очевидно, связано с образованием силоксановых связей между волокнами вследствие взаимодействия силанольных групп, образующихся при гидролизе этоксисиланольных ( $C_2H_5OSi$ ) и изобутоксисиланольных (изо- $C_4H_9OSi$ ) групп, находящихся в поверхностных слоях волокон [1].

Жесткость нетканого материала из модифицированных волокон уменьшается для ПА волокон и ПЭФ волокон (0,17 и 0,33 текс) соответственно на 13, 23, 19 % по длине и 43, 49, 19 % по ширине образца, а воздухопроницаемость увеличивается соответственно на 8, 19 и 4 %.

На несминаемость и термоусадку влияет линейная плотность волокон. Как видно из табл.2, несминаемость нетканых материалов из ПЭФ волокон 0,17 и 0,33 текс

увеличивается на 18 и 16% по длине и на 9 и 11 % по ширине образца соответственно; термоусадка уменьшается на 41 и 58 % по длине и на 43 и 48 % по ширине образца соответственно.

На жесткость нетканых материалов влияют также природа волокна и его линейная плотность. Жесткость нетканого материала из полиэфирных волокон выше, чем из полиамидных. Жесткость нетканого материала из полиэфирных волокон 0,17 текс ниже, чем нетканого материала из ПЭФ волокон 0,33 текс на 15 % (исходных) и на 19 % (при содержании на волокне 0,25 % масс. П1).

Жесткость нетканого материала из модифицированных П1 волокон снижается, несминаемость увеличивается и усадка уменьшается (по сравнению с немодифицированными образцами) за счет пластификации поверхностного слоя волокон силикатными слоями с этоксисиланольными группами. Воздухопроницаемость нетканого материала увеличивается, так как силикатные слои на поверхности волокон обладают паро-, газопроницаемостью [3].

При обработке химических волокон модификатором П1 на поверхности волокон образуется стойкая защитная пленка из гидратированной окиси кремния с этокси-силильными и изобутоксисилильными группами, вследствие чего уменьшается скольжение волокна и его набухание [1]. Пленка предохраняет полотно от истирания и износа, сообщает ему повышенную прочность, плотность, приятную наполненность и добротность.

## ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние модификатора олиго-(этокси)-(изобутокси)силоксана (П1) на свойства полиамидных и полиэфирных волокон и нетканых материалов. Показано, что свойства нетканых материалов из модифицированных оптимальным количеством П1 - 0,25 % масс. химических волокон, скрепленных аутогезионным способом, улучшаются: прочность растет в 6...10 раз, жесткость уменьшается на 7...49 %,

воздухопроницаемость увеличивается на 3...19 %.

Установлено, что для ПЭФ волокон 0,17 и 0,33 текс несминаемость увеличивается на 9...18%, термоусадка уменьшается на 41...58 %.

2. Изменение свойств волокон и нетканых материалов объясняется образованием на поверхности волокон силикатного слоя с этоксисилильными группами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горчакова В.М., Измайлов Б.А., Дробова Ю.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 5. С. 77...78.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
3. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и применение кремнийорганических продуктов. – М.: Химия, 1975.

Рекомендована кафедрой нетканых материалов.  
Поступила 02.04.01.

УДК: 677.055.82:620.178.35

**СОУДАРЕНИЕ КЛИНА С ПЯТКОЙ ТРИКОТАЖНОЙ ИГЛЫ,  
СОПРИКАСАЮЩЕЙСЯ С ИГОЛЬНИЦЕЙ**

*А.П. МАЛЫШЕВ, А.И. ТОМИЛИН*

(Московская государственная текстильная академия им. А.Н. Косыгина)

При ударном взаимодействии клиньев с пяткой трикотажной иглы контакт между ними в процессе движения может пропадать, что оказывает существенное влияние на характер нагружения иглы и ее долговечность.

Экспериментальные исследования [1] показали, что для чулочных автоматов ЧА-18.7 повреждение иглы в 12% случаев вызвано разрушением пятки по причине ее соударений с клиньями.

Данная работа посвящена исследованию динамической реакции пятки трикотажной иглы при ее ударе о заключающий клин с учетом сил внешнего сухого трения между иглой и игольницей.

В качестве простейшей модели трикотажной иглы возьмем два стержня, соединенных под прямым углом (рис.1-а). Иглу считаем абсолютно упругой. Подгибку иглы учитываем путем задания на боковой поверхности стержня 2 погонной нагрузки от сил трения  $q$ , направленной в сторону, противоположную местной скорости смещения иглы относительно игольницы. Принимаем, что клин контактирует с пяткой по всей ее длине. Неподвижная система координат фиксируется в момент первого контакта пятки с клином в указанном на рис.1 положении.

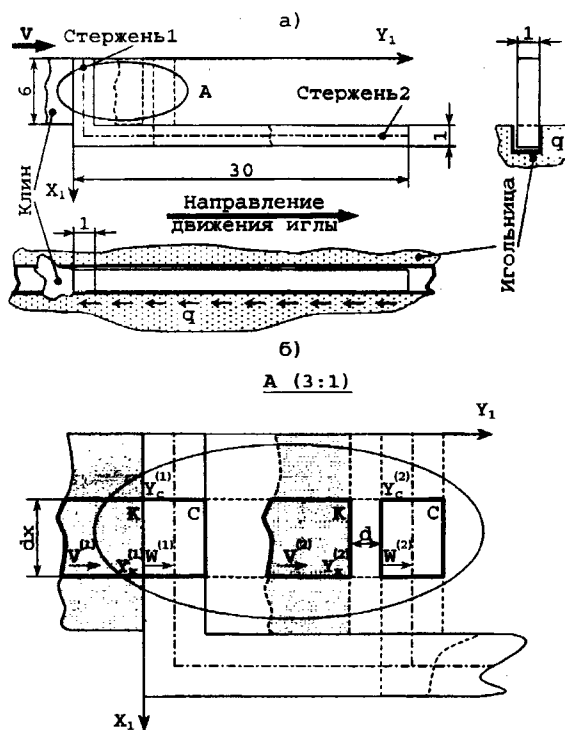


Рис. 1

Для моделирования удара клина по пятке выделим на ней элемент С длиной  $dx$  и рассмотрим его взаимодействие с элементом клина К (рис.1-б).

Пусть  $Y_k$  – координата поверхности клина, соприкасающейся с пяткой, а  $Y_c$  –



координата ответной поверхности пятки;  $W$  – поперечная скорость элемента пятки;  $V$  – скорость клина.

Когда участок пятки находится в контакте с клином,  $Y_c = Y_k$  и  $W = V$ . После потери контакта между ними  $W$  при наличии трения рано или поздно станет меньше  $V$ . С другой стороны, элементы  $C$  и  $K$  остаются в контакте, пока выполнено соотношение  $Y_c = Y_k$ .

Соотношения для расчета  $Y_c$  и  $Y_k$  можно получить следующим образом. Пусть в момент времени  $t$  скорость элемента  $C$  была равна  $W^{(1)}$ , а его координата –  $Y_c^{(1)}$ . Для элемента клина  $K$  соответствующие величины обозначим  $V^{(1)}$  и  $Y_k^{(1)}$ . Через промежуток времени  $\Delta t$  скорости элементов  $K$  и  $C$  примут значения  $V^{(2)}$  и  $W^{(2)}$  соответственно. Изменение координат контактирующих поверхностей за время  $\Delta t$  сначала вычисляем простым численным интегрированием скоростей  $V$  и  $W$  по времени:

$$\Delta Y_c = \frac{(W^{(2)} + W^{(1)})}{2} \Delta t, \quad (1)$$

$$\Delta Y_k = \frac{(V^{(2)} + V^{(1)})}{2} \Delta t = V \Delta t.$$

Если оказывается, что  $Y_k^{(2)} \geq Y_c^{(2)}$ , это означает наличие контакта между клином и пяткой. В этом случае выполняется коррекция скорости пятки из условия кинематического воздействия со стороны клина:

$$Y_c^{(2)} = Y_k^{(2)}, \quad W^{(2)} = V. \quad (2)$$

Моделирование волновых переходных процессов в игле при различных уровнях

нагрузки  $Q$  проводили с помощью системы «МОДЕСТ» [3], разработанной на основе методики [2]. Для обезразмеривания использовались соотношения

$$N = EFN^0; Q = EFQ^0;$$

$$M = E\sqrt{F^3}M^0; V = \sqrt{E/\rho}V^0;$$

$$W = \sqrt{E/\rho}W^0; q = E\sqrt{F}q^0;$$

$$t = \sqrt{F\rho/E}t^0; X = \sqrt{FX^0}. \quad (3)$$

Здесь безразмерные параметры отмечены верхним индексом 0. В дальнейшем используются только безразмерные параметры, а верхний индекс для краткости не приводится.  $E$  – модуль упругости при растяжении;  $\rho$  – плотность;  $F$  – площадь поперечного сечения стержня 1.

Скорость клина  $V$  принималась постоянной и равной 0,01; коэффициент Пуассона полагался равным 0,3. В качестве граничных условий на свободных торцах стержней 1 и 2 задавалось равенство нулю продольной  $N$  и поперечной  $Q$  сил, а также изгибающего момента  $M$ .

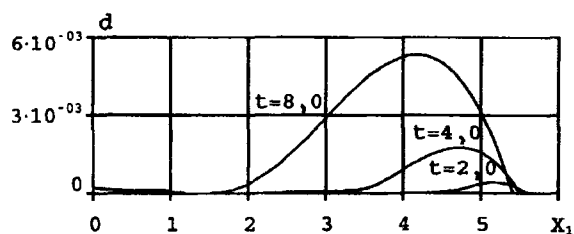


Рис. 2

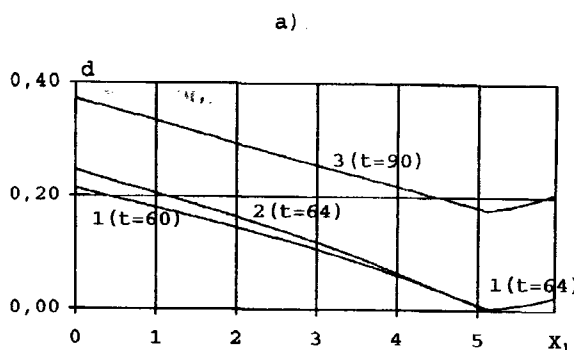
На рис.2 показано начало отхода пятки от ударного клина при отсутствии трения ( $q = 0$ ). По горизонтальной оси отложена координата  $X_1$  стержня 1, а по вертикаль-

ной – смещение  $d$  (рис.1-б) стержня 1 относительно клина, обезразмеренное по  $\sqrt{F}$ , где  $F$  – площадь поперечного сечения стержня 1. Видно, что сразу после соударения пропадает контакт пятки с клином в области стыка пятки со стержнем иглы. В дальнейшем эта зона расширяется и смещается в сторону свободного торца. К моменту времени  $t=8$  свободный торец пятки начинает удаляться от клина, увлекая за собой соседние участки.

Анализ волновой картины показывает, что, подобное деформирование связано с распространением вдоль пятки волны изгибающего момента, приходящей от стержня иглы. Следует отметить, что в зоне, прилегающей к стержню, контакт пятки с клином вскоре восстанавливается и сохраняется затем относительно длительный промежуток времени вплоть до  $t=60$  (рис.3-а). С приходом волн, отраженных от свободного торца стержня иглы, пятка к моменту времени  $t=64$  теряет контакт с ударным клином по всей длине, причем после отрыва пятки от клина повторных ударов уже не происходит ( $t=90$ ).

На рис.3-б представлен процесс деформирования пятки при уровне трения  $q=1,5 \cdot 10^{-4}$ . Кривые 1...3 отражают состояние пятки после ее соударения с клином. Сравнение этих результатов с полученными для иглы, не подверженной воздействию трения, показывает, что последнее способствует увеличению деформаций пятки. Трение замедляет движение иглы, поэтому время, за которое пятка первый раз полностью теряет контакт с клином, увеличивается с  $t=64$  до  $t=78$ . Торможение иглы приводит к тому, что ударный клин догоняет пятку в момент времени  $t=140$ . Происходит новое соударение пятки с клином. Причем она касается клина только частично. Остальная ее часть, не касающаяся клина, совершает слабые колебательные движения в плоскости иглы. Так продолжается вплоть до прихода к пятке новой группы волн, отраженных от свободного торца стержня иглы. Поскольку при втором соударении игла не покоилась, а находилась в движении, количество энергии, переданной ей клином, значительно меньше, чем при первом соударении. Когда к моменту времени  $t=255$  игла оторвется от клина во второй раз, клин нагонит ее в момент времени  $t=270$ , то есть клин не будет воздействовать на иглу только в течение  $t=15$ . Это существенно меньше времени потери контакта  $t=62$  после первого удара.

В дальнейшем игла вообще перестает терять связь с клином по всей длине и в области стыка пятки со стержнем иглы образуется зона постоянного контакта. Большая часть пятки со стороны свободного торца будет оставаться в отклоненном состоянии. При этом максимальная величина отклонения пятки от клина наблюдается в области свободного торца. Когда к пятке приходят волны, отраженные от свободного торца стержня иглы, в описанной зоне постоянного контакта будут наблюдаться незначительные деформации, уже не способные привести к полной потере контакта пятки с клином, тогда как остальная часть пятки будет отклоняться от клина еще дальше. Когда волновой пакет



б)

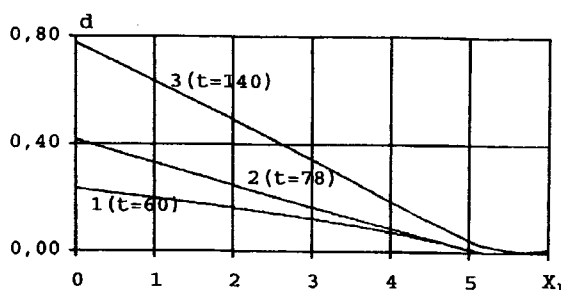


Рис. 3

от стержня 2 до свободного торца пятки, начнется ее разгрузка и пятка постепенно возвратится к своему прежнему состоянию.

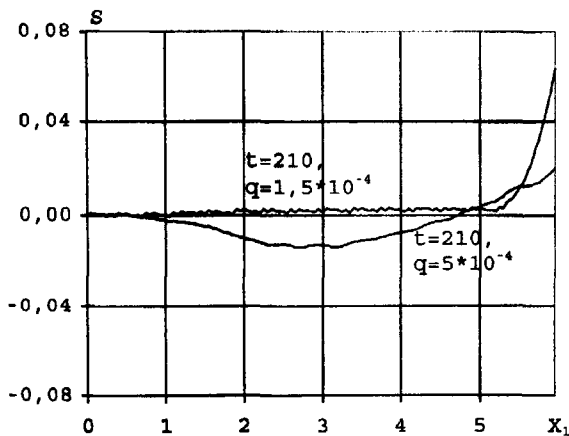


Рис. 4

Напряжение  $S$  достигает наибольших значений в средней части пятки, а также в месте ее стыка со стержнем иглы (рис.4). Именно здесь чаще всего происходит разрушение пятки [1].

При повышении уровня трения начиная с  $q = 5 \cdot 10^{-4}$  уже не происходит потери контакта между клином и пяткой по всей ее длине. После соударения область пятки, примыкающая к свободному торцу, испытывает колебания, как и в предыдущем случае. К моменту времени  $t = 200$  колебания затухают. Далее примерно  $2/3$  длины пятки остается в отклоненном состоянии, совершая незначительные колебательные движения в плоскости иглы. Затухание колебательных процессов приводит к сглаживанию профилей напряжения. При повышении трения распределение нор-

мальных напряжений вдоль пятки становится более равномерным. Уменьшаются скачки напряжения  $S$ , которые наблюдаются при уровне трения  $q = 1,5 \cdot 10^{-4}$  (рис.4). Значительное повышение уровня трения приводит вместе с тем к увеличению напряжений в области стыка пятки со стержнем иглы.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования подтверждают, что одной из основных причин разрушения иглы в области пятки могут быть многократные соударения пятки с ударным клином, вызывающие резкие скачки напряжений. Полученные результаты подтверждают эффективность использования методики [2] и системы [3] для исследования подобных эффектов с учетом внешнего трения.

2. Численное моделирование позволило определить зоны возможных разрушений, а также исследовать характерные особенности развития волновых переходных процессов в игле при повторных соударениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева Т.Н. Исследование прочности и долговечности игл круглошпунтовых автоматов: Дис. ... канд. техн. наук.—М., 1969.
2. Малышев А.П. // Изв. РАН, МТТ.— 1998, №6. С.149...155.
3. Патент РФ №990636. МОДЕСТ-Моделирование волновой динамики трикотажных игл с сухим трением / А.П. Малышев, А.И. Томилин— Оpubл. 1999.

Рекомендована кафедрой компьютерных технологий и теории машин. Поступила 10.04.01.

УДК [687.03.076:665.93]:687.016.5

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
УПРУГОЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ОДЕЖДЕ\***

Ю. В. ЛЮБИМОВА, В. Е. КУЗЬМИЧЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Стабильность формы одежды зависит от многих факторов, определяющими из которых являются способность пакета материалов изделия сопротивляться деформациям изгиба и восстанавливаться после нее.

На формоустойчивость пакета материалов клеевого соединения существенное влияние оказывает исходная формоустойчивость основного материала (ОМ) и термоклеевого прокладочного материала (ТПМ). В результате, имея информацию об этих показателях, можно спроектировать пакет материалов клеевого соединения, обладающий необходимым уровнем формоустойчивости.

Существующие стандартизированные и нестандартные методы измерения жесткости и упругости текстильных материалов и систем материалов (например, клеевых соединений) [1...3] имеют ряд недостатков: не воспроизводят реальные условия эксплуатации одежды; не позволяют измерять упругость ОМ, ТПМ и клеевых соединений, что затрудняет сравнение результатов; являются разрушающими (требуют вырезания образцов); требуют специальной приборной базы.

Все это затрудняет процесс выбора ТПМ с нужными упругоэластическими свойствами.

Цель настоящей работы заключается в разработке экспресс-способа определения нового показателя упругоэластических свойств всех компонентов клеевого соединения.

На основе анализа достоинств и недостатков существующих методов измерения упругости сформулированы требования к новому способу. Он должен обладать следующими качествами: пригодностью для промышленных и научных целей, нематериалоемкостью, универсальностью, точностью, способностью не разрушать исследуемые материалы.

В соответствии с перечисленными требованиями разработан новый способ определения упругоэластических свойств материалов и систем материалов, основанный на деформациях, характерных для одежды: принудительный изгиб и самопроизвольное восстановление формы.

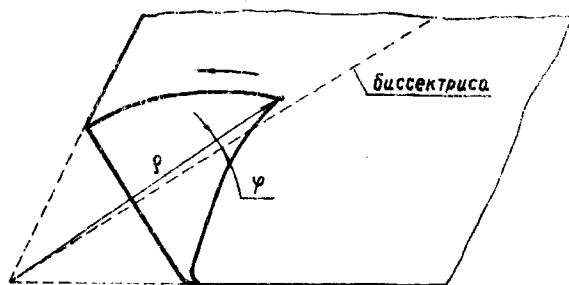


Рис. 1

\* Работа выполнена по гранту 2000 г. Министерства образования РФ по фундаментальным исследованиям в области технических наук.

Суть способа в следующем: материал (целое полотно) укладывают на горизонтальной плоскости (рис.1), проводят на нем линию биссектрисы из вершины прямого угла, образованного кромкой и линией отреза, перегибают этот угол по биссектрисе и укладывают загнутый угол на плоскость полотна, после чего сдвигают свободно лежащую вершину угла вдоль линии биссектрисы в обратном направлении до момента отрыва угла от плоскости

полотна. Затем фиксируют на полотне точку последнего касания, измеряют ее координаты (радиус  $\rho$  и угол  $\phi$ ), по которым оценивают соответственно упругость текстильного материала и анизотропию свойств.

По предложенному методу проведены испытания с широким ассортиментом материалов. Полученные результаты представлены в табл.1.

Таблица 1

Компоненты клеевых соединений и клеевые соединения	Показатель	
	упругости, см	анизотропии свойств, °
Основные материалы:		
- пальтовые;	13...22	0...3
- костюмные;	12...18	0...10
- платьево-блузочные	8...15	0...15
ТПМ:		
- тканые;	7,5...22	0...23
- трикотажные;	6...12	0...10
- нетканые	5,5...23	0...5
Клеевые соединения *		
- тканые ТПМ;	16...29	0...20
- трикотажные ТПМ;	16,5...23	0...10
- нетканые ТПМ	16,5...29	0...6,5

Примечание. \* Для клеевых соединений даны результаты, полученные при склеивании с различными ТПМ камвольной ткани с упругостью 15, 2 см и анизотропией свойств 0,3.

В описываемом способе предложено использовать не применяемые ранее для оценки упругости и анизотропии свойств единицы измерения: это см – для выражения упругости и градусы – для анизотропии свойств.

Логичность используемых единиц измерения можно объяснить следующими заключениями. Загнутый угол материала, имея определенную массу, оказывает на плоскость давление, равное его силе тяжести. Сдвигая угол материала, мы таким образом уменьшаем силу тяжести до тех пор, пока она не будет равна силе, достаточной для отрыва материала от плоскости, то есть силе упругости. Чем больше сила упругости, тем более высокими показателями свойств обладает материал. Анизотропия свойств представляет разницу между упру-

гостями по нити основы и нити утка. Чем больше анизотропия, тем выше разность в упругости. Если анизотропия стремится к нулю, то раскрой ТПМ возможен в любом направлении (например, нетканые ТПМ). При анизотропии, отличной от нуля, ее следует учитывать и раскрой производить в соответствии с задуманной формой.

Вывод о необходимом числе измерений и уровне точности метода производили на основании информации о величине общей погрешности и ее поведении при увеличении числа измерений. Общая погрешность включает систематическую и случайную погрешности.

Для описываемого способа систематическая погрешность равна погрешности оператора из-за ошибок считывания показаний и для используемых инструментов

измерения линейки и транспорта равна 0,5мм и 0,5° соответственно. Для выявления динамики случайной погрешности проведено 50 измерений радиуса  $\rho$  и угла  $\phi$  для ТПМ арт.86040. Выполнены расчеты случайной и общей погрешностей для выборок, объем которых каждый раз увеличивали на единицу для обоих рассматриваемых показателей.

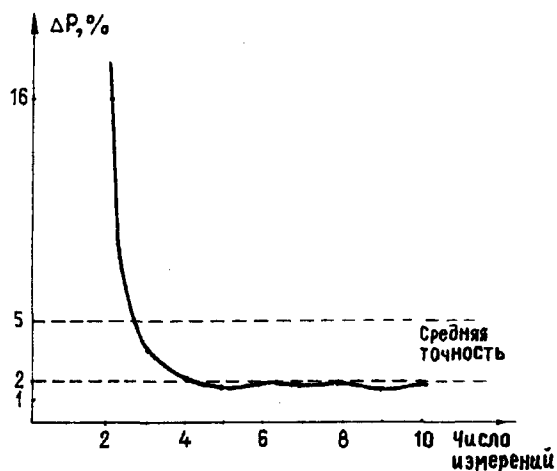


Рис. 2

На основании полученных данных построены графики зависимостей общих погрешностей от числа измерений для показателей упругости и анизотропии свойств материалов, представленные соответственно на рис.2 и 3.

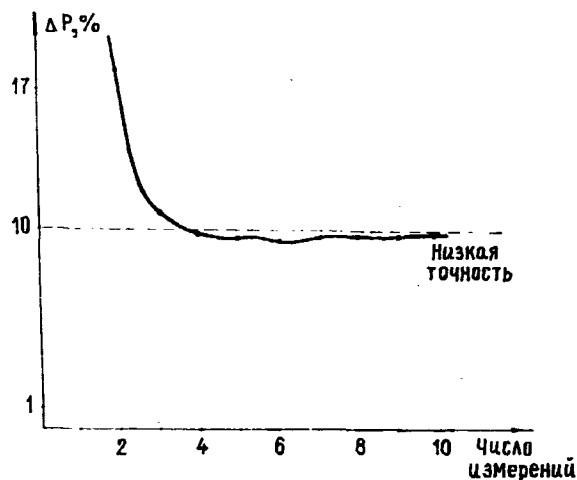


Рис. 3

Анализируя их можно сделать вывод, что:

1) стабильность значений общей погрешности достигается при 4-х измерениях для обоих показателей;

2) для принятой вероятности ( $P=0,95$ ) точность результатов:

– для показателя упругости средняя ( $\Delta(P)=2,1\%$ ), но близкая к высокой;

– для показателя анизотропии свойств материалов – низкая ( $\Delta(P)=9,8\%$ ), но приемлемая.

Проведена сравнительная оценка предлагаемого способа с существующими методами определения жесткости и упругости. Испытывали упругость двух тканей, из которых впоследствии получали клеевое соединение.

В качестве основной ткани (костюмной) использовали хлопколавановую

ткань арт.286(2) производства Смоленского льнокомбината. В качестве прокладочной ткани применяли ТПМ с точечным клеевым покрытием арт.1180/2 BS4 фирмы Hansel (Германия). Из перечисленных материалов получали клеевое соединение путем термического склеивания при температуре 140°C, давлении 30кПа и времени 15с на прессе ПГУ-1М (г.Нижний Новгород, ОАО«Легмаш»).

Исходные материалы и полученное из них клеевое соединение испытывали на упругость тремя методами: на приборе ПТ-2 по ГОСТу 10550-93; на приборе ПЖУ12М по ГОСТу 8977-74; по предлагаемому способу.

Результаты измерений (сравнительный анализ предлагаемого способа с другими методами) приведены в табл.2.

Арт. материала, пакет материалов	Упругость материала при разных способах измерения				по предлагаемому способу, см
	на ПТ-2, мк·Н·см <sup>2</sup>		на ГЖУ 12М, %		
	1	2	1	2	
Основная костюмная ткань арт.286(2)	9255,948	2222,478	не измеряется	не измеряется	16,62
ТПМ арт.1180/2BS4	не измеряется	не измеряется	не измеряется	не измеряется	10,30
Клеевое соединение состава арт.286(2)+арт.1180/2BS4	13410,898	9654,806	71,7	73,3	18,9

Примечание. 1 – основа; 2 – уток.

Как видно из табл.1, известные методы не дают возможности получить всю необходимую информацию, а с помощью предлагаемого способа есть значимые результаты для всех материалов. Следовательно, новый способ более универсальный.

### ВЫВОДЫ

1. Разработан универсальный экспресс-способ определения нового показателя упругоэластических свойств всех компонентов клеевого соединения.

2. Найдены минимальные количества измерений для определения упругости и анизотропии свойств, равные четырем для обоих показателей. Точность результатов для показателя упругости средняя, но

близкая к высокой; для показателя анизотропии свойств материалов – низкая, но приемлемая.

### ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 8977–74. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения жесткости и упругости.
- ГОСТ 10550–93. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе.
- Кузьмичев В.Е., Козырев В.В. Практикум по методам и средствам исследований в швейном производстве: Учебное пособие. – Иваново, ИГТА, 1999.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 25.05.01.

УДК 677.022.954/955

**О ВЛИЯНИИ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ  
НА НАТЯЖЕНИЕ НИТИ**

*Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, Е.Н. НИКИФОРОВА, М. А. САКАЛОВ,  
К. А. АРУТЮНЯН, Л. А. СВЕШНИКОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия,  
ОАО «Глуховский текстиль»)

При изучении технологических процессов прядильного производства в ряде случаев приходится определять натяжение нити, располагающейся на направляющей поверхности по пространственной кривой. В настоящем исследовании рассматривается натяжение нити геодезической формы при ее скольжении по поверхности любой кривизны и приводятся частные решения задачи натяжения нити при скольжении по поверхностям в форме катеноида и псевдосферы.

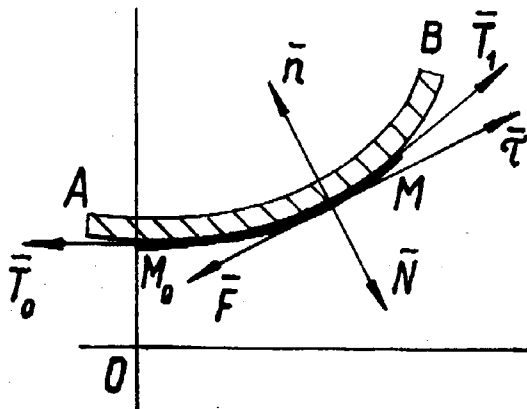


Рис. 1

Пусть нить располагается на поверхности вращения по дуге  $M_0M$  (рис.1), где  $AB$  – некоторое меридиональное сечение поверхности, и находится в равновесии под действием распределенной силы с напряженностью  $F$  и натяжений  $T$  на концах нити. Уравнения равновесия нити в лагранжевых координатах имеют вид [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\mu} \frac{dT}{ds} + F_\tau &= 0, \\ \frac{1}{\mu \varrho} T + F_n &= 0, \\ F_b &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $F_\tau, F_n, F_b$  – проекции напряженности силы  $F$  на касательную, нормаль и бинормаль;  $ds$  – элемент длины нити;  $\mu$  – линейная плотность продукта;  $\varrho$  – радиус кривизны элемента нити.

Из (1) видно, что действующая в каждой точке нити сила поля  $F$  целиком рас-



Разделив переменные

$$\frac{dT}{T} = f k(s) ds$$

и проинтегрировав обе части полученного равенства от точки  $M_0$  ( $s = 0$ ) до произвольной точки  $M$  с координатой  $s$ , получим

$$T = C \exp\left(f \int_0^s k(s) ds\right), \quad (3)$$

где  $C = \text{const}$ .

В точке  $M_0$   $s = 0$  и  $T = T_0$ . Тогда  $C = T_0$  и (3) записывается в виде

$$T = T_0 \exp\left(f \int_0^s k(s) ds\right). \quad (4)$$

Полученное равенство позволяет определить натяжение в любом сечении нити, находящейся на грани равновесия, при ее скольжении по поверхности.

Решим теперь несколько частных задач по определению натяжения нити. Рассмотрим натяжение нити при скольжении по воронке в форме катеноида.

Катеноид есть поверхность, полученная при вращении цепной линии относительно прямой. Осевое сечение воронки имеет вид цепной линии (в декартовых координатах):

$$y = a \operatorname{ch} \frac{x}{a}. \quad (5)$$

Для цепной линии проекция ординаты произвольной точки на нормаль является величиной постоянной, равной параметру  $a$  цепной линии (рис.2):

$$y \cos \alpha = a.$$

полагается в соприкасающейся плоскости. Нить находится под действием двух сил  $T_0$  и  $T_1$ , приложенных в точках  $M_0$  и  $M$ . Будем считать, что другие активные силы отсутствуют. При скольжении по поверхности нить располагается по геодезической (кратчайшей) кривой. Тогда сила трения  $F$  направлена по касательной к нити и находится на пороге срыва, то есть сила трения максимальна во всех точках и подчиняется закону Амонтона:

$$F = f N,$$

где  $F$  и  $N$  – напряженности сил трения и нормальной реакции;  $f$  – коэффициент трения.

Поскольку  $T_1 > T_0$ , трение направлено в сторону, противоположную положительному направлению касательной. Проекция напряженности силы на касательную  $\tau$

$$F_\tau = -f N.$$

Проекция напряженности силы на главную нормаль  $n$ :

$$F_n = -N.$$

Вследствие того, что нить располагается по геодезической линии, кривизну  $k$  ( $k=1/\rho$ ) нити в каждой точке задаем через натуральный параметр (длину  $s$  дуги меридиана) как  $k = k(s)$ .

Уравнения равновесия нити (1) для рассматриваемого случая примут вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\mu} \frac{dT}{ds} &= -F_\tau = fN, \\ \frac{1}{\mu} Tk(s) &= -F_n = N. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Разделив первое уравнение из (2) на второе, получим выражение для определения натяжения нити:

$$\frac{dT}{ds} \frac{1}{Tk(s)} = f.$$

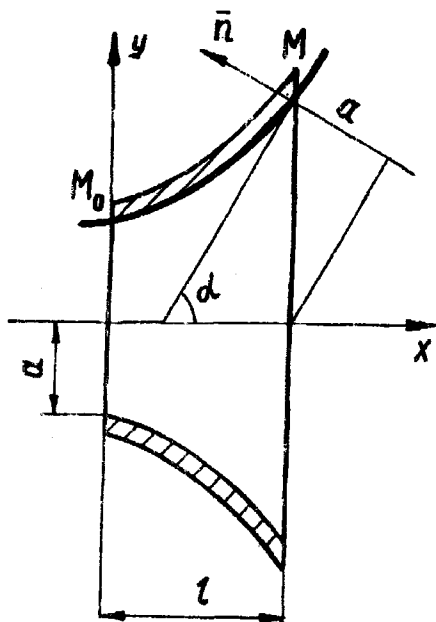


Рис. 2

Кривизна цепной линии определена согласно [3]:

$$k = \frac{\frac{1}{a} \operatorname{ch} \frac{x}{a}}{\left(1 + \operatorname{sh}^2 \frac{x}{a}\right)^{3/2}} = \frac{1}{a \operatorname{ch}^2 \frac{x}{a}} = \frac{a}{y^2}. \quad (6)$$

Длина  $s$  дуги  $M_0M$  цепной линии от ее вершины  $M_0(0, a)$  до произвольной точки  $M(x, y)$  равна:

$$s = \int_0^x \sqrt{1 + y'^2} dx = \quad (7)$$

$$= \int_0^x \operatorname{ch} \frac{x}{a} dx = a \operatorname{sh} \frac{x}{a} = \sqrt{y^2 - a^2}.$$

Решая совместно (6) и (7), а также исключив  $y$ , находим натуральное уравнение цепной линии [4], то есть кривизну  $k$  цепной линии выразим через длину  $s$  дуги меридиана:

$$k(s) = \frac{a}{s^2 + a^2} = \frac{1}{\frac{s^2}{a} + a}. \quad (8)$$

Поскольку нить скользит по поверхности воронки и расположена в меридиональной плоскости (по геодезической кривой), натяжение нити определим по формуле (4). Найдем значение интеграла для цепной линии:

$$\int_{s_1}^{s_2} k(s) ds = \operatorname{arctg} \frac{s_2}{a} - \operatorname{arctg} \frac{s_1}{a}.$$

Принимая за начало отсчета точку  $M_0$  (в точке  $M_0$  координата  $s_1 = 0$ ), имеем

$$\int_0^{s_2} k(s) ds = \operatorname{arctg} \frac{s_2}{a}, \quad (9)$$

где  $s_2 = \sqrt{y_M^2 + a^2}$ ;  $y_M = a \operatorname{ch} \frac{l}{a}$ ;  $l$  — проекция длины  $s$  дуги меридиана на ось  $Ox$  (длина воронки).

Таким образом, натяжение нити при скольжении по воронке с меридиональным сечением в форме цепной линии составит

$$T = T_0 \exp\left(f \operatorname{arctg} \frac{s_2}{a}\right) \quad (10)$$

или

$$T = T_0 \exp\left(f \operatorname{arctg} \sqrt{\operatorname{ch}^2 \frac{l}{a} - 1}\right). \quad (11)$$

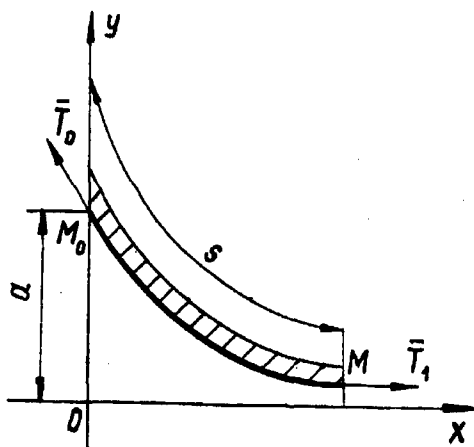


Рис. 3

Интересным является вопрос о натяжении нити, огибающей участок поверхности, имеющей форму псевдосферы. Псевдосфера – это поверхность, получаемая вращением трактрисы вокруг ее асимптоты. Если на поверхности псевдосферы нить скользит по геодезической кривой (например, по осевому сечению воронки), то тогда натяжение нити на участке  $M_0M$  (рис.3) определяется по формуле (4).

В [5] нами получено натуральное уравнение трактрисы:

$$k(s) = \frac{1}{a \sqrt{e^{\frac{2s}{a}} - 1}}, \quad (12)$$

где  $a = \text{const}$  – отрезок касательной от точки касания до некоторой прямой;  $s$  – длина дуги трактрисы (длина нити на поверхности воронки).

Натяжение нити на дуге  $M_0M$  направителя с меридиональным сечением в форме трактрисы с учетом (4) и (12) составит

$$T = T_0 \exp \left( f \operatorname{arctg} \sqrt{e^{\frac{2s_2}{a}} - 1} \right). \quad (13)$$

1. Для нити, скользящей на направляющей поверхности любой кривизны по геодезической кривой выявлена зависимость натяжения от ее формы (кривизны нити, выраженной через натуральный параметр – длину дуги).

2. Получены уравнения (10) и (13) для определения натяжения нити при ее скольжении по поверхностям воронок в форме катеноида и псевдосферы, являющиеся частным случаем равенства (4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубовский Ю.В., Живов В.С., Коритынский Я.И., Мигушов И.И. Основы механики нити. – М.: Легкая индустрия, 1973.
2. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
3. Позняк Э.Г., Шикин Е.В. Дифференциальная геометрия: Первое знакомство. – М.: МГУ, 1990.
4. Чистобородов Г.И. и др. Натяжение нити, скользящей по поверхности воронки в форме катеноида. – Деп. в ООО «Легпроминформ» 23.04.2001, № 3998-ЛП.
5. Чистобородов Г.И. и др. Натяжение нити, скользящей по поверхности в форме псевдосферы. – Деп. в ООО «Легпроминформ» 23.04.2001, № 3999-ЛП.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 31.05.01.

## СИНТЕЗ ШЕСТИЗВЕННОГО РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА, ОБРАЗОВАННОГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ДВУХ ЧЕТЫРЕХЗВЕННИКОВ

С.В.ЛУШНИКОВ

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

Шестизвенные рычажные механизмы, образованные последовательным соединением двух четырехзвенников (рис.1), применяются в машинах-автоматах для обеспечения приближенного выстоя выходного звена требуемой продолжительности. Такие механизмы могут использоваться, например, для привода в движение петлеоб-

разующих органов плоских трикотажных машин. В связи с этим представляется интересным разработка программной системы для синтеза и анализа таких механизмов с использованием современных оптимизационных методов и вычислительной техники.

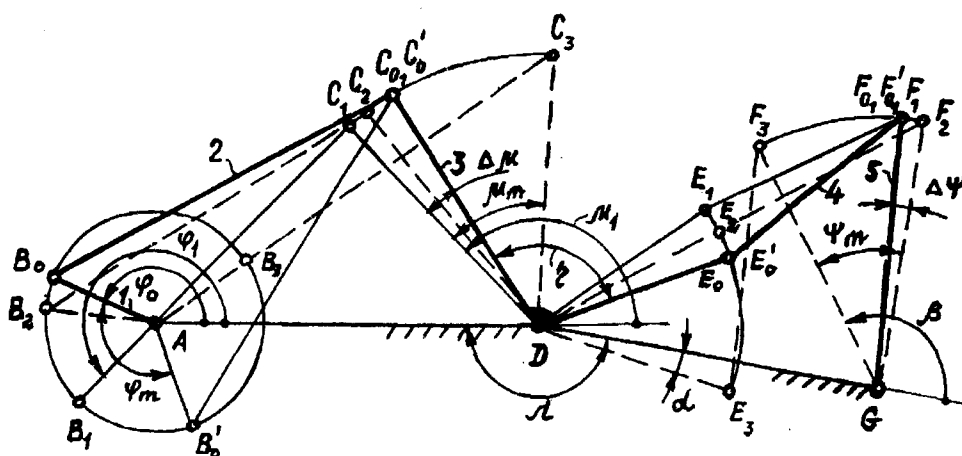


Рис. 1

На рис.1, где показана схема механизма, ABCD и DEFG – соответственно первый и второй последовательно соединенные шарнирные четырехзвенники, у которых звено CDE состоит из двух элементов CD и DE, жестко связанных под углом  $\eta$ . Элемент CD в первом четырехзвеннике является выходным звеном, а элемент DE

во втором четырехзвеннике – входным звеном.

В [1] показано, что при произвольном выборе длин звеньев первого и второго четырехзвенников и произвольном угле  $\lambda$ , под которым пересекаются направления стоек, можно найти такой угол заклинивания  $\eta$ , при котором на заданном угле поворота  $\varphi_m = \angle B_0 B_1 B'_0$  входного звена 1 угол

$\Delta\psi$  отклонения выходного звена GF от своего крайнего положения GF<sub>1</sub> имеет небольшую величину. Угол  $\Delta\psi$  определяет качество остановки выходного звена 5 на заданном угле поворота  $\varphi_m$  входного звена 1 и ниже называется углом малого размаха выходного звена шестизвенника.

Задача синтеза рычажного механизма с приближенным выстоем выходного звена формулируется следующим образом. Исходными величинами являются угол  $\varphi_m$  поворота входного звена (кривошипа) 1, соответствующий приближенному выстою и  $\psi_m$  – угол качания выходного звена 5. Необходимо определить такие параметры механизма, при которых угол  $\Delta\psi$  малого размаха выходного звена 5 имеет минимальное значение.

В [1] установлено, что угол  $\Delta\psi$  зависит от угла  $\Delta\mu$  поворота коромысла 3, соответствующего повороту кривошипа 1 на угол  $\varphi_m$ . Поэтому синтез шестизвенного механизма можно разбить на два этапа.

Первый этап – синтез первого четырехзвенника ABCD по заданному углу  $\varphi_m$  поворота кривошипа. При этом требуется определить такое сочетание размеров четырехзвенника, при которых величина угла  $\Delta\mu$  имеет минимальное значение. Задача решается в относительных величинах:  $AB=a_1$ ,  $BC=b_1$ ,  $CD=c_1$ ,  $AD=d_1=1$ . Крайнее левое положение DC<sub>1</sub> звена 3 и соответствующее ему положение AB<sub>1</sub> входного звена 1, а также положения кривошипа AB<sub>0</sub> и AB<sub>0'</sub> определяются по формулам

$$\mu_1 = \pi - \arccos \frac{d_1^2 + c_1^2 - (b_1 - a_1)^2}{2c_1d_1},$$

$$\varphi_1 = \pi + \arccos \frac{(b_1 - a_1)^2 + d_1^2 - c_1^2}{2(b_1 - a_1)d_1}, \quad (1)$$

$$\varphi_0 = \varphi_1 - \varphi_m/2, \quad \varphi_0' = \varphi_1 + \varphi_m/2.$$

Величины углов  $\mu_0 = \mu_0'$ , определяющих положения 3-го звена DC<sub>0</sub> и DC<sub>0'</sub>, вычисляются с помощью формул из [2].

Целевая функция имеет вид

$$P_1(x) = \Delta\mu = \mu_1 - \mu_0. \quad (2)$$

Целевая функция  $P_1(x) = P_1(x_1, x_2, x_3)$  зависит от трех параметров синтеза:  $x_1 = a_1$ ,  $x_2 = b_1$ ,  $x_3 = c_1$ . Необходимо определить такое сочетание этих параметров, при которых  $\Delta\mu$  имеет минимальное значение. На переменные параметры механизма наложены следующие ограничения в виде неравенств:

1) ограничение на минимальный размер звеньев

$$F_1(x) = L_1 - L_{\min} > 0, \quad (3)$$

где  $L_1$  – минимальная величина параметров синтеза,  $L_{\min}$  – минимально допустимый размер звена;

2) ограничение на отношение самого большого размера звена  $L_4$  к самому маленькому  $L_1$ :

$$F_2(x) = K - L_4/L_1 > 0, \quad (4)$$

где  $K$  – допустимая величина отношения;

3) условие существования кривошипа

$$F_3(x) = L_2 + L_3 - L_1 - L_4 > 0, \quad (5)$$

где  $L_2$  и  $L_3$  – промежуточные параметры синтеза;

4) условие, обеспечивающее требуемые углы передачи движения,

$$F_4(x) = \gamma_{\min} - \gamma_d > 0, \quad (6)$$

где  $\gamma_{\min}$  – минимальный угол передачи;  $\gamma_d$  – допустимый угол передачи.

5) условие, обеспечивающее совпадение двух положений 3-го звена C<sub>0</sub>D и C<sub>0'</sub>D с заданной величиной погрешности

$$F_5(x) = \Delta\mu_0 - |\mu_0 - \mu_0'| > 0, \quad (7)$$

где  $\mu_0$  и  $\mu_0'$  – углы, определяющие положение звена CD;  $\Delta\mu_0$  – допустимая величина несовпадения положений.

Ввиду наличия ограничений на размеры звеньев введем в состав целевой функ-

ции  $P(x)$  штрафные функции. Тогда целевая функция будет иметь вид

$$P(x) = \begin{cases} P_2(x) \text{ при } P_2(x) > 0, \\ P_1(x), \end{cases} \quad (8)$$

при  $P_2(x)=0$ ,  $P_1(x)=\Delta\mu$ ,  $P_2(x)$  – штрафная функция, зависящая от степени невыпол-

$$P_2(x) = \begin{cases} 0 - \text{при выполнении неравенств (1...5)} \\ C + \rho F_1^2 - \text{при невыполнении неравенств (1...5)}, \end{cases}$$

где  $C$  – произвольное большое число, удовлетворяющее условию  $C \gg P_1(x)$ ;  $\rho$  – весовой коэффициент.

Второй этап – синтез второго четырехзвенника  $DEFG$  по двум положениям входного 3 и выходного 5 звеньев, причем одно из положений механизма  $DE_2F_2G$  является мертвым (рис.1). Исходными величинами при синтезе являются: угол  $\mu'$  поворота 3-го звена  $DE$ , угол  $\psi_m$  поворота 5-го звена  $GF$ . Расчет ведется в относительных величинах  $DE=a_2$ ,  $EF=b_2$ ,  $FG=c_2$ ,  $DG=d_2=1$ .

Из  $\Delta DF_2G$  следует

$$c_2 = \sqrt{1 + S - 2S \cos(\alpha + \mu')}, \quad (9)$$

где  $\mu' = \mu - \Delta\mu/2$ ,  $S = a_2 + b_2$ .

Рассматривая положение механизма  $DE_0F_0G$ , получаем формулу

$$a_2 = \frac{c_2^2 + 1 - S^2 + 2c_2 \cos(\beta)}{2[\cos \alpha - S + c_2 \cos(\alpha - \beta)]}, \quad (10)$$

где

$$\beta = \pi - \arccos \frac{1 + c_2^2 - S^2}{2c_2} + \psi_m.$$

При синтезе второго четырехзвенника в качестве варьируемых параметров примем

нения условий синтеза 1)...5). При соблюдении условий синтеза 1)...5) штрафная функция  $P_2(x)=0$ . В области значений  $x$ , где  $P_2(x)=0$  – целевая функция  $P(x) = P_1(x)$ , и вычисляется значение угла  $\Delta\mu$ . Критерий, характеризующий качество выполнения обязательных условий синтеза, имеет вид

угол  $\alpha$  и величину  $S = a_2 + b_2$ , а размеры механизма будем определять по формулам (9) и (10).

Задача синтеза второго четырехзвенника формулируется следующим образом. По заданным углам  $\mu'$  и  $\psi_m$  перемещения 3 и 5-го звеньев механизма необходимо определить размеры звеньев  $a_2, b_2, c_2$ , при которых величина угла  $\Delta\psi$  малого качания звена 5 имеет минимальное значение. Целевая функция  $P_1(x) = \Delta\psi = P_1(x_1, x_2)$  зависит от двух параметров синтеза  $x_1 = \alpha, x_2 = S$ . С помощью этих параметров по формулам (9), (10) определяются размеры звеньев второго четырехзвенника  $a_2, b_2, c_2$  из условия обеспечения заданного угла  $\psi_m$  качания выходного звена 5 и условия, согласно которому положение  $F_2G$  выходного звена должно быть мертвым. На размеры звеньев накладываются ограничения в виде неравенств (1), (2) и (4). После определения размеров звеньев вычисляется угол  $\eta$  заклинивания элементов 3-го звена:

$$\eta = \mu_3 - \alpha + \lambda. \quad (11)$$

Разработана программная система на алгоритмическом языке Си<sup>++</sup> для синтеза и кинематического анализа механизма. Синтез механизма выполняется с помощью оптимизационного метода деформируемого многогранника [3].

Выполнены расчеты по определению размеров шестизвенного механизма привода ушковин для основязальной машины ОВ-8. Исходные данные для расчета: продолжительность выстоя  $\varphi_m=150$ град, угол качания выходного звена  $\psi_m=7,3$ град. Результаты расчета в относительных величинах:  $a_1=0,119$ ;  $b_1=0,740$ ;  $c_1=1,117$ ;  $d_1=0,997$ ;  $a_2=0,762$ ;  $b_2=0,338$ ;  $c_2=0,582$ ;  $d_2=1$ ,  $\eta=112,4$ град. Максимальное отклонение выходного звена на участке приближенного выстоя составляет  $\Delta\psi=0,164$  град. Минимальные углы передачи: для первого четырехзвенника  $\gamma_{1min}=51,6$  град; для второго четырехзвенника  $\gamma_{2min}=39,4$  град.

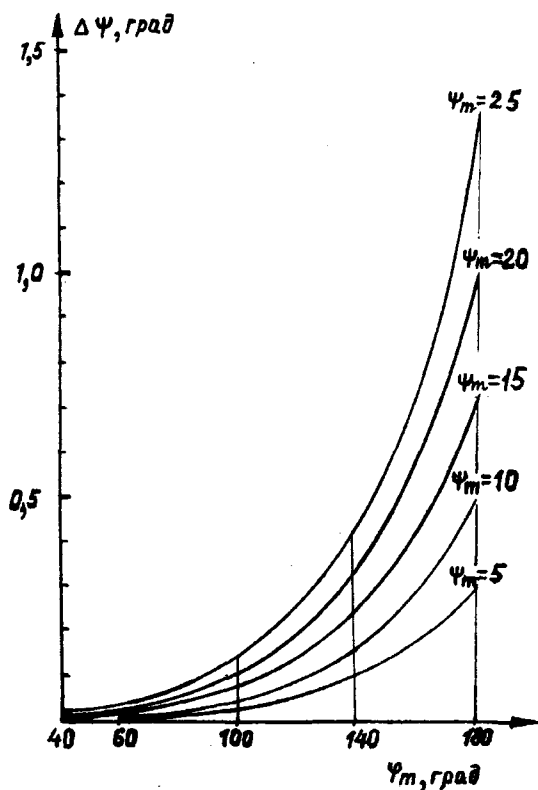


Рис. 2

Проведены расчеты и построены графики (рис.2), позволяющие установить зависимость между углом малого размаха  $\Delta\psi$ , продолжительностью выстоя  $\varphi_m$  и ве-

личиной угла качания  $\psi_m$  выходного звена. С помощью этих графиков можно оценить качество выстоя выходного звена на этапе выбора схемы механизма.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика проектирования шестизвенного рычажного механизма с приближенным выстоем. Шестизвенник проектируется по заданной продолжительности выстоя и углу размаха выходного звена. Размеры механизма определяются оптимизационным методом деформируемого многогранника с минимизацией по максимальной величине угла малого размаха выходного звена.

2. Осуществлен синтез шестизвенного рычажного механизма привода ушковин для основязальной машины ОВ-8, а также произведены расчеты и построены графики, выражающие зависимость между углом малого размаха, продолжительностью выстоя и величиной угла качания выходного звена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Черкудинов С.А. К синтезу шарнирного шестизвенного механизма с остановкой. Анализ и синтез машин-автоматов. – М.: Наука, 1965. С. 216...228.
2. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1991.
3. Банди Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988.

Рекомендована кафедрой компьютерных технологий и теории машин. Поступила 16.04.01.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗНАШИВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ НАТЯЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ПРИБОРОВ (НГП) С УЧЕТОМ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НЕРОВНОТЫ ПРЯЖИ

Г.К. БУКАЛОВ

(Костромской государственной технологической университет)

На тормозные диски НГП действует переменная сила, зависящая от неровности пряжи [1, 2], что может приводить к их неравномерному изнашиванию. Ранее модель нити с дефектами была предложена в [2]. В расчетах используется модель недеформируемой нити, в которой диаметр нити с дефектами выражается в первом приближении и для определенности гармонической функцией и описывается уравнением

$$D_T = D_0 \sin(\omega t) + D_1 \sin(\omega_1 t + \phi_1) + \dots + D_i \sin(\omega_i t + \phi_i) + C, \quad (1)$$

где  $D_T$  – текущий диаметр нити, м;  $D_0$  – амплитудное значение изменения относительного среднего диаметра нити с шагом  $A$ , м;  $D_1$  – амплитудное значение изменения относительного среднего диаметра нити с шагом  $A_1$ , м;  $D_i$  – амплитудное значение изменения относительного среднего диаметра нити с шагом  $A_i$ , м;  $i$  – количество шагов дефектов нити;  $\omega, \omega_1, \omega_i$  – круговая частота прохождения дефектов нити соответственно с шагом  $A, A_1, \dots, A_i, 1/c$ :

$$\omega = (2\pi V)/A,$$

где  $V$  – скорость движения нити, м/с;  $A, A_1, \dots, A_i$  – шаги дефектов нити [1], м; полагаем  $A > A_1 > \dots > A_i$ ;  $t$  – текущее время движения нити, с;  $t = L/V$ ;  $L$  – длина нити, прошедшей через шайбовый натяжной

прибор (ШНП), м;  $C$  – условно средний диаметр нити, м;  $\phi_1, \dots, \phi_i$  – разность фаз колебаний дефектов нити соответственно с шагом  $A_1, \dots, A_i$ ;

$$v = V/A,$$

где  $v$  – частота прохождения дефектов нити через НГП.

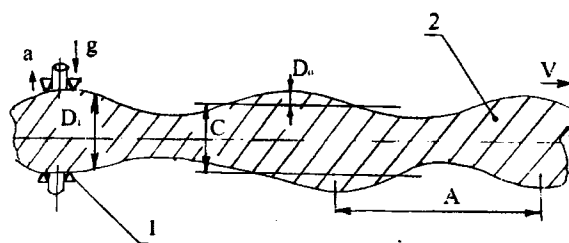


Рис. 1

Полагаем, что верхний и нижний диск НГП 2 (рис.1) контактируют с нитью 1, которая придает последнему вращательное движение. В процессе работы НГП имеют место действия следующих сил. Пренебрегая силами со стороны упругой прокладки и нити, получаем

$$G_1 = mg \pm ma, \quad (2)$$

где  $G_1$  – суммарная сила воздействия на нить, Н;  $m$  – масса груза, кг;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $a$  – вертикальное ускорение диска вследствие воздействия пряжи, м/с<sup>2</sup>.



При создании математической модели изнашивания тормозных дисков шайбовых натяжных грузовых приборов с учетом периодической неровности пряжи полагаем нить в поперечном сечении недеформируемой.

Для упрощения рассмотрим вариант, когда у нити имеется только один шаг дефектов А. Вертикальное ускорение верхнего тормозного диска вследствие воздействия пряжи определится из (1) после преобразований и с учетом существования одного шага дефектов:

$$a = D_0 \omega^2 \sin(\omega t). \quad (3)$$

Подставив (3) в (2), получим выражение для силы, действующей на верхний или нижний тормозной диск:

$$G_1 = mg + mD_0 \omega^2 \sin(\omega t). \quad (4)$$

Из (4) видно, что сила, действующая на диски, носит периодический характер.

В ряде исследований КГТУ, выполненных под руководством М.И. Худых, показано, что изнашивание нитепроводящих деталей носит в основном абразивный характер [3]. Ширина контакта нити с диском НГП, полагаем, приближенно равняется условному среднему диаметру  $C$  нити. Соответственно износ  $U$  тормозных дисков нитью определяется зависимостью из [4 и 5]:

$$U = kpL, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент износа, зависящий от материала нити и детали, вида сопряжения (для данного сопряжения  $k = \text{const}$ );  $p$  – нормальное давление,  $\text{H}/\text{м}^2$ :

$$p = G_1 / (sC), \quad (6)$$

где  $G_1$  – сила, действующая на участок контакта с нитью,  $\text{H}$ ;  $s$  – длина контакта диска 3 с нитью 1 (рис. 2-а),  $\text{м}$ ;  $L$  – длина пути трения, совпадающая с длиной нити, прошедшей через грузовой натяжной прибор (НГП),  $\text{м}$ :

$$L = Vt. \quad (7)$$

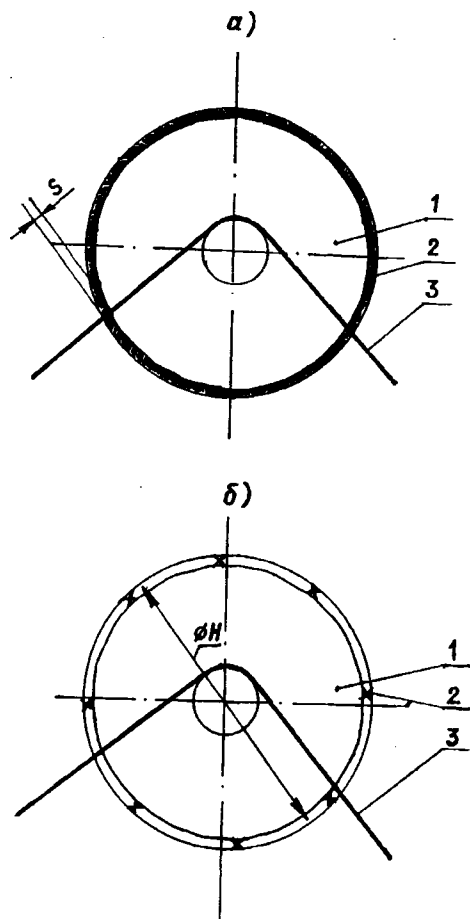


Рис. 2

По результатам исследования форм изношенных дисков 3 натяжных приборов (рис.2-а и б) известно, что износ 2 проявляется в двух основных формах: 1) – износ 2 нитью 1, равномерно распределенный по всей нитеконтактирующей поверхности, и 2) – износ в виде периодически расположенных канавок. Более предпочтительным является равномерно распределенный износ, так как критерием выбраковки нитепроводника (тормозного диска НГП) является глубина канавки износа, превышающая половину диаметра нити, то есть максимальный локальный износ диска. Ясно, что в случае износа в виде канавок потенциальная износостойкость поверхности тормозного диска полностью не используется.

Рассмотрим износ в виде периодических канавок на поверхности трения – он наиболее распространен. При расчетах величины износа тормозного диска для определенности полагаем, что верхние диски НГП вращаются под действием нити с частотой  $\psi$ . В результате действия эффекта самосинхронизации колебаний [6] через НГП за каждый оборот будет проходить целое и постоянное число дефектов пряжи и отношение частоты прохождения дефектов пряжи через НГП и частоты вращения дисков НГП будет целым числом.

Для определения нормального давления нити на нитеконтрактирующую поверхность необходимо нормальную силу, действующую на элементарный участок поверхности диска (полагаем, что погонное давление равномерно распределено по длине контакта), разделить на площадь контакта нити с диском –  $(sC)$ , а именно подставим (4) в (6) и получим

$$p = [mD_0\omega^2 \sin(\omega t) + mg] / (sC). \quad (8)$$

Для определения величины износа участка нитеконтрактирующей поверхности диска необходимо (7) и (8) подставить в (5). Тогда получим зависимость

$$U = k [mD_0\omega^2 \sin(\omega t) + mg] Vt / (sC). \quad (9)$$

Преобразуем последнее выражение с учетом того, что для данного НГП и данной нити  $k, m, s, C$  являются постоянными. После этого будем иметь

$$U = n [D_0\omega^2 \sin(\omega t) + g] Vt, \quad (10)$$

где  $n = km / (sC)$  – постоянная для данного сопряжения НГП и нити, зависящая от конструкции НГП и свойств нити.

Из уравнения (10) можно заключить следующее.

1. Изнашивание дисков НГП носит периодический характер во времени. Полагая, что тормозные диски вращаются равномерно, и учитывая действие эффекта самосинхронизации колебаний [6], приходим

к тому, что износ дисков периодически распределен по окружности контакта диска с нитью, то есть возникает износ 2-й формы. Другими словами, на нитеконтрактирующей поверхности тормозного контура диска НГП в процессе изнашивания образуется поверхность износа, в сечении имеющая форму синусоиды.

2. При некоторых значениях входящих в уравнение (9) параметров  $D_0, \omega$  и  $t$  величина нормального давления нити на нитеконтрактирующую поверхность может быть меньше или равна нулю. Это значит, что верхняя шайба может контактировать с нитью не полную часть периода прохождения участка неровности через НГП, то есть отдельные участки шайбы в это время практически не изнашиваются. При этом условии возникает поверхность износа, имеющая форму отрезков синусоиды.

3. При взаимодействии дисков НГП с абсолютно ровной нитью, а именно нитью с постоянным диаметром, равным  $C$  (условному среднему диаметру нити), изнашивание будет происходить равномерно и износ будет проявляться в 1-й форме.

Вследствие действия эффекта самосинхронизации колебаний [6] за один оборот диска через НГП пройдет целое число шагов дефектов нити. Следовательно, число канавок износа нитью  $X$  на тормозном диске определяется числом шагов дефектов нити, проходящих через НГП за один оборот шайбы, которое определяется выражением

$$X = v / \psi,$$

где  $X$  – число канавок износа на диске, целое число;  $v$  – частота прохождения дефектов нити через НГП;  $\psi$  – частота вращения диска НГП.

Из этого выражения следует, что количество канавок износа может быть сколь угодно большим, чего в реальности не бывает, так как минимальная ширина канавки износа нитью имеет вполне реальную величину, определяемую геометрическими размерами поперечного сечения нити. Необходимо отметить, что предельная глубина канавки износа, после образования ко-

торой нитепроводник выбраковывается по причине резкого повышения обрывности нити, равна половине диаметра нити [7].

Рассчитаем максимально возможное количество канавок износа на тормозном диске НГП. Данный параметр является очень важным, так как если при расчете получается, что количество канавок износа превосходит максимальное, то они сливаются и износ диска происходит в 1-й, равномерно распределенной форме.

Полагаем, что количество канавок износа не меняется в процессе эксплуатации дисков НГП. Для упрощения положим, что расчетный диаметр нити  $C$  равен условному среднему диаметру нити. Также положим, что ширина канавки износа в момент выбраковки приблизительно равна расчетному диаметру нити  $D_p$  [3], который определяется выражением [7]:

$$D_p = C = 0,0357(\Pi/\sigma)^{1/2}, \quad (11)$$

где  $C$  – условно средний диаметр нити, м;  
 $\Pi$  – линейная плотность нити, текс;  $\sigma$  – объемный вес пряжи.

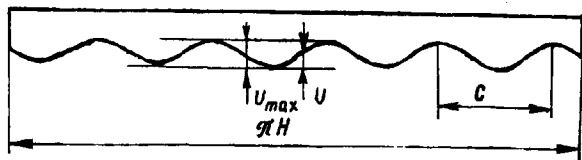


Рис. 3

Положим, что контакт нити с тормозными дисками не прерывается. Тогда развертка изношенной поверхности диска имеет в нормальном сечении форму, близкую к синусоиде (рис.3, где представлен график зависимости износа от положения на тормозном контуре). Очевидно, что по длине тормозного контура диска должно укладываться целое число периодов синусоиды. Полагаем, что минимальная ширина канавки износа приблизительно равняется расчетному диаметру  $D_p$  нити [7] (иначе нить не уместится в канавке). С другой стороны, длина части канавки в виде одно-

го периода синусоиды, возникающей в результате процесса изнашивания на нитеконтактирующей поверхности тормозного контура диска НГП, также должна приблизительно равняться диаметру  $D_p$  нити по той же причине. Учитывая, что минимальное расстояние между соседними канавками равняется нулю, получаем, что минимальное расстояние между центрами соседних канавок –  $C$  (рис.3).

Положив диаметр тормозного контура диска –  $H$  с учетом (11), будем иметь выражение, определяющее максимальное число канавок по длине тормозного контура диска:

$$X_{\max} = \pi H / C = \pi H / \left[ 0,0357(\Pi/\sigma)^{1/2} \right]. \quad (12)$$

Из (12) следует, что максимальное число канавок зависит от длины тормозного контура диска (диаметра диска), линейной плотности нити и объемного веса льняной пряжи.

Для примера рассчитаем максимальное количество канавок износа на диске НГП, взаимодействующего с льняной нитью линейной плотности  $\Pi=46$  текс (объемный вес льняной пряжи  $\sigma=1$  мг/мм<sup>3</sup> [7]) и диаметром тормозного контура  $H=20$  мм. После подстановки значений всех параметров в (12) получаем  $X_{\max}=259$ .

## ВЫВОДЫ

1. Теоретически показано, что: дефекты на нити ускоряют изнашивание тормозных дисков НГП; на нитеконтактирующей поверхности тормозных дисков НГП, взаимодействующих с пряжей с выраженным шагом дефектов, возникают периодически расположенные канавки износа; число канавок на нитеконтактирующей поверхности тормозного диска определяется числом шагов дефектов нити, проходящих через НГП за один оборот диска.

2. Установлено, что расстояние между канавками износа на нитеконтактирующей поверхности диска зависит от отношения частоты прохождения через НГП дефектов

нити и частоты вращения тормозного диска.

3. Получено выражение, определяющее максимальное количество канавок износа на диске НГП. Максимальное число канавок прямо пропорционально длине тормозного контура диска (диаметру диска), линейной плотности нити и обратно пропорционально объемному весу льняной пряжи.

4. С помощью теории показано, что износ  $U_{\max}$  нитеконтактирующей поверхности (глубина канавки износа) натяжного грузового прибора прямо пропорционален  $D_0$  – амплитудному значению изменения относительного среднего диаметра нити и квадрату  $\omega$  – круговой частоте прохождения дефектов нити.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Чистяков С.В., Букалов Г.К.* Математическая зависимость изнашивания тормозных дисков шайбовых натяжных приборов с учетом неровности нити // Сб. научн. тр.: Современные методы техниче-

ской эксплуатации и восстановления работоспособности оборудования текстильных предприятий. – Ярославль, КТИ, 1990.

2. *Ямщиков С.В., Брут-Бруляко А.Б.* Математическая модель однозонного дискового натяжного устройства // Сб. научн. тр. ИХТИ: Разработка и совершенствование технологии и оборудования ткацкого производства. – Иваново, 1986.

3. *Худых М.И.* Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. – М.: Легкая индустрия, 1980.

4. *Проников А.С.* Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978.

5. *Букалов Г.К.* Повышение износостойкости нитепроводника // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №2.

6. *Блехман И.И.* Что может вибрация. О вибрационной механике и вибрационной технике. – М.: Наука, 1988.

7. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н.* Текстильное материаловедение. Ч.2. – М.: Легкая индустрия, 1964.

Рекомендована кафедрой промышленной экологии и безопасности. Поступила 26.04.01.

УДК 621.378.3.023.537

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

А.Н. ТИМОХИН

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

При синтезе управляющих устройств для процессов с запаздыванием во многих случаях используют прогнозирующие блоки с постоянным временем запаздывания для его компенсации в контуре управления. Например, в [1] рассматривается вопрос построения прогнозатора Смита с помощью асимптотического наблюдателя. Переменное запаздывание можно вычислить, разделив расстояние между объектом и датчиком на текущее значение скорости, которое измеряется, например, тахогенератором. Однако можно пойти по пути, предложенному в [2], где запаздывание вычисляется специальным устройством, работающим на скользящих режимах. С этой целью можно применять и вычислитель на микропроцессоре, который восстанавливает регулируемую координату [3] с помощью обратных разностей по рекуррентному соотношению:

$$Y(i+1) = Y(i) + \Delta^3 Y(i) + \Delta^2 Y(i) + \Delta Y(i). (1)$$

Число принимаемых обратных разностей зависит от необходимой точности восстановления координаты и от допустимого времени вычисления [3]. Если эта координата подается на вход регулятора, то запаздывание в системе регулирования ликвидируется.

Целью настоящей работы является получение сравнительных характеристик двух способов регулирования объектов с переменным запаздыванием.

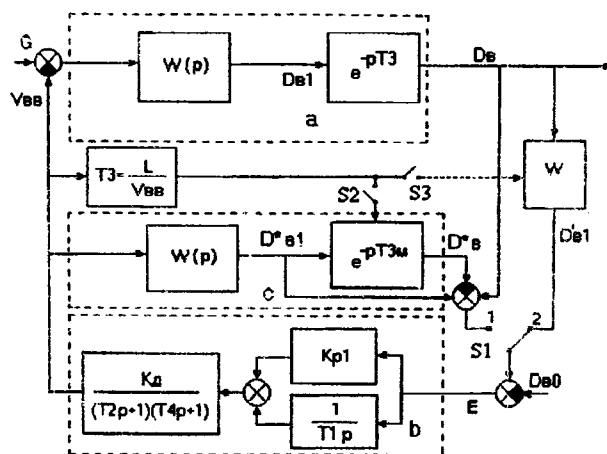


Рис. 1

На рис.1 представлена структурная схема системы регулирования диаметра оптического стекловолокна с упредителем Смита (переключатель S1 в положении 1) и с восстановлением координаты (переключатель S1 в положении 2): а – объект регулирования; b – регулятор; c – упредитель Смита; T3 – время запаздывания в объекте; T3<sub>м</sub> – время запаздывания в модели упредителя Смита; W – вычислитель; G – возмущающее воздействие; D<sub>в</sub> – значение диаметра волокна на выходе; D<sub>в1</sub> – значение диаметра волокна без запаздывания; D<sub>в1</sub><sup>\*</sup> – восстановленное значение диаметра стекловолокна; D<sub>в0</sub> – заданное

значение диаметра стекловолокна;  $V_{ВВ}$  – регулирующее воздействие, скорость вытяжки;  $Kp1, T1$  – параметры настройки регулятора.

Параметры исполнительного механизма  $K_d, T2, T4$  и параметры объекта получены в результате параметрической идентификации установки И4.0091-01, предназначенной для вытяжки оптического волокна из заготовки. Нижний конец заготовки подается в зону нагрева плазменной горелки и из пластичной массы вытягивается оптическое волокно вытяжными валиками, скорость которых регулируется с целью стабилизации диаметра оптического волокна.

Приняты следующие значения параметров:  $K_d=1$  м/в·с;  $T3=0,12$  с;  $T4=0,08$  с;  $T_3=(0,2\div 0,8)$  с – запаздывание в объекте;  $S2, S3$  – переключатели для моделирования постоянного или переменного вычисляемого времени запаздывания (включенное состояние).

Величина переменного времени запаздывания  $T3$  вычисляется в специальном блоке путем деления расстояния  $L$  от места формирования волокна до датчика измерения диаметра волокна на скорость выпуска  $V_{ВВ}$ .

Моделирование выполнялось по типовой математической D-схеме. Для расчета применяли уравнения в конечных разностях. Интегрирование проводили методом прямоугольников. При возмущении по заданию, как видно из рис.1, при точном совпадении значений диаметра волокна на выходе объекта  $D_B$  и на выходе прогнозатора Смита переходный процесс будет совпадать с аналогичным в системе без запаздывания. Рассогласование составит

$$E = D_B - D_B^* + D_{B1}^* - D_{B0} = D_{B1}^* - D_{B0}. \quad (2)$$

При  $D_{B1}^* = D_{B1}$  запаздывания в объекте и модели равны ( $T3=T3м$ ). Однако добиться этого трудно, поскольку параметры модели прогнозатора Смита и объекта не совпадают.

Если прогнозатор Смита реализовать на микропроцессоре, то можно осуществить ввод изменяющегося времени запаздывания (на рис.1 переключатель  $S2$  замкнут). Переменное запаздывание можно ввести и в вычислитель восстановления координаты (переключатель  $S3$  при этом замкнут). При возмущении на входе объекта  $G$  в прогнозаторе Смита восстановление координаты осуществляется спустя время запаздывания, а в вычислителе, использующем конечные разности, координата будет восстановлена после четырех (в нашем случае) измерений выходной величины, чтобы вычислить три первые обратные конечные разности. Время квантования сигнала на порядок меньше времени запаздывания, поэтому регулирование с восстановлением координаты будет эффективнее упредителя Смита.

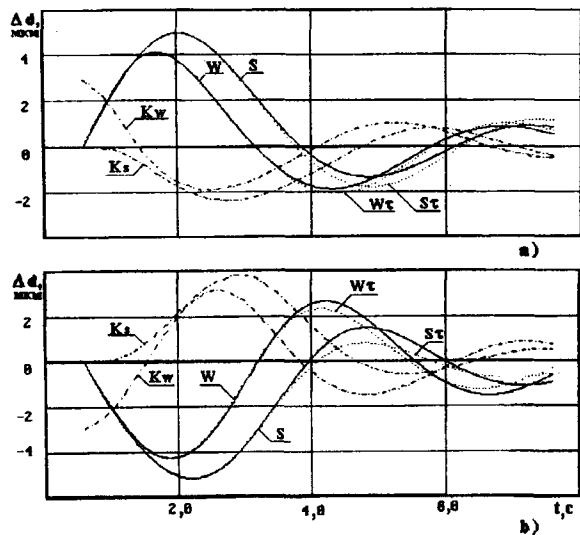


Рис. 2

На рис.2 изображены графики изменений корректирующих воздействий упредителя Смита  $K_S = D_{B1}^* - D_B^*$  и вычислителя восстановления координаты  $K_W = D'_{B1} - D_B$ .

При возмущении на входе объекта корректирующее воздействие вычислителя восстановления координаты  $K_W$  практически на время запаздывания опережает корректирующее воздействие упредителя

Смита  $K_S$  и является более эффективным. При возмущении по заданию эти корректирующие воздействия должны совпадать, поэтому переходные процессы с упредителем Смита и с восстановлением координаты будут практически одинаковыми.

На рис.2 показаны переходные процессы при 20%-ном положительном (а) и отрицательном возмущениях (б) при одинаковых настройках регулятора с упредителем Смита (S) и с восстановлением координаты (W). Процессы с постоянным значением времени запаздывания показаны сплошной линией (W, S), а с переменным запаздыванием – пунктирной ( $W_\tau, S_\tau$ ). По оси ординат отложены отклонения регулируемой величины от номинального значения диаметра волокна. При этом запаздывание в объекте было всегда переменным. Время запаздывания в ходе эксперимента изменялось в пределах 0,2...0,8 с. Точность восстановления координаты  $D_{B1}$  при постоянном и переменном времени запаздывания при этом отличалась на 0,2...0,5%.

Результаты эксперимента на модели системы показали, что при положительном возмущении (а) вычисляемое переменное запаздывание, вводимое в прогнозатор Смита, и вычислитель восстановления координаты даже ухудшают характеристики переходного процесса (пунктирные кривые). Причина этого, видимо, заключается в том, что при положительном возмущении скорость вытяжки увеличивается в ответ на увеличение диаметра. Время запаздывания при этом уменьшается. Если запаздывание в модели постоянно, то в этот момент оно больше, чем в объекте. Значит, время на восстановление координаты в модели больше, поэтому координата будет восстановлена с некоторым опережением, прогнозированием на будущий отрезок времени.

Формулу (2) можно записать в виде:

$$E(t) = D_B(t - T_3) - D_B^*(t - T_{3M}) + D_{B1}^*(t) - D_{B0} \quad (3)$$

Если  $T_3$  меньше  $T_{3M}$ , то  $D_B(t - T_3)$  больше  $D_B^*(t - T_{3M})$ , и на входе регулятора появится дополнительная положительная величина. Регулирование в этом случае будет более эффективным. При отрицательном возмущении  $G$  воздействие будет обратным. Это видно на рис.2б: переходный процесс с переменным запаздыванием (пунктирная линия) имеет меньшую амплитуду. Основываясь на этом положении, можно сделать вывод, что вычислять значение переменного запаздывания нет необходимости. Достаточно ввести в прогнозатор Смита или в вычислитель восстановления координаты наибольшее возможное в объекте время запаздывания (прогнозирование на большой отрезок времени) и эффективное регулирование будет обеспечено.

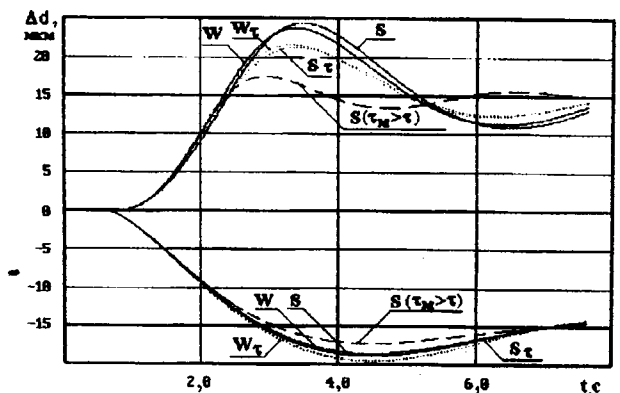


Рис. 3

Переходные процессы при возмущении по заданию представлены на рис.3. Задание по диаметру изменялось на  $\Delta d = \pm 15$  мкм, параметры настроек регулятора те же. Обозначения переходных процессов с переменным и постоянным запаздыванием аналогичны обозначениям на рис.2. При возмущении по заданию переходные процессы с упредителем Смита и восстановлением координаты практически совпадают. Штрих-пунктирными линиями на рис.3 также показаны переходные процессы с упредителем Смита  $S(\tau_M - \tau)$  с постоянным временем запаздывания, увеличенным по сравнению с запаздыванием в объекте на 50%. Регулирование с прогнозировани-

## ВЫВОДЫ

ем (как сказано выше) оказывает положительный эффект при положительном и отрицательном возмущениях. Динамическая ошибка в обоих случаях уменьшается. Однако увеличение времени запаздывания снижает устойчивость системы, поэтому нужно предусмотреть необходимый запас по фазе и амплитуде.

Регулирование с прогнозированием особенно эффективно применять при использовании вычислителя восстановления координаты. Прогнозирование в данном случае можно сравнить с применением производной в регуляторе. Допустим, необходимо компенсировать возмущающее воздействие синусоиды  $Y=\sin(\alpha)$ . На выходе дифференцирующей части регулятора в этом случае будет сигнал  $U=\cos(\alpha)$ . Если в вычислитель восстановления координаты ввести время восстановления (прогнозирования)  $\tau = \pi/2$ , то сигнал на выходе регулятора будет таким же, как и в первом случае.  $U = \sin(\alpha + \pi/2) = \cos(\alpha)$ . В дифференцирующей части ПИД-регулятора при этом всегда между входным и выходным сигналами сдвиг по фазе  $\varphi = \pi/2$ . В вычислителе восстановления координаты по обратным разностям сдвиг по фазе зависит от времени восстановления и частоты восстанавливаемого сигнала, поэтому в системе регулирования с опережением необходимо предусмотреть запас по амплитуде и фазе для обеспечения устойчивости системы в различных режимах.

Положительное влияние регулирования с прогнозированием оказывается очень полезным при решении задачи регулирования объектов с переменным временем запаздывания. Достаточно ввести в прогнозатор регулятора наибольшее его значение, что соответствует наименьшей скорости процесса. Если настройки регулятора обеспечивают устойчивость системы, то качество регулирования будет лучшим. Кроме того, в этом случае исключается аппаратная реализация ввода в регулятор переменного запаздывания, что снижает стоимость системы регулирования.

1. Показано, что применение вычислителя для восстановления выходной координаты более эффективно по сравнению с регулятором Смита при возмущении по отклонению, что на практике встречается более часто.

2. Установлено, что вместо аппаратной реализации ввода переменного запаздывания в прогнозатор можно ввести наибольшее время запаздывания без ухудшения качества регулирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Староверов Б.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №2. С.85...88.
2. Бондарев С.А. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, №4. С.78...80.
3. Тимохин А.Н., Румянцев Ю.Д. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №2. С.109...111.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 12.04.01.



# АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ШВА ТКАНИ

А.В. ПЕТРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Все механизмы обнаружения и пропуска шва ткани через рабочие органы технологических машин отделочного произ-

водства по наличию воздействия на ткань можно подразделить на контактные и бесконтактные (рис. 1).

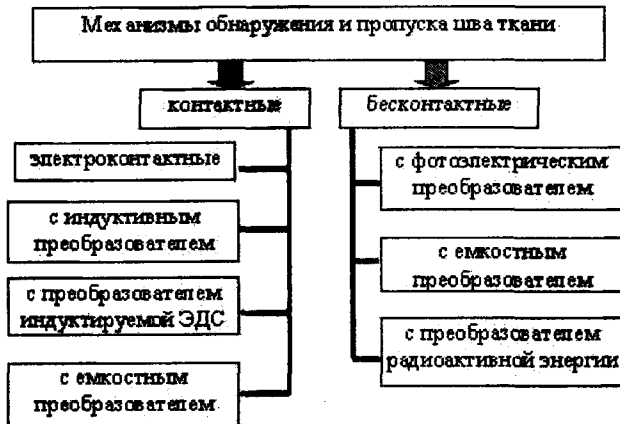


Рис. 1

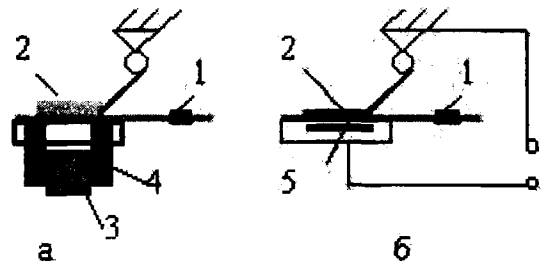


Рис. 2

К первой группе относятся устройства, оказывающие заметное силовое воздействие на производимый продукт.

По принципу преобразования перемещения чувствительного элемента в электрический сигнал их можно разделить на механизмы (рис. 2, где 1 – шов; 2 – ЧЭ; 3 – катушка; 4 – магнитная система; 5 – электрод) с индуктивными преобразователями и преобразователями индуцируемой ЭДС (рис. 2-а), которые имеют хорошую чувствительность к обнаружению кусковых швов, обладают достаточной помехозащищенностью, не чувствительны к изменению условий окружающей среды. К их недостаткам относятся: оказание чувствительными элементами (ЧЭ) воздействия на ткань и возможный отказ в работе при переходе на более легкие артикулы ткани.

Принцип действия индуктивных датчиков основан на изменении индуктивности

катушки. Это происходит при изменении расстояния между ЧЭ и магнитной системой, вызванным прохождением шва. Для расчета изменения индуктивности катушки используется формула [3]:

$$\Delta L = \frac{4\pi abcs\mu_0\omega}{N} \frac{1}{l^2 + 4y^2},$$

где  $\omega$  – число витков;  $\mu_0$  – магнитная постоянная, Гн/м;  $N$  – размагничивающий фактор;  $l$  – длина ЧЭ, м;  $y$  – координата перемещения, м;  $a, b, c$  – размеры полуосей эллипсоида контролируемого шва, м.

Принцип действия датчиков индуцируемой ЭДС основан на наведении ЭДС в катушке при прохождении шва. Чувствительность датчиков индуцируемой ЭДС пропорционально зависит от скорости движения ткани. При определении макси-

мального значения ЭДС датчика в момент воздействия шва на ЧЭ используют формулу [2]:

$$e_{\max} = \frac{F_{\text{мв}} \omega \mu_0 n a b V_T h}{2[(l_T + h) + 0,5 \Delta l]^2 (\Pi_1 - \Pi_2)} \cdot \left( 2 + \frac{1,12 l_0}{R} \right) \left( e^{-\frac{V_T t_T}{\Pi_1}} - e^{-\frac{V_T t_T}{\Pi_2}} \right),$$

где  $a$  – ширина полюса, мм;  $b$  – ширина ЧЭ, мм;  $n$  – количество секций ЧЭ;  $F_{\text{мв}}$  – магнитодвижущая сила, Н;  $V_T$  – скорость движения ткани, м/с;  $\Pi_1, \Pi_2$  – постоянные, характеризующие форму огибающей переднего края шва;  $\Delta l$  – величина немагнитного зазора, мм;  $t$  – время достижения максимального значения ЭДС, с;  $h$  – высота шва, мм;  $l_0$  – длина ЧЭ, мм;  $R$  – радиус траектории движения ЧЭ, мм;  $l_T$  – толщина ткани, мм.

Конструктивными отличиями различных разработок датчиков являются использование ЧЭ различных видов (изгибающиеся, с вертикальным перемещением) и из различных материалов. В некоторых конструкциях датчиков вместо катушки индуктивности используется магнитодиод. Также известно множество систем, использующих одинаковые датчики, но принципиально различающиеся схемами обработки сигнала и устройствами управления рабочих органов. Так, например, существуют устройства, отличающиеся возможностью исключения влияния скорости на уровень выходного сигнала, различными степенями помехозащищенности, с возможностью различения и подсчета кусковых и партионных швов.

Работа механизмов с емкостными преобразователями (рис. 2-б) основана на изменении емкости между ЧЭ и электродом, которое вызывает изменение расстояния при прохождении шва ткани. Относительное изменение емкости определяется выражением [7]:

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta l}{l} \frac{1}{1 + \frac{\Delta l}{l}},$$

где  $l$  – расстояние между электродами без шва, мм;  $\Delta l$  – приращение расстояния между электродами, вызванное швом, мм.

Преобразователи этих механизмов включаются в измерительную цепь постоянного и переменного тока, имеют высокую чувствительность к любым видам швов и помехозащищенность. Для их нормальной работы при изменении условий окружающей среды, параметров и артикула ткани они должны быть снабжены дополнительными схемами обработки сигнала и корректирующими устройствами.

Электроконтактные механизмы обладают малой чувствительностью, большой инерционностью и сейчас уже практически не применяются.

Системы, использующие датчики индуктируемой ЭДС и емкостные датчики, в свое время, когда не были разработаны бесконтактные устройства, получили широкое распространение в промышленности. Однако наличие силового взаимодействия ЧЭ с поверхностью ткани оказывает на последнюю негативное воздействие и, по свидетельству работающих на АО «Ивановский Камвольный Комбинат», может привести к появлению дорожек на ткани и вызвать перекося основных и уточных нитей.

Ко второй группе (рис. 1) относятся системы, ЧЭ которых могут иметь непосредственный контакт с продуктом, но не оказывают на него никакого силового воздействия.

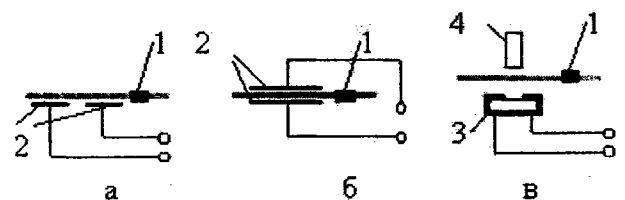


Рис. 3

Широкое распространение получили механизмы (рис.3, где 1 – шов; 2 – электроды; 3 – источник света; 4 – фотоприемник) с емкостными (а и б) и фотоэлектрическими (в) преобразователями.

Изменение емкости в бесконтактных емкостных преобразователях происходит за счет изменения диэлектрических свойств материала, проходящего через рабочий зазор между электродами датчика, и определяется выражением [4]:

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{8,1ac \frac{\epsilon_T - 1}{\epsilon_T + 2} \Delta b}{L_d \ln \left( \frac{2x}{l} + \sqrt{\frac{4x^2}{l^2} - 1} \right) \sqrt{(4x^2 - 4y^2 - l^2)^2 + 64x^2y^2}}$$

Здесь из [5]:

$$\Delta b = 0,0714 \sqrt{\frac{T}{\delta}},$$

где а, с – размеры полуосей эллипсоида контролируемого объекта, мм;  $\Delta b$  – изменение толщины материала, вызванное швом, мм; x, y – координаты перемещения контролируемого объекта, мм;  $\epsilon_T$  – диэлектрическая проницаемость ткани; T – линейная плотность нитей шва, текс;  $\delta$  – объемная плотность нитей шва, г/мм<sup>3</sup>,  $L_d$  – длина рабочих пластин, мм.

Показатели емкостных бесконтактных и контактных датчиков являются близкими. Кроме того, бесконтактные датчики не оказывают никакого силового воздействия на ткань. Из [6] известно, что максимальное изменение емкостей датчиков с параллельно (рис. 3-б) и компланарно (рис. 3-а) расположенными пластинами выражается соотношением

$$\frac{\Delta C_{\max \Pi}}{\Delta C_{\max K}} = \frac{\pi^2 l_K^2}{l_{\Pi}^2},$$

где  $\Delta C_{\max \Pi}$ ,  $\Delta C_{\max K}$  – максимальное приращение емкостей датчиков с параллельно

и компланарно расположенными пластинами соответственно, пФ;  $l_{\Pi}$ ,  $l_K$  – расстояние между электродами для датчиков с параллельно и компланарно расположенными пластинами соответственно, мм.

Это значит, что чувствительность датчиков с параллельными пластинами примерно в три раза лучше чувствительности датчиков с компланарно расположенными пластинами.

Принцип работы устройств с фотоэлектрическими преобразователями основан на изменении интенсивности светового потока, направленного от источника излучения к приемнику, при изменении свойств пропускания света контролируемым продуктом. Величина напряжения, развиваемая фотоприемником, выражается формулой [2]:

$$U = K_{\text{сп}} S \Phi \left[ \left( 1 - \frac{\alpha}{180^\circ} \right) - \frac{1}{\pi} \sin \alpha \right],$$

где  $K_{\text{сп}}$  – коэффициент использования светового потока; S – чувствительность фотоприемника, В/Лм;  $\Phi$  – лучистый поток, направленный на объект, Лм;  $\alpha$  – диаметр изображения объекта, °.

Механизмы с фотоэлектрическими датчиками обладают малой инерционностью. К недостаткам систем с фотоэлектрическим преобразователем относится, в первую очередь, высокая стоимость таких устройств. Также вызывает определенные сложности использование этих систем на машинах, где приходится контролировать и оверлочные швы, и швы внакладку, так как для нормальной работы на обоих видах швов значительно усложняется схема обработки сигнала.

Механизмы с преобразователями радиоактивной энергии не получили распространения вследствие их вредного влияния на окружающие объекты.

Современные механизмы обнаружения и пропуска шва ткани требуют не только обнаружения швов любого вида, нечувствительности к изменению условий окружающей среды, смене артикула ткани и способности безотказной работы в диапа-

зоне скоростей движения ткани 10...160 м/мин, но и в дополнение к этому, контролю ширины зоны необработанного продукта.

Наиболее перспективны из рассмотренных систем механизмы с бесконтактными емкостными преобразователями, поскольку датчики индуктируемой ЭДС более дорогие и оказывают нежелательное механическое воздействие на продукт, а системы с фотоэлектрическими преобразователями, являясь также дорогостоящими, имеют и сложную конструкцию схемы обработки сигнала.

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ на основании современных требований технологического процесса позволяет сделать вывод, что наибольшей эффективностью обладают механизмы с преобразователями индуктируемой ЭДС, емкостными и фотоэлектрическими преобразователями. Современным требованиям наиболее соответствуют бесконтактные механизмы обнаружения шва ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Расторгуев А.К.* Системы автоматического управления машинами при отделке ткани. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. *Расторгуев А.К., Иванов А.В., Расторгуев К.А.* Расчет и проектирование датчиков систем автоматического контроля ткани в отделочном производстве: Учебное пособие. – Иваново, 1992.
3. *Расторгуев А. К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №6. С. 71...74.
4. *Разумова Е. А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, №2.
5. *Расторгуев А. К. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №3. С.67...70.
6. *Расторгуев А. К., Расторгуев К. А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №3. С. 66...69.
7. *Разумова Е. А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №3. С.78...82.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 15.05.01.

УДК 677.027:12:677.21.074

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА И КИНЕТИКИ ПРОПИТКИ ВОДОЙ  
ТКАНЕЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН***М.Н.ГЕРАСИМОВ, О.Н.МАХОВ***(Ивановская государственная текстильная академия)**

В работе [1] на основании проведенного теоретического исследования процесса пропитки текстильных полотен составлено его математическое описание, в основу которого положено предположение о фильтративном механизме заполнения жидкостью капиллярно-пористой структуры волокнистого материала. Анализ полученных в этом исследовании результатов показал, что изменение степени заполнения  $\delta_{\text{пр}}$  порового объема текстильного полотна в зависимости от времени  $\tau$  его пребывания в жидкости может быть представлено в виде степенной функции

$$\delta_{\text{пр}} = \left( \frac{A}{k} \right)^z, \quad (1)$$

где  $A$  – функция физических характеристик пропитываемой жидкости, а также геометрических и структурных характеристик текстильного полотна;  $k$  – коэффициент, получивший название «коэффициента со-

противления пропитке», определяемый опытным путем по кинетическим кривым пропитки;  $z$  – показатель степени, учитывающий нестационарность процесса пропитки.

Экспериментальные исследования [2], проведенные с использованием четырех артикулов суровых хлопчатобумажных тканей, подтвердили справедливость такого подхода к описанию кинетики пропитки текстильных полотен.

С целью уточнения факторов, влияющих на величины  $A$ ,  $k$  и  $z$ , и получения дополнительных сведений об особенностях механизма пропитки водой тканей из природных целлюлозных волокон нами осуществлены экспериментальные исследования этого процесса с использованием расширенного ассортимента тканей, характеристика которых показана в табл.1.

Ткань	Поверхностная плотность ткани, кг/м <sup>2</sup>	Толщина полотна ткани, мм	Линейная плотность ткани, нитей / 10 см		Толщина пряжи, текс		Объемная плотность сухой ткани, кг/м <sup>3</sup>	Пористость сухой ткани
			основа	уток	основа	уток		
Суровые ткани со 100%-ным содержанием хлопковых волокон								
Саржа арт.3217	0,285	0,69	488	255	16,6×2	25×2	390	0,746
Диагональ арт.3006	0,300	0,82	287	216	41,7	71,4	345	0,775
Бапмачная арт.7071	0,440	1,04	152	118	50×3	50×3	400	0,740
Миткаль арт.6	0,086	0,40	227	200	18,5	18,5	203	0,867
Бязь арт.157	0,150	0,43	236	236	29,0	29,0	329	0,789
Бязь арт.262	0,146	0,49	228	228	29,0	29,0	298	0,805
Диагональ арт.212	0,212	0,57	222	170	50,0	50,0	351	0,770
Суровые ткани со 100%-ным содержанием льняных волокон								
Тик арт.902	0,280	0,44	232	237	В60 ВЛ	В60 ВЛ	563	0,624
Тик арт.901	0,173	0,44	208	115	В50 ВЛ	В38 ВЛ	393	0,738

Методика определения показателя степени  $\delta_{пр}$  пропитки тканей и описание ее аппаратного оформления даны в [3]. В [4] приведена статистическая оценка получаемых с помощью этой методики экспериментальных данных.

При доверительной вероятности  $P=0,95$  доверительный интервал средних арифметических значений влагосодержания ткани

не превышает  $\Delta \bar{u}_{св} = \pm 0,0035$ , что позволяет получать достоверные результаты как по кинетике пропитки текстильных материалов, так и по оценке сравнительной эффективности различных воздействий, интенсифицирующих этот процесс.

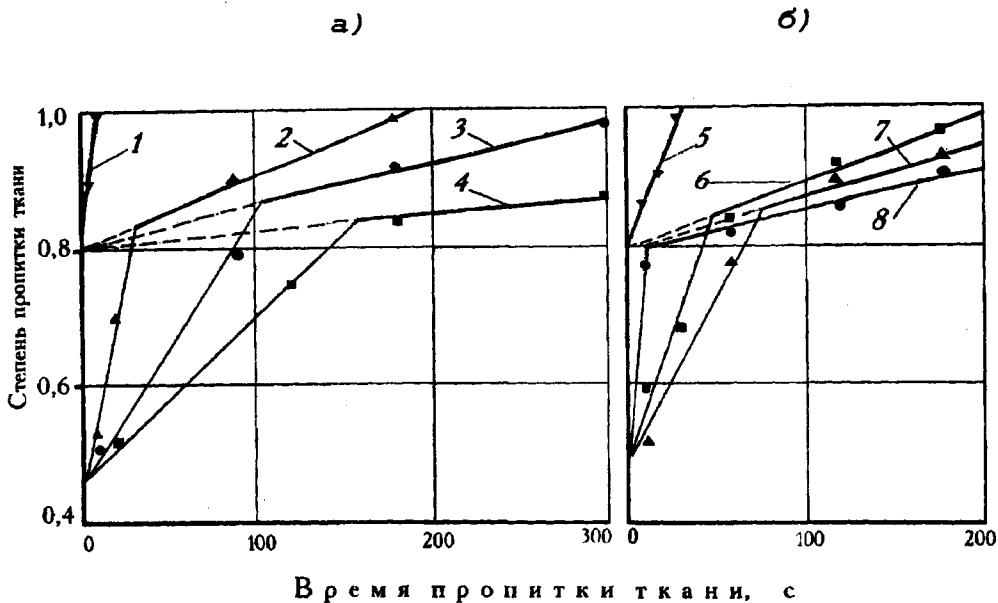


Рис. 1

На рис.1-а приведены экспериментальные данные [2] по кинетике пропитки водой суровой хлопчатобумажной ткани саржа арт.3217 (1–температура  $t_{ж}$  пропитывающей жидкости–95; 2–60; 3–40 и 4–20°C). На рис.1-б изображены кинетические кривые процесса пропитки водой суровой хлопчатобумажной ткани бязь арт.157 (5– $t_{ж}$ =80 и 6–40°C); суровой хлопчатобумажной ткани миткаль арт.6 (7–20°C); суровой льняной ткани тик арт.901 (8–60°C), полученные в рамках настоящего исследования.

Анализ всего объема экспериментальных данных указывает на идентичность характера кинетических зависимостей процесса пропитки для всех названных в табл.1 тканей. По результатам этого анализа весь процесс пропитки условно можно разбить на три периода, отличающихся интенсивностью заполнения жидкостью порового объема волокнистого материала (рис.1).

Если соседние экспериментальные точки, характеризующие кинетику заполнения порового объема ткани, соединить прямыми линиями, то получится ломаная кривая.

Начальный период пропитки – заполнение порового объема ткани до значения  $\delta_{пр}=0,45...0,50$  – протекает практически мгновенно. В этом периоде жидкость заполняет сквозные межнитевые и межволоконные макропоры текстильного полотна.

Круто восходящие отрезки кинетических кривых характеризуют второй период процесса пропитки. В тканях, поверхность волокон которых гидрофобная (суровые ткани из природных хлопковых и льняных волокон), капиллярное давление, возникающее в их пористой структуре, значительно меньше, чем в структуре хорошо подготовленных (отбеленных) тканей. По этой причине заполнение жидкостью значительной части сквозных пор и капилляров, образовавшихся в текстильном полотне в процессе его изготовления (процессы прядения и ткачества) затруднено. При погружении волокнистого материала в жидкость в этих так называемых «кваситупиковых» порах и капиллярах остается воздух. Это снижает скорость проникновения жидкости в поровую структуру ткани во

втором периоде по сравнению с первым периодом происходящего процесса.

Пологие отрезки кинетических кривых характеризуют третий период заполнения поровой структуры тканей. К началу этого периода заполнение «кваситупиковых» пор в основном завершено и начинается заполнение тупиковых капилляров, расположенных в структуре отдельных волокон, где также остался заземленный воздух. Чтобы жидкость заполнила объем тупиковых капилляров, оставшийся в них воздух должен быть удален. Удаление его возможно за счет растворения воздуха в жидкости, закрывающей свободный конец капилляра, и последующей диффузии растворенного воздуха через пропитывающую жидкость в окружающую среду. Лишь после этого тупиковый капилляр может быть заполнен жидкостью.

Описанный механизм заполнения тупиковых капилляров приводит к резкому падению скорости продвижения жидкости в структуре ткани, что и выражается в уменьшении наклона кинетических кривых в третьем (заклочительном) периоде процесса пропитки. Причем продолжение более пологих частей этих ломаных кинетических кривых сходится в одну точку на оси  $\delta_{пр}$ , которой соответствует значение 0,8. Это значение, как показывают данные рис.1, одинаково для всего исследованного диапазона температур пропитывающей жидкости и для всех исследованных тканей независимо от их волокнистого состава и физико-механических характеристик.

Обработка экспериментальных данных по пропитке в воде суровых тканей из хлопковых и льняных волокон позволила установить, что уравнение (1) с достаточной для практики точностью описывает кинетику этого процесса при  $z=0,2$ . В свою очередь, величина  $A$  функционально свя-

зана с параметрами, характеризующими пропитывающую жидкость и обрабатываемое текстильное полотно, зависимостью

$$A = \frac{\sigma}{h_{тк}^2 \mu \epsilon}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  и  $\mu$  – соответственно поверхностное натяжение, Н/м и динамическая вязкость, Па·с пропитывающей жидкости при соответствующей ее температуре;  $h_{тк}$  – толщина полотна ткани, м;  $\epsilon$  – пористость ткани (отношение объема пор ткани к ее общему объему).

С учетом (2) уравнение для расчета кинетики заполнения поровой структуры текстильных полотен из природных целлюлозных волокон при их пропитке водой запишется так:

$$\delta_{пр} = \left( \frac{\tau \sigma}{k h_{тк}^2 \mu \epsilon} \right)^{0,2}. \quad (3)$$

Величину коэффициента  $k$  в диапазоне температур пропитывающей воды от 10 до 95°C можно рассчитать по следующим эмпирическим формулам:

– для суровых хлопчатобумажных полотен

$$k = (14,8 - 0,15t_{ж}) \cdot 10^{10}, \text{ м}^{-1}; \quad (4)$$

– для суровых текстильных полотен из льняного волокна

$$k = (50,0 - 0,50t_{ж}) \cdot 10^{10}, \text{ м}^{-1}. \quad (5)$$



Таблица 2

Ткань	Температура $t_{ж}$ воды, °С	Тип данных	Время пропитки ткани в воде, с						
			10	20	30	40	60	90	120
			Степень пропитки ткани, $\delta_{пр}$						
Миткаль арт.6	20	1	0,496				0,769		0,960
		2	0,538				0,770		0,885
		$\Delta, \%$	-7,8				-0,1		+8,4
	40	1	0,601				0,898	0,965	
		2	0,610				0,876	0,950	
		$\Delta, \%$	-1,5				+2,5	+1,6	
	60	1		0,862			0,964		
		2		0,810			1,00		
		$\Delta, \%$		+6,4			-3,9		
Бязь арт.157	40	1	0,597		0,685		0,818		0,919
		2	0,605		0,754		0,866		0,995
		$\Delta, \%$	-1,3		-9,2		-5,6		-7,6
	60	1	0,693		0,806		0,918		
		2	0,697		0,869		0,998		
		$\Delta, \%$	-0,6		-7,2		-8,0		
	80	1	0,866	0,902					
		2	0,840	0,965					
		$\Delta, \%$	+3,1	-6,5					
Бязь арт.262	60	1	0,680		0,830	0,850	0,920		
		2	0,660		0,839	0,869	0,942		
		$\Delta, \%$	+3,0		-1,0	-2,2	-2,2		

Примечание. 1 – экспериментальные; 2 – расчетные значения.

Таблица 3

Ткань	Температура воды $t_{ж}$ , °С	Тип данных	Время пропитки ткани в воде, с			
			60	90	120	180
			Степень пропитки ткани, $\delta_{пр}$			
Диагональ арт.212	20	1			0,856	0,866
		2			0,786	0,853
		$\Delta, \%$			+8,8	+1,5
	40	1	0,818		0,867	0,931
		2	0,779		0,894	0,970
		$\Delta, \%$	+5,0		-2,4	-4,0
	60	1	0,849		0,933	
		2	0,897		1,000	
		$\Delta, \%$	-5,3		-6,7	

Тик льняной арт.902	20	1	0,681	0,711	0,749	0,826	
		2	0,620	0,673		0,773	
		$\Delta, \%$	+9,5	+5,6		+6,5	
	40	1	0,701	0,735	0,809	0,801	
		2	0,705	0,764		0,878	
		$\Delta, \%$	-0,6	-3,8		-7,4	-8,8
60	1	0,786	0,841		0,937		
	2	0,810	0,879		1,00		
	$\Delta, \%$	-3,0	-4,3		-6,3		
Тик льняной арт.901	40	1	0,716	0,803	0,815	0,832	
		2	0,676	0,773		0,777	0,842
		$\Delta, \%$	+5,9	+9,5		+4,9	-1,2
	60	1	0,816	0,835	0,856	0,901	
		2	0,777	0,843		0,893	0,968
		$\Delta, \%$	+5,0	-1,0		-4,1	-6,9

Примечание. 1 – экспериментальные; 2 – расчетные значения.

В табл.2 и 3 представлены полученные нами экспериментальные значения показателей степени пропитки  $\delta_{пр}$  тканей в сравнении

с расчетными значениями этого показателя, определенного с использованием формул (3...5).

Таблица 4

Ткань	Температура $t_{ж}$ воды, °C	Тип данных	Время пропитки ткани в воде, с								
			5	10	20	60	90	120	180	240	300
			Степень пропитки ткани, $\delta_{пр}$								
Саржа арт.3217	20	1		0,455	0,517			0,744			0,869
		2		0,446	0,512			0,733			0,881
		$\Delta, \%$		+2,0	+1,0			+1,5			-1,4
	40	1		0,512			0,795		0,916	0,985	
		2		0,507			0,787		0,905	0,977	
		$\Delta, \%$		+1,0			+1,0		+1,0	+1,0	
	60	1			0,692		0,897		0,989		
		2			0,672		0,908		1,00		
		$\Delta, \%$			+3,0		-1,1		-1,1		
95	1	0,889	1,00								
	2	0,852	0,980								
	$\Delta, \%$	+4,3	+2,0								
Баш- мачная арт.7071	60	1		0,518		0,725		0,835		0,951	
		2		0,497		0,711		0,817		0,939	
		$\Delta, \%$		+4,2		+2,0		+2,2		+1,3	
Диаго- наль арт.3006	20	1			0,515	0,632				0,796	0,830
		2			0,474	0,591				0,780	0,816
		$\Delta, \%$			+8,6	+6,8				-2,0	+1,7
	60	1			0,642	0,796	0,867		0,955		
		2			0,622	0,775	0,840		0,965		
		$\Delta, \%$			+3,2	+2,7	+3,2		-1,0		

Примечание. 1 – экспериментальные; 2 – расчетные значения.

В табл.4 проведен аналогичный анализ по экспериментальным результатам, полученным в [2].

Во всех случаях отклонение  $\Delta$  экспериментальных значений показателя степени пропитки  $\delta_{пр}$  от его расчетных значений не превышает  $\pm 9,5\%$ . Это подтверждает высокую эффективность использования предложенных формул для расчета кинетики пропитки в воде суровых тканей из природных целлюлозных волокон.

Применение результатов настоящего исследования и предложенных расчетных формул позволит учитывать особенности кинетики пропитки при разработке эффективных технологических режимов процессов подготовки, крашения, заключительной химической отделки и промывки суровых текстильных полотен.

## ВЫВОДЫ

1. Процесс пропитки водой суровых тканей из природных целлюлозных волокон протекает в три периода, отличающихся интенсивностью заполнения жидкостью их ка-

пиллярно-пористой структуры, что обусловлено различием в механизме процесса пропитки в указанные периоды.

2. Предложены формулы для расчета кинетики пропитки водой указанных тканей, учитывающие физические характеристики пропитываемой жидкости, а также тип волокнистого состава ткани, ее геометрические и структурные характеристики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов М.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –1988, №1. С.63...66.
2. Герасимов М.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –1988, №2. С.65...67.
3. Герасимов М.Н., Козлов В.В. / В сб.: Вопросы новой технологии в отделке хлопчатобумажных тканей. –М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1979. С. 57...65.
4. Герасимов М.Н., Махов О.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2001, №1. С.63...66.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 17.05.01.

УДК 677.052

## ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС СЕКЦИИ СУШИЛЬНОЙ МАШИНЫ. СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ

*И.П. КОРНЮХИН, Л.И. ЖМАКИН, И.В. КОЗЫРЕВ*

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

Данная статья является продолжением предыдущей [1] и в ней сохранены те же обозначения переменных, а также даются ссылки на рис.1 и 2 из [1].

Рассмотрим вначале материальные балансы (законы сохранения массы) для сухого воздуха. На выходе из зоны испарения [1, рис.1] должно выполняться равенство

$$G_c^0 = G_{out}^0 + G_b^0. \quad (1)$$

За элементом секции “ограждения” баланс по сухому воздуху имеет вид

$$G_b^0 = G_e^0 + G_h^0. \quad (2)$$

Наконец, перед вентилятором (либо в нем самом), где происходит смешение потоков, закон сохранения массы сухого воздуха имеет форму

$$G_c^0 = G_h^0 + G_l^0 + G_r^0 + G_s^0. \quad (3)$$

При поверочном расчете сушилки значения производительности циркуляционного и вытяжного вентиляторов должны быть заданы. В связи с этим выразим другие расходы через  $G_c^0; G_{out}^0; G_s^0$ , причем последний также рассматривается как известный, найденный на основе расчета распределения присосов по методике, описанной в [2]. Из уравнения (1) следует

$$G_b^0 = G_c^0 - G_{out}^0. \quad (4)$$

Решая совместно (1...3), получаем

$$G_{out}^0 + G_e^0 = G_l^0 + G_r^0 + G_s^0. \quad (5)$$

Смысл уравнения (5) достаточно ясен. Для секций со сбросом воздуха из сушилки перетечки в соседние секции отсутствуют ( $G_e^0 \equiv 0$ ) и расход сбрасываемого воздуха равен сумме расходов воздуха, попадающего в эту секцию слева и справа, а также подсасываемого в данную секцию из окружающей среды. Для секций, в которых нет сброса воздуха ( $G_{out}^0 \equiv 0$ ), расход уходящего из секции воздуха равен сумме расходов воздуха, притекающего в секцию слева или справа и подсасываемого из окружающей среды.

Найдем величину расхода  $G_h^0$  из уравнения (3):

$$G_h^0 = G_c^0 - G_l^0 - G_r^0 - G_s^0. \quad (6)$$

При этом следует отметить, что значения  $G_l^0$  и  $G_r^0$  выражаются через величины расходов присасываемого воздуха в соседних секциях, как было показано при анали-

зе перетечек между секциями [1], представленных на схеме рис.2 из [1].

Далее рассмотрим материальные балансы по пару, содержащемуся в циркулирующем воздухе. На основании определения влагосодержания воздуха как массы пара, содержащейся в единице массы сухого воздуха, расход пара во влажном воздухе можно представить в форме  $DG^0$ . Баланс по пару в зоне сушки, где происходит испарение влаги из ткани, выражается как

$$D_b G_c^0 = D_c G_c^0 + G_{ev}, \quad (7)$$

где  $G_{ev}$  – расход испаряющейся из ткани влаги в пределах секции. Здесь  $G_{ev}$  рассматривается как заданная величина. Фактически она определяется при расчете тепломассообмена в зоне сушки. Если же на ткани происходит конденсация влаги, знак величины  $G_{ev}$  автоматически (на основе уравнений тепломассообмена) должен изменяться на обратный. Уравнение баланса по пару в зоне смешения перед вентилятором имеет вид

$$D_c G_c^0 = D_b G_h^0 + D_l G_l^0 + D_r G_r^0 + D_s G_s^0. \quad (8)$$

В этих уравнениях помимо расходов сухого воздуха, которые либо заданы, либо рассчитываются по приведенным выше формулам, считаются известными величины влагосодержания окружающего воздуха  $D_s$  и расход испаряемой влаги (последний рассчитывается на базе уравнений тепломассообмена в процессе сушки, что будет показано ниже). Путем совместного решения уравнений (6...8) найдем величину влагосодержания:

$$D_b = \frac{D_l G_l^0 + D_r G_r^0 + D_s G_s^0 + G_{ev}}{G_l^0 + G_r^0 + G_s^0}, \quad (9)$$

а из (7) выразим влагосодержание:

$$D_c = D_b - \frac{G_{ev}}{G_c^0}. \quad (10)$$

Ранее отмечалось, что расходы сбросного и циркулирующего воздуха заданы. Уточним здесь, что обычно задаются не массовые, а объемные расходы. Воздух, в том числе и влажный воздух при атмосферном давлении, комнатных и более высоких температурах, с хорошей точностью можно рассматривать как идеальный газ. Используя уравнение состояния для смеси идеальных газов, объемные расходы можно пересчитать в массовые. Значения массовых расходов циркулирующего воздуха в каждой секции рассчитываются по объемному расходу при значениях температуры и влагосодержания в вентиляторе этой же секции, а массовых расходов сбрасываемого воздуха – при параметрах той секции, из которой сбрасывается воздух.

Рассмотрим тепловые балансы для элементов циркуляционного контура секции. При расчете потоков теплоты удельная (отнесенная к единице массы сухого воздуха) теплоемкость влажного воздуха рассчитывается по значениям теплоемкостей сухого воздуха, водяного пара и влагосодержанию:

$$c = c^a + c^v D, \quad (11)$$

где  $c^a$  и  $c^v$  – удельные массовые теплоемкости сухого воздуха (“a” – air – воздух) и водяного пара (“v” – vapour – пар) соответственно. При определении теплоемкостей учитывается их температурная зависимость. В связи с этим в обозначениях теплоемкостей будут использоваться индексы, тождественные с индексами при температурах, представленных на обобщенной схеме секции [1, рис. 1]. Один нижний указывает на температуру, при которой определены значения  $c^a$  и  $c^v$ . Два нижних индекса указывают на то, что такой определяющей температурой является средняя арифметическая температура. Верхний индекс при теплоемкости совпадает с нижним индексом при влагосодержании в

формуле (11). Например,  $c_{mc}^c$  обозначает теплоемкость влажного воздуха, найденную по формуле (11) при температуре, равной  $0,5(t_c + t_m)$  и влагосодержании  $D_c$ . При характеристике теплоемкостей пара смысл нижних индексов такой же, как и для влажного воздуха, в качестве верхнего индекса используется только “v”.

Изменение (уменьшение) энергии воздуха в зоне сушки обусловлено теплоотдачей от воздуха к ткани и теплотой, затрачиваемой на нагрев образовавшегося при сушке пара, что запишется так:

$$G_{c_{cb}}^0 (t_c - t_b) = \alpha (t_c - \bar{t}_f) F_f + G_{ev} c_{cf}^v (t_b - \bar{t}_f), \quad (12)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи между тканью и набегающим на нее потоком влажного воздуха;  $\bar{t}_f$  – среднее значение температуры ткани (“f” – fabric – ткань) в секции;  $F_f$  – двухсторонняя (с учетом двухстороннего обдува ткани воздухом) площадь поверхности ткани в секции. Обозначения теплоемкостей расшифрованы выше.

Средняя температура ткани определена как среднеинтегральная:

$$\bar{t}_f = \frac{1}{l} \int_0^l t_f dl. \quad (13)$$

Использование для расчета теплообменника-калорифера среднеарифметической температуры, как это сделано, например, в [3], вносит в расчет систематическую погрешность. Подход, основанный на использовании эффективности теплообменника [4, 5], свободен от этого недостатка. Эффективность теплообменника:

$$E = \frac{Q}{C_m (t'_1 - t'_2)},$$

где  $C_M$  – меньшая из расходных теплоемкостей  $G_c$ ;  $t'_1$  и  $t'_2$  – температуры соответственно горячего и холодного теплоносителей на входе в теплообменник. Используя уравнение теплового баланса теплообменника [3...5] при известной эффективности нетрудно найти температуры теплоносителей на выходе из теплообменника:

$$t''_1 = t'_1 - E(t'_1 - t'_2) \frac{C_M}{C_1}, \quad (14)$$

$$t''_2 = t'_2 + E(t'_1 - t'_2) \frac{C_M}{C_2}, \quad (15)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – расходные теплоемкости горячего и холодного теплоносителей соответственно;  $t''_1$  и  $t''_2$  – температуры соответственно горячего и холодного теплоносителей на выходе из теплообменника.

Для прямоточной схемы течения эффективность определяется как [4, 5]:

$$E = \frac{1 - \exp(-k_c F_c (1/C_M - 1/C_B))}{1 + C_M/C_B},$$

где  $C_B$  – большая из величин  $C_1$  и  $C_2$ ;  $k_c$  и  $F_c$  – коэффициент теплопередачи и площадь поверхности теплообмена калорифера.

В том случае, когда температура одного из теплоносителей постоянна, справедлив предельный переход  $C_B \rightarrow \infty$ , с учетом которого формула для расчета эффективности преобразуется к виду

$$E = 1 - \exp(-k_c F_c / C_M). \quad (16)$$

При таком предельном переходе все схемы движения теплоносителей в теплообменнике становятся эквивалентными, равноценными.

В калорифере температура горячего теплоносителя – конденсирующегося греющего пара – постоянна и равна температуре насыщения  $t_{sat}$ . С учетом этого по формулам (15) и (16) можно найти значе-

ние температуры, до которой нагревается воздух в калорифере. Используя введенные на схеме рис.1 из [1] обозначения, формулу для определения этой температуры представим в виде

$$t_c = t_m + (t_{sat} - t_m) \left[ 1 - \exp\left(-\frac{k_c F_c}{G_c^0 c_{cm}}\right) \right]. \quad (17)$$

Потери теплоты через ограждения можно рассматривать как явление теплопередачи в своеобразном теплообменнике с многослойной разделительной стенкой. В таком теплообменнике температура одного из теплоносителей (холодного) постоянна – это температура окружающей среды  $t_s$ . Этот факт позволяет осуществить аналогичный описанному выше предельный переход в формуле для определения эффективности

$$E = 1 - \exp\left(-\frac{k_1 F_1 + k_2 F_2 + k_3 F_3}{G_b^0 c_{bh}}\right), \quad (18)$$

где  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  – коэффициенты теплопередачи соответственно через боковые стенки, потолок и пол;  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  – площади поверхностей боковых стенок, потолка и пола. Для крайних секций в величину  $F_1$  включалась и площадь поверхности торцевой стенки.

Потери теплоты на нагрев транспортирующих устройств (крупных цепей) отдельным слагаемым не учитывались. Их величина так же, как и величина потерь через ограждения, пропорциональна разности температур воздуха в сушилке и в окружающей среде. Благодаря относительно малой величине этих потерь их влияние учитывалось косвенно, путем увеличения коэффициента теплопередачи  $k_1$  в крайних секциях сушилки.

Решая совместно уравнения (14) и (18) и представляя результат в обозначениях, принятых на схеме рис.1 из [1], запишем температуру циркулирующего воздуха на входе в калорифер в виде

$$t_h = t_b - (t_b - t_s) \cdot$$

$$\left[ 1 - \exp\left(-\frac{k_1 F_1 + k_2 F_2 + k_3 F_3}{G_{bc}^0 c_{bh}^b}\right) \right]. \quad (19)$$

Наконец, перейдем к рассмотрению тепловых балансов в процессе смешения потоков перед вентилятором. Уравнение, описывающее этот процесс, имеет вид

$$G_{cm}^0 c_m^c t_m = G_l^0 c_l^l t_l + G_r^0 c_r^r t_r + G_s^0 c_s^s t_s + G_h^0 c_h^b t_h. \quad (20)$$

Способы определения температур  $t_l$ ,  $t_r$  и влагосодержаний  $D_l$ ,  $D_r$  описаны ранее при анализе перетечек из секции в секцию, величина  $t_s$  задана, значе-

ние  $t_{sat}$  определяется давлением греющего пара в калорифере, температура  $\bar{t}_f$  определяется при расчете тепломассообмена в процессе сушки и при расчете тепловых балансов секций рассматривается как заданная. Величина  $\bar{t}_f$ , а также зависящие от температур значения теплоемкостей при решении систем рассматриваются как постоянные, их значения будут уточняться в ходе итерационного процесса при расчете сушилки. Таким образом, уравнения (12), (17), (19) и (20) образуют замкнутую систему относительно неизвестных температур  $t_c$ ,  $t_b$ ,  $t_h$ ,  $t_m$ . Решение этой системы позволяет представить искомые температуры в следующем виде.

Температура воздуха, набегаящего на ткань:

$$t_c = \frac{A \bar{t}_f (G_{ev} c_{cf}^v + \alpha F_f) + LRS + G_{bc}^0 c_{bc}^b t_s (1 - E2) + G_c^0 c_m^c t_{sat} \left( \frac{1}{E1} - 1 \right)}{A (\alpha F_f - G_c^0 c_{cb}^b) + G_c^0 c_m^c \frac{1}{E1}}, \quad (21)$$

где

$$A = \frac{G_{bc}^0 c_{bc}^b E2}{G_c^0 c_{cb}^b + G_{ev} c_{cf}^v},$$

$$LRS = G_l^0 c_l^l t_l + G_r^0 c_r^r t_r + G_s^0 c_s^s t_s,$$

$$E1 = \exp(-k_c F_c / C_M),$$

$$E2 = \exp\left(-\frac{k_1 F_1 + k_2 F_2 + k_3 F_3}{G_{bc}^0 c_{bh}^b}\right).$$

Температура воздуха, выходящего из зоны сушки,

$$t_b = \frac{G_c^0 c_{cb}^b t_c + G_{ev} c_{cf}^v \bar{t}_f - \alpha F_f (t_c - \bar{t}_f)}{G_c^0 c_{cb}^b + G_{ev} c_{cf}^v}. \quad (22)$$

Температура циркулирующего воздуха перед вентилятором

$$t_h = t_b E2 + t_s (1 - E2), \quad (23)$$

Значение E2 определено выше.

Температура воздуха перед калорифером:

$$t_m = \frac{t_c - t_{sat} (1 - E1)}{E1}. \quad (24)$$

Параметр E1 также определен ранее.

В силу того, что материальные и тепловые балансы рассматривались в данном разделе применительно к условной обобщенной секции, полученные расчетные формулы действительны для любой секции сушилки с учетом того, что в конкретных секциях некоторые из параметров (расходов) обращаются в ноль.

В настоящей работе рассмотрена схема циркуляции воздуха, в которой вентилятор установлен перед калорифером. Существует и другая схема, в которой калорифер установлен перед вентилятором, а смешение потоков происходит перед калорифером. Сопоставляя эти две схемы, можно убедиться, что между ними нет принципиальной разницы с точки зрения материальных и тепловых балансов, а полученные расчетные уравнения действительны и для второй схемы циркуляции.

Значения влагосодержаний в данной работе выражены в относительных единицах (кг пара/кг сухого воздуха). Следующий этап работы – расчет теплообмена в зоне сушки.

## ВЫВОДЫ

Отмечен главный недостаток существующих методов теплотехнического расчета секционных машин – невозможность предсказать изменение температур и влагосодержаний воздуха по длине машины. Такая задача может быть решена лишь путем включения в расчет сушилки помимо уравнений теплообмена также уравнений, определяющих тепловой баланс секций машины с учетом нагрева воздуха в

калориферах, подсоса воздуха в секциях и перетока воздуха из одной секции в другую.

Предложена обобщенная схема секции, учитывающая все возможные направления потоков. Составлены балансовые уравнения, на основании которых определяются значения расходов, влагосодержаний и температур в различных зонах секции по заданным конструктивным характеристикам, величине присосов и характеристикам теплообмена в зоне сушки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Корнюхин И.П., Жмакин Л.И., Козырев И.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №3. С.101...105.
2. Корнюхин И.П., Жмакин Л.И., Козырева Л.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С.115...119.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1975.
4. Кейс В.М., Лондон А.А. Компактные теплообменники. – М.: Энергия, 1967.
5. Теплоиспользующие установки в текстильной промышленности / Ганин Е.А., Корнеев С.Д., Корнюхин И.П. и др. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 01.02.01.



УДК 681.3:512.64

**МОДЕЛЬ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ  
ЛИНЕЙНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ  
ВАЛКОВОЕ УСТРОЙСТВО – ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ**

*Е.Н. КАЛИНИН*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для описания свойств исследуемой линейной механической динамической системы применим операторные передаточные функции, основой которых являются преобразования Лапласа, с символическим методом анализа линейных систем [1], использующим оператор дифференцирования.

Исследуем поведение линейной стационарной системы в частотной  $p$ -области с помощью ряда передаточных функций, связывающих реакцию системы с ее возбуждением. В соответствии с представлением изучаемой системы в виде механической цепи, состоящей из совокупности соединенных между собой активных и пассивных двухполюсников [2], передаточная функция связывает возбуждение на входе во временной  $t$ -области с реакцией системы на выходе в форме преобразований Лапласа при нулевых начальных условиях (ННУ) системы. Применительно к рассматриваемой системе (система с сосредоточенными параметрами) передаточная функция  $T(p)$  является рациональной, представляющей отношение двух конечных полиномов от  $p$  с целыми степенями.

Используя динамические (операторные) характеристики в функции от переменной  $p$ , определяющие свойства элементов цепи и позволяющие определять пере-

даточные функции через переменные с разной размерностью: операторный импеданс  $Z(p) = \frac{\bar{F}(p)}{\bar{v}(p)}$  и операторную жесткость

$$R(p) = \frac{\bar{F}(p)}{\bar{d}(p)} = pZ(p), \quad \text{где } \bar{F}(p) \text{ и } \bar{d}(p) -$$

силовые и кинематические переменные системы, определяемые с помощью уравнений (8)...(14) из [3], выразим передаточные функции, отражающие реакцию системы на возмущение, описывающей поведение валкового устройства, взаимодействующего со слоем текстильного материала, обрабатываемого равномерно распределенным по ширине давлением.

Источниками внешнего возмущения системы в рассматриваемой системе нами определены характеристики, определяющие технологические и эксплуатационные параметры устройства в наиболее типичных ситуациях работы валкового устройства [2]:

– периодическое возмущение, обусловленное прохождением шва в соединении полотен обрабатываемого материала. Функция цепи, представляющая преобразование кинематической переменной (перемещения) источника возмущения – активного двухполюсника  $\bar{d}_4(p)$  [2] в уско-

рение вала, имеющего эластичное покрытие, с массой  $m_1$ , выражаемое в виде суммы кинематических переменных упругого  $k_2$  и вязкого  $r_2$  элементов системы. Пере-

даточная функция, характеризующая преобразование, будет иметь вид

$$T_1(p) = \left. \frac{\bar{a}_{m1}(p)}{\bar{d}_4(p)} \right|_{\text{ННУ}} = \frac{p^2[\bar{d}_{10}(p) + \bar{d}_9(p)]}{\bar{d}_4(p)} \Bigg|_{\bar{d}_2=0} = \frac{p^2[2\bar{d}_4(p)]}{\bar{d}_4(p)}, \quad (1)$$

где  $\bar{a}_{m1}(p) = p^2[\bar{d}_{10}(p) + \bar{d}_9(p)]$  – кинематическая переменная результирующего двухполюсника  $m_1$ , определяемая в соответствии с законом Кирхгофа для последовательного соединения элементов системы;  $\bar{d}_{10}(p) = \bar{d}_4(p)$ ;  $\bar{d}_9(p) = \bar{d}_2(p) + \bar{d}_4(p)$  – определяются в соответствии с уравнениями основных контуров [4];

– функция цепи, характеризующая преобразование кинематической переменной (перемещения) источника возмущения –

активного двухполюсника  $\bar{d}_4(p)$  [2] в ускорение приводного вала с массой  $m_2$ , выражаемое в виде суммы кинематических переменных (ускорений) упругого  $k_5$  и демпфирующего  $r_5$  элементов системы. Передаточная функция, характеризующая описанное преобразование, имеет вид

$$T_2(p) = \left. \frac{\bar{a}_{m2}(p)}{\bar{d}_4(p)} \right|_{\text{ННУ}} = \frac{p^2[\bar{d}_{17}(p) + \bar{d}_{14}(p)]}{\bar{d}_4(p)} \Bigg|_{\substack{\bar{d}_5=0 \\ T_5=0}} = \frac{p^2[-3(R_{17} + R_{18} - R_{19}) + 1]}{\Delta_R(p)\bar{d}_4(p)}, \quad (2)$$

где  $\bar{a}_{m2}(p) = p^2[\bar{d}_{17}(p) + \bar{d}_{14}(p)]$  – кинематическая переменная результирующего двухполюсника  $m_2$ ;

$$\bar{d}_{17}(p) = \left\{ -\frac{2}{\Delta_R(p)} [(R_{17} + R_{18} - R_{19})(\bar{d}_4(p) + \bar{d}_5(p))] \right\} + (\bar{d}_4(p) + \bar{d}_5(p));$$

$$\bar{d}_{14}(p) = -\frac{1}{\Delta_R(p)} [(R_{17} + R_{18} - R_{19})(\bar{d}_4(p) + \bar{d}_5(p))];$$

$\Delta_R(p)$  – характеристический полином, выраженный в форме операторной жесткости  $R(p)$  из главного определителя матрицы  $D_\Sigma$  [3], представленной в Лапласовых преобразованиях;

– периодическое возмущение, обусловленное прохождением шва в соединении полотен обрабатываемого материала. Функция цепи характеризует преобразова-

ние кинематической переменной (перемещения)  $\bar{d}_4(p)$  [2] в относительное перемещение остова устройства с массой  $m_3$ , выражаемое в виде суммы кинематических переменных (ускорений) упругого  $k_6$  и вязкого  $r_6$  элементов системы. Передаточную функцию, выражающую описанное преобразование, можно записать так:

$$T_3(p) = \frac{\bar{a}_{m3}(p)}{\bar{d}_4(p)} \Big|_{\text{ННУ}} = \frac{p^2[\bar{v}_6(p) + \bar{v}_{16}(p)]}{\bar{v}_4(p)} \Big|_{\substack{\bar{F}_{15}=0 \\ \bar{v}_5=0}} = \frac{p^2[(Z_{17} + Z_{18} - Z_{19})\bar{v}_4(p) + Z_{19}\bar{v}_4(p)]}{\Delta_Z(p)\bar{v}_4(p)}, \quad (3)$$

где  $\bar{a}_{m3}(p) = p[\bar{v}_6(p) + \bar{v}_{16}(p)]$  – кинематическая переменная результирующего двухполюсника  $m_3$ ;

$$\bar{v}_6(p) = -\frac{1}{\Delta_Z(p)} [Z_{19}(\bar{v}_4(p) + \bar{v}_5(p) + \bar{F}_{15}(p))];$$

$$\bar{v}_{16}(p) = \bar{v}_3(p) = -\frac{1}{\Delta_Z(p)} \cdot$$

$$\cdot [(Z_{17} + Z_{18} - Z_{19})(\bar{v}_4(p) + \bar{v}_5(p))];$$

$\Delta_Z(p)$  – характеристический полином, выраженный в форме операторного динамического импеданса  $Z(p)$  из главного оп-

ределителя матрицы  $D_\Sigma$ , представленный в Лапласовых преобразованиях;

– периодическое возмущение, обусловленное общей неуравновешенностью вала с массой  $m_1$ . Функция цепи, выражающая преобразование возмущения, представленного в форме кинематической переменной  $\bar{d}_2(p)$  – величины дисбаланса вала, в его ускорение  $\bar{a}_{m1}(p)$

$$T_4(p) = \frac{p^2[\bar{d}_{10}(p) + \bar{d}_9(p)]}{\bar{d}_2(p)} \Big|_{\bar{d}_4=0} = \frac{p^2[\bar{d}_2(p)]}{\bar{d}_2(p)}, \quad (4)$$

где  $\bar{d}_{10}(p) = \bar{d}_4(p)$ ;  $\bar{d}_9(p) = \bar{d}_2(p) + \bar{d}_4(p)$ ; – периодическое возмущение, обусловленное общей неуравновешенностью приводного вала с массой  $m_2$ . Функция цепи, выражающая преобразование возмущения, представленного в форме кинематической

переменной  $\bar{d}_5(p)$  – величины дисбаланса вала, в его ускорение  $\bar{a}_{m2}(p)$ . Передаточная функция имеет вид

$$T_5(p) = \frac{\bar{a}_{m2}}{\bar{d}_5(p)} \Big|_{\text{ННУ}} = \frac{p^2[\bar{d}_{14}(p) + \bar{d}_{17}(p)]}{\bar{d}_5(p)} \Big|_{\bar{d}_4=0} = \frac{p^2[-3(R_{17} + R_{18} - R_{19}) + 1]}{\Delta_R(p)}, \quad (5)$$

где  $\bar{d}_{14}(p) = \bar{d}_3(p)$ ;

$$\bar{d}_{17}(p) = \bar{d}_1(p) + \bar{d}_3(p) + \bar{d}_4(p) + \bar{d}_5(p);$$

$$\bar{d}_3(p) = \bar{d}_1(p);$$

$$\bar{d}_1(p) = -\frac{1}{\Delta_R(p)} [(R_{17} + R_{18} - R_{19}) \cdot$$

$$\cdot (\bar{d}_4(p) + \bar{d}_5(p))];$$

– функция цепи  $T_{61}(p)$ , отражающая периодическое возмущение, характеризующее преобразование перемещения  $\bar{d}_4(p)$  при прохождении шва через жало валов, в скорость  $\bar{v}_3(p)$  деформации эластичной оболочки вала с массой  $m_3$  или  $T_{62}(p)$  – в абсолютную деформацию  $\bar{d}_3(p)$  эластичной оболочки;

$$T_{61}(p) = \left. \frac{\bar{v}_3(p)}{d_4(p)} \right|_{\text{ННУ}} = \left. \frac{p\bar{v}_3(p)}{\bar{v}_4(p)} \right|_{\bar{v}_5=0} = \frac{p(Z_{17} + Z_{18} - Z_{19})}{\Delta_Z(p)}, \quad (6)$$

$$T_{62}(p) = \left. \frac{\bar{d}_3(p)}{\bar{d}_4(p)} \right|_{\text{ННУ}} = \left. \frac{\bar{d}_3(p)}{\bar{d}_4(p)} \right|_{\bar{d}_5=0} = \frac{(R_{17} + R_{18} - R_{19})}{\Delta_R(p)}; \quad (7)$$

где  $\bar{v}_4(p) = p\bar{d}_4(p)$ ;  $\bar{k}_3(p) = -\frac{1}{\Delta_D(p)}$ .  
 $\cdot [(D_{17} + D_{18} - D_{19})(\bar{k}_4(p) + \bar{k}_5(p))]$  – выражение обобщенной кинематической переменной, выраженной для  $T_{61}(p)$  в виде операторных импедансов  $Z(p)$ , и для  $T_{62}(p)$  – в виде операторных жесткостей  $R(p)$ .

### ВЫВОДЫ

Полученные выражения передаточных функций являются основой для интерпретации движения системы в фазовом пространстве; позволяют определить область устойчивости системы с использованием частотных критериев устойчивости, например, семейства кривых диаграммы Боде частотного отклика для различных начальных нулевых условий системы; дать как частотную, так и корневую оценку качества переходных процессов, протекающих в динамической системе, с определе-

нием запасов по фазе и частоте, а также собственные значения матрицы состояния системы значений собственных частот незатухающих колебаний и относительных коэффициентов демпфирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Канторович М.И. Операционное исчисление и процессы в электрических цепях. – М.: Советское радио, 1975.
2. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 5.
3. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 2. С. 134...138.
4. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №1. С.102...106.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 16.05.01.

УДК 677.075.004.12

## РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА

В. В. САДОВСКИЙ, А. В. КОЗЛОВ

(Гомельский кооперативный институт, Амурский государственный университет)

Свойства трикотажа в большой степени зависят от его структуры.

Для изучения структуры трикотажа в основном применяют методы световой микроскопии, микрофотосъемки и скоро-

стной киносъемки [1], которые весьма трудоемки и дают неполную информацию о динамике изменения структуры.

В настоящей работе предлагается иной путь изучения динамики структурных из-

менений трикотажа в процессе растяжения. Разработанный метод основан на теории распознавания образов, которые в нашем случае являются изображениями.

Сущность данного метода заключается в получении видеофильма процесса деформации структуры трикотажа, преобразовании реальных видеоизображений в растровый вид и последующей покадровой обработке фильма специальными алгоритмами, позволяющими описывать и опознавать выбранные характерные участки структуры, устанавливать их координаты в каждом кадре и получать по ним интересующую информацию, например, о траекториях и скоростях движения этих участков, размерах различных параметров структуры и их изменениях в процессе деформации.

Предлагаемый метод позволяет изучать изменения структуры трикотажа как в целом, так и отдельных элементов петли. При многократном увеличении также возможно исследование процессов изменения ориентации волокон при растяжении пряжи или нитей.

Метод реализуется двумя основными алгоритмами: 1 – алгоритмом описания объекта и 2 – алгоритмом распознавания объекта. В задачу алгоритма описания входят определение центра выбранного объекта (участка структуры), нахождение признаков, характеризующих окрестность центра, описание этих признаков и определение первоначальных координат центра. В качестве признаков выступают интенсивности отражения света, совокупность которых характеризует каждый рассматриваемый участок изображения структуры.

Алгоритм распознавания выполняет следующие операции. В первом кадре фильма он запоминает признаки объекта наблюдения и производит анализ области поиска на наличие "двойника" в этом кадре. При наличии "двойника" описание объекта повторяется с увеличением окрестности признаков. После устранения "двойника" (или при его отсутствии) алгоритм переходит в следующий кадр, осуществляет поиск объекта наблюдения по его призна-

кам и определяет координаты объекта в новом кадре. Операции поиска объекта, анализа области поиска и определение координат объекта повторяются в каждом последующем кадре видеофильма деформации структуры.

Сложность конструкции алгоритмов описания и распознавания зависит от взаимосвязи объекта наблюдения со средой, в которой он находится, в частности, от взаимосвязи рассматриваемого характерного участка структуры с самой структурой материала. При исследовании структуры материала в условиях растяжения могут быть два варианта взаимосвязи объекта со средой: 1 – не изменяющийся объект в изменяющейся среде и 2 – изменяющийся объект в изменяющейся среде.

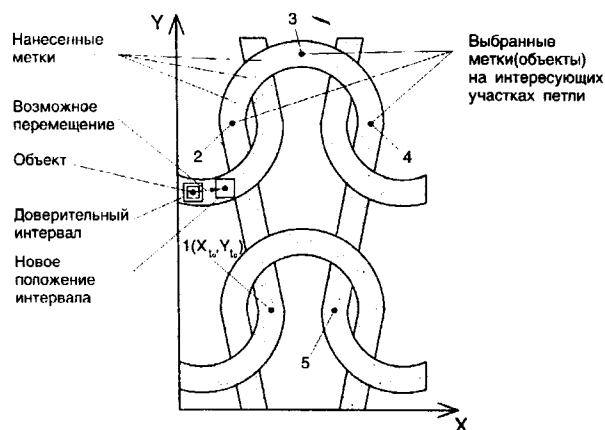


Рис. 1

При первом варианте [2] на исследуемый образец распыляются частицы краски (метки), цвет которой отличается от цвета образца (рис. 1), следовательно, будут отличаться и интенсивности отражения света. В кадре дисплея на увеличенном изображении образца при помощи мыши выбираются те метки, которые находятся на интересующих участках структуры. Алгоритм описания находит центры, формирует признаки выбранных меток и фиксирует их начальные координаты. Например, для метки 1 начальными координатами будут  $(x_{10}, y_{10})$ , где  $t_0$  – время получения первого кадра фильма. Цветные метки в дальнейшем являются объектами наблюдения, отображающими поведение характерных участков структуры при ее растяжении.

Задача алгоритма распознавания в данном случае сводится к запоминанию признаков объектов в первом кадре и нахождению объектов по этим признакам и их новых координат в каждом последующих кадрах фильма. Для ограничения области поиска объектов каждому из них в первом кадре фильма задается доверительный интервал, за границы которого объект не должен выходить во всех кадрах фильма. Если в процессе обработки фильма объект выходит за границы доверительного интервала, то происходит его потеря, выводится сообщение с номером потерянного объекта, выводится кадр, на котором произошла потеря, и программа предлагает переустановить величину доверительного интервала.

Поскольку объект в процессе изменения среды (деформирования структуры) не изменяется, неизменны и его признаки. Это позволяет создавать относительно несложную структуру алгоритма распознавания при достаточно высокой надежности слежения за объектами. Недостатком данного варианта взаимосвязи является трудоемкость нанесения меток и необходимость повторять видеозаписи процессов деформации структуры при каждой новой задаче исследования.

Второй вариант взаимосвязи объекта со средой [3] отражает условие, при котором интересующие участки структуры материала не помечаются предварительно метками. Объекты наблюдения в данном случае определяются после получения фильма. Для этого на изображении (в растровом виде) в первом кадре фильма при помощи мыши определяются интересующие точки структуры и устанавливаются их начальные координаты. Эти точки являются центрами будущих объектов наблюдения.

С целью формирования совокупности признаков, по которым объекты в дальнейшем будут распознаваться, вокруг центра выделяется окрестность. Для этого из центра проводятся четыре взаимонормальных вектора ( $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{a}'$ ,  $\bar{b}'$ ) (рис. 2). Алгоритмом описания фиксируются координаты вершин результирующего вектора

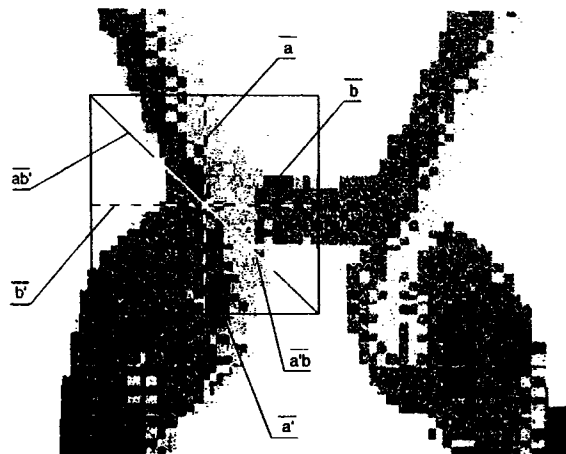


Рис. 2

прямоугольной окрестности ( $\bar{ab}'$ ,  $\bar{a'b}$ ) и определяются начальные признаки заключенной в эту окрестность части изображенной структуры. В связи с тем, что в процессе растяжения происходит изменение не только всей структуры, но также интересующих участков и, следовательно, совокупности признаков, характеризующих эти участки, задача алгоритма распознавания в данном варианте взаимосвязи значительно сложнее, чем в предыдущем.

Для того, чтобы надежно отличать выбранные объекты от "двойников", появляющихся в связи с деформацией структуры материала, в конструкции алгоритма распознавания создается некоторый регион памяти, представляемый в виде сложной таблицы. В этой таблице отражаются все текущие изменения признаков наблюдаемых объектов, происходящие в интервале между каждым кадром изображения структуры. Алгоритм распознавания при поиске объекта в каждом новом кадре получает из таблицы данные об изменении признаков объектов и тем самым обеспечивает требуемую вероятность их опознавания.

Разработанный для данного варианта алгоритм распознавания имеет существенные преимущества перед алгоритмом предыдущего варианта. Во-первых, он не требует предварительной трудоемкой операции — нанесения меток; во-вторых, позволяет многократно использовать имеющийся

ся фильм при необходимости получения дополнительной или новой информации о поведении структуры материала.

## ВЫВОДЫ

Предложен компьютерный оптический метод, основанный на теории распознавания образцов, для изучения динамики структурных изменений трикотажа в процессе растяжения. Разработанный метод может быть рекомендован для подобных исследований материалов различных структур и волокнистого состава, а также для изучения влияния на процесс струк-

турных изменений материалов различных факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кобляков А. И.* Структура и механические свойства трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1973.
2. *Садовский В. В.* Механические свойства и структура трикотажа при растяжении. Методы оценки, изучение и прогнозирование: Дис. ... докт. техн. наук. – СПб., 1996.
3. *Козлов А. В.* Разработка метода, аппаратуры и изучение структуры трикотажа при растяжении: Дис. ... канд. техн. наук. – Благовещенск, 1998.

Рекомендована кафедрой непродовольственных товаров. Поступила 22.01.01.

УДК 677.11.620.1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ  
ОТНОСИТЕЛЬНО ЗАЖИМНЫХ КОНВЕЙЕРОВ  
ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

А.Б. ЛАПШИН

(Костромской государственной технологической университет)

Положение слоя стеблей льна относительно зажимных конвейеров трепальной машины существенно влияет на показатель пригодности слоя к обработке трепанием, а следовательно, и на выход длинного волокна при работе мяльно-трепального агрегата [1]. Приближенное решение задачи определения оптимального положения слоя  $x_{opt}$  получено А.М. Ипатовым [1, с. 58]:

$$x_{opt} = \sigma_1 \left( 3 + \frac{l_M - l_T}{\sigma_1 - \sigma_2} \right), \quad (1)$$

где  $l_M$  – средняя массодлина стеблей;  $l_T$  – минимальная длина стеблей, пригодных к трепанию;  $\sigma_1, \sigma_2$  – среднеквадратические отклонения рассеивания стеблей в слое по комлям и вершинам соответственно.

Формула (1) получена при следующих допущениях: 1) законы распределения комлей и вершин в слое имеют нормальное распределение; 2) слой стеблей расположен относительно линии его зажима так, что потери при трепании будут одинаковыми как со стороны комлей, так и со стороны вершин [1, с. 58].

Цель настоящей работы – разработать методику расчета  $x_{opt}$ , обобщающую формулу (1) за счет исключения второго названного допущения.

Чтобы уменьшить число рассматриваемых факторов, введем следующие безразмерные параметры:

$$i = \frac{l_M - l_T}{\sigma_1}, \quad j = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}, \quad u = \frac{x_{opt}}{\sigma_1} - 3. \quad (2)$$

Тогда формула (1) будет иметь вид

$$u = u(i, j) = \frac{i}{j+1}, \quad (3)$$

а пригодность слоя к обработке трепанием определится в новых переменных по зависимости

$$P = \Phi(u) - \Phi\left(\frac{u-i}{j}\right), \quad (4)$$

где  $\Phi(\dots)$  – функция Лапласа.

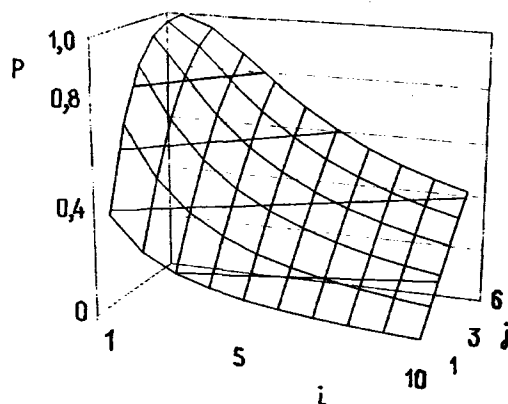


Рис. 1

На рис. 1 при диапазонах изменения параметров  $i=1...10, j=1...6$  показана зависимость  $P(u(i,j))$ , построенная с помощью системы Mathcad.

Рассмотрим функцию потерь волокна  $I(x)$  от его непопадания в зажим обоих конвейеров трепальной машины [1]:

$$I(x) = \int_x^{l_k} f_k(x) dx + \int_{L-l_b}^{x+l_T} f_b(x) dx,$$



$f_k(x)$ ,  $f_B(x)$  – нормальные законы распределения стеблей в слое по комлям и вершинам;  $L$  – общая ширина слоя;  $l_k = 6\sigma_1$ ;  $l_B = 6\sigma_2$ ;  $x$  – расстояние от края слоя с комлевой части до линии зажима первого конвейера.

Для минимизации потерь вычислим  $\frac{dI(x)}{dx}$ , используя правило дифференцирования интегралов с переменным верхним пределом:

$$\frac{dI(x)}{dx} = -f_k(x) + f_B(x + l_T). \quad (5)$$

Приравняв (5) к нулю и раскрыв все функции в новых переменных, получим

$$\exp\left(\frac{-y^2}{2}\right) - \frac{1}{j} \exp\left(-\frac{(y-i)^2}{2j^2}\right) = 0, \quad (6)$$

где  $y = x/\sigma_1 - 3$ .

Соотношение (6) является трансцендентным уравнением относительно переменной  $y$ . Решив (6) итерационным методом, функцию двух переменных запишем так:

$$y = y(i, j). \quad (7)$$

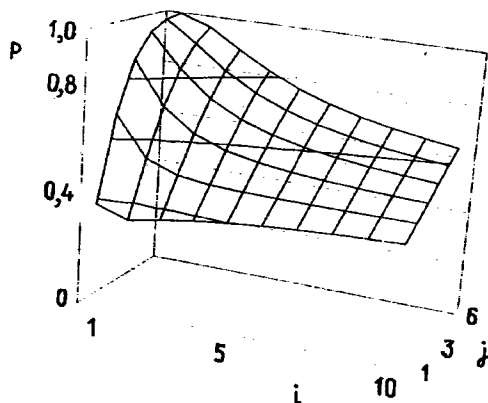


Рис. 2

На рис. 2 представлена зависимость  $P(y(i, j))$ , построенная с помощью системы Mathcad. Из рис. 1 и 2 следует, что функции  $P(u(i, j))$  и  $P(y(i, j))$  отличаются значительно при некоторых диапазонах изменения параметров  $i, j$ . Для количественно-

го сопоставления двух функций  $P(u(i, j))$  и  $P(y(i, j))$  введем третью функцию:

$$\Delta(i, j) = \frac{100|P(y(i, j)) - P(u(i, j))|}{P(y(i, j))}, \quad (8)$$

характеризующую в процентах относительную погрешность вычисления пригодности слоя стеблей через положение слоя относительно зажимного механизма с помощью приближенного (1) и точного (7) способов.

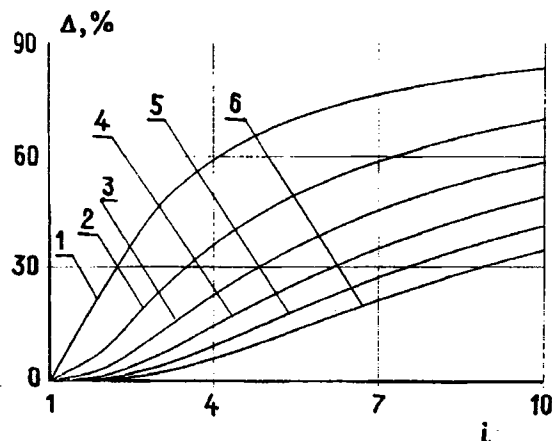


Рис. 3

На рис. 3 изображены зависимости  $\Delta(i)$ , вычисленные по формуле (8) при различных значениях параметра  $j$  (номер кривой соответствует значению  $j$ ). Из полученных результатов следует, что расчеты по двум методам совпадают только при  $i=1$ . Данные рис. 3 также свидетельствуют, что погрешность двух сравниваемых методов может достигать 80%. Последнее существенно сказывается на выходе длинного волокна после его обработки на мяльно-трепальном агрегате [1] и определяет тем самым практическую значимость полученных выше результатов.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика более точного определения оптимального положения слоя стеблей относительно зажимных конвейеров трепальной машины. Исследована погрешность более точного и приближенного методов по параметру пригодности слоя.

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

УДК 677.054.15

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СУММАРНОГО НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ НА ВХОДЕ ШЛИХТОВАЛЬНЫХ МАШИН

*В.В.ГУБИН, А.А. МАКАРОВ*

(ОАО "ВНИИЛТЕКМАШ",  
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Определение существующей на практике общей вытяжки и суммарного натяжения нитей основы, сматываемых с ткацкого навоя при шлихтовании основы проведено экспериментально на машине ШБЛ9-180ШЛ на Московском шелковом комбинате им. П.П. Щербакова.

Автоматическое управление суммарным натяжением нитей основы осуществлялось ленточным фрикционным тормозом с мембранным исполнительным механизмом с помощью системы автоматического регулирования натяжения нитей, разработанной ОАО "ВНИИЛТЕКМАШ".

Ручное управление суммарным натяжением нитей основы осуществлялось редуктором, который изменял давление сжатого воздуха, подаваемого в мембранные исполнительные механизмы ленточного тормоза. Для измерения суммарного натяжения нитей основы использовали устройство контроля суммарного натяжения нитей, входящее в состав разработанной системы автоматического регулирования.

Главные параметры основ, выбранные для экспериментального исследования общей вытяжки и суммарного натяжения нитей основы, приведены в табл 1.

Т а б л и ц а 1

Артикул основы	Количество нитей в основе, шт	Длина основы, м	Наименование сырья	Линейная плотность нитей, текс
45078	5526 + 4	1800	ацетатные комплексные нити	16,2

В каждую экспериментальную основу в процессе снования добавляли по четыре нити, которые после шлихтования отбирались для определения разрывного удлинения ошлихтованных нитей.

Запись суммарного натяжения нитей основы происходила с помощью самописца НЗ20-1 в течение всего процесса сматывания

ткацкого навоя в режимах как ручного, так и автоматического управления натяжением нитей в зоне ткацкий навой – отжимные валы.

Общую вытяжку контролировали двумя приборами Любимова.

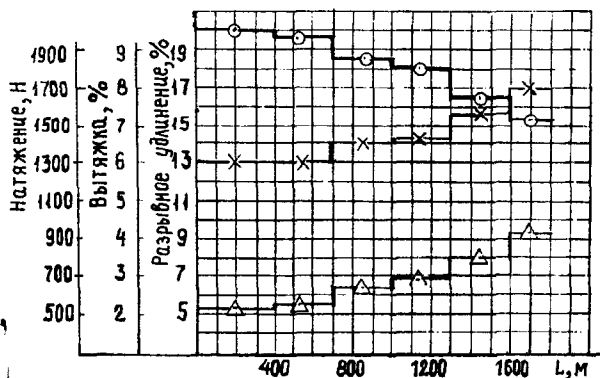


Рис. 1

Используя результаты экспериментальных исследований по 10 основам и их аппроксимацию прямолинейными отрезками, получили зависимости изменений суммарного натяжения нитей –  $\Delta$ , общей вытяжки –  $X$  и разрывного удлинения –  $\Theta$  по длине основ при ручном (рис. 1) и автоматическом (рис. 2) режимах управления натяжением.

Сопоставив результаты работы шлицевой машины с системой автоматического регулирования суммарного натяжения нитей и без нее, заключаем, что автоматическое управление натяжением по-

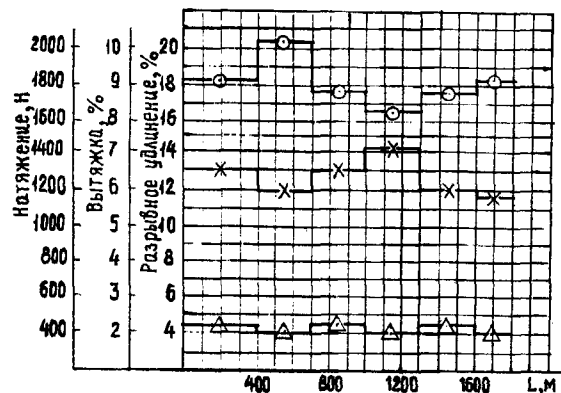


Рис. 2

зволяет стабилизировать суммарное натяжение нитей основы на заданном уровне, снизить общую вытяжку, повысить разрывное удлинение по сравнению с ручным управлением натяжением, а также уменьшить обрывность нитей основы в ткачестве в среднем на 10%.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 06.04.01.

УДК 382.4

## ВСТУПЛЕНИЕ РОССИЙСКИХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ВО ВСЕМИРНУЮ ТОРГОВУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ

*Н.К. ТЕМНОВА, А.А. РАДЗИНСКАЯ*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Всемирная Торговая Организация (ВТО) – преемница существовавшего с 1947 г. Генерального соглашения по тарифам и торговле (ГАТТ) – действует с 1 января 1995 г. ВТО призвана регулировать торгово-политические отношения участников организации в сфере международной торговли на основе пакета соглашений так называемого Уругвайского раунда многосторонних торговых переговоров.

Главная задача ВТО состоит в либерализации мировой торговли путем ее регу-

лирования преимущественно тарифными методами при последовательном сокращении уровня импортных пошлин, а также в устранении различных нетарифных барьеров, количественных ограничений и других препятствий в международном обмене товарами и услугами.

Все страны-члены ВТО принимают обязательство по выполнению порядка двадцати основных соглашений и юридических инструментов, объединенных тер-

мином «многосторонние торговые соглашения» (МТС).

Таким образом, ВТО – это своеобразный многосторонний контракт или пакет соглашений, нормами и правилами которого регулируется свыше 90% всей мировой торговли товарами и услугами.

В соответствии с установленной процедурой присоединения к ВТО Россия начала сложный, многоэтапный и достаточно длительный процесс по оформлению членства в этой влиятельной международной организации, что предусматривает подготовку и проведение многосторонних и двусторонних переговоров со странами-членами ВТО.

Главная задача России на переговорах – получение условий членства в ВТО, которые исключали бы ущемление ее прав в сфере международной торговли и обеспечили бы реальное улучшение доступа на мировые рынки товаров и услуг.

Присоединение к ВТО обусловлено задачами современной торговой политики России, направленными на эффективную интеграцию нашей страны в мировую экономику и международную торговлю и включающими получение лучших и недискриминационных условий доступа для российских товаров и услуг на зарубежные рынки; развитие экспортных возможностей страны и облагораживание структуры российского экспорта; обеспечение достаточной степени защищенности отечественных производителей в условиях разумно открытой экономики на основе применения норм и правил ВТО.

Основные преимущества участия России в ВТО следующие:

- создание более благоприятных недискриминационных, стабильных и предсказуемых условий для развития торговли и прочих форм внешнеэкономической деятельности;

- доступ к механизму ВТО по разрешению торговых споров, как весьма эффективному и практически единственному инструменту защиты торговых интересов стран-членов организации от их несправедливого ущемления;

- внедрение в российскую практику внешнеэкономической деятельности и соответствующее законодательство международного опыта в вопросах регулирования торговли на основе применения норм и правил ВТО.

Неоспоримым положительным эффектом от вступления в ВТО станет получение гораздо более благоприятных условий для развития экспорта.

Каждая из 135 стран-членов ВТО имеет недискриминационный по сравнению с другими участниками режим доступа товаров и услуг на рынки партнера, на которых действует национальный режим благоприятствования. Между тем, приблизительный ежегодный ущерб для российского экспорта от дискриминационных мер составляет 1,5...2 млрд. долларов. Ограничения введены по многим видам нашей готовой продукции, но в большей степени это относится к продукции текстильной и сталелитейной промышленности. Задержка со вступлением в ВТО будет означать консервацию положения России как экспортера сырья.

По мнению министра экономического развития и торговли РФ Г. Грефа Россия завершит процесс вступления в ВТО до конца 2001 г. Сроки приема нашей страны в ВТО зависят в основном от двух факторов, а именно: от переговоров по конкретным товарным позициям и совершенствования российского законодательства, что подразумевает большой объем работы над нормативными актами.

Логично предположить, что быстрое вступление России в ВТО позволит полностью удовлетворить рынок конечного потребителя товарами более высокого качества по более низким ценам. На фоне этого конкурентоспособность отечественных товаров вызывает сомнение, что ставит под угрозу российский деловой рынок товаропроизводителей.

По мнению научного руководителя Высшей школы экономики Е. Ясина ущерба отечественной промышленности нанесено не будет и Россия только выиграет от вступления в ВТО. Во-первых, из-за того, что российская промышленность сегодня

«питается» большим количеством импортных комплектующих и потому теряет от пошлин на ввозимую продукцию. Во-вторых, соотношение низкой цены и плохого качества, которое демонстрирует отечественная промышленность, не может предложить ни одна иностранная фирма, ибо дорожит своей репутацией.

Основная проблема, которую предвидят сторонники постепенного и многоэтапного вступления, – это защита отечественного рынка товаропроизводителей в текстильной и легкой промышленности, станкостроении и сельском хозяйстве от западных товаропроизводителей и товаров более высокого качества. За счет снижения тарифов на ввоз иностранные товаропроизводители смогут поставлять эти высококачественные товары на российский рынок по более низким ценам.

Мнение по поводу возможности закупки комплектующих западных фирм для производства отечественных товаров по более низким ценам разделяют не все отечественные производители. Основной проблемой остается нехватка средств на покупку вообще каких-либо комплектующих. Большая часть предприятий легкой промышленности работает сегодня в ос-

новном на бартер и «живых» средств получает очень мало. Работать же на бартер с западными товаропроизводителями не представляется возможным вследствие низкого качества отечественной продукции. Поэтому вопрос о целесообразности и сроках вступления России в ВТО остается проблемным до сегодняшнего дня. Кроме того, следует заметить, что процедура вступления в ВТО с каждым годом становится все более затруднительной и задержка может означать, что наша страна получит не самые выгодные условия.

В связи с этим Россия стоит перед выбором «золотой середины» по срокам вступления в ВТО, тем более, что по оценкам экспертов, нам потребуется около 25 лет на полномасштабную реструктуризацию экономики. Таким образом, вступление в ВТО может стать неким средством давления на правительство в отношении реструктуризации экономики и программы поддержки отечественного производителя.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 24.09.2001.

УДК 378.1

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*Н.В. ЕВСЕЕВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Происходящие в России экономические преобразования невозможны без решения проблемы повышения качества продукции и услуг, влияющих на уровень жизни общества в целом и каждого человека в отдельности. Для решения вопросов повышения качества продукции и обеспечения ее конкурентоспособности на отечественных предприятиях в последнее время стали разрабатываться и внедряться системы обеспечения качества, соответствующие МС ИСО серии 9000. Главная цель этих систем – обеспечение качества продукции,

необходимого заказчику с предоставлением ему доказательств в способности предприятия сделать это.

Внешним признаком того, имеется ли на предприятии система качества, является наличие сертификата на систему. О популярности стандартов ИСО серии 9000 свидетельствует и общая динамика сертификации систем качества на соответствие их требованиям.

В настоящее время накоплен большой опыт и методическое обеспечение функ-

ционирования систем качества на промышленных предприятиях.

Рыночные отношения, складывающиеся у нас в стране, коснулись и высшего образования. Сегодня рынок труда предъявляет все более жесткие требования к квалификации выпускника, к авторитету высшего учебного заведения, диплом которого выпускник предъявит работодателю. В связи с этим в некоторых вузах приступили к разработке систем обеспечения качества.

Учитывая особенности научно-образовательной деятельности, при выборе модели систем качества имеет смысл в большей степени ориентироваться на требования стандартов ИСО 9001 – «Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании», а в части предоставления услуг использовать рекомендации стандарта ИСО 9004-2 «Управление качеством и элементы системы качества» Часть 2. Руководящие указания по услугам.

**Создание системы общего руководства качеством**, отвечающей рекомендациям ИСО 9004, должно предшествовать созданию системы обеспечения качества, отвечающей перечню требований ИСО 9001. Такой подход базируется на дедуктивной методологии, когда решение проблемы идет от общего к частному.

Для формирования документов различного уровня системы обеспечения качества сначала следует разработать обобщающий документ, в котором дается общее описание системы и излагается политика в области качества. Такое описание предусматривается стандартом ИСО 9004-1 в виде «Руководства по качеству». Сама система обеспечения качества состоит из 20 элементов, охватывающих все виды деятельности предприятия или организации (разработки политики в области качества, установление и распределение ответственности, планирование деятельности по обеспечению качества научно-образовательной продукции, подготовка кадров, анализ эффективности системы качества и т.д.).

Основной документ «Руководство по качеству» предназначен не только для внутреннего пользования, но и для предоставления его заказчикам при заключении контракта и независимым экспертам при проверках СК с целью ее сертификации.

На наш взгляд, для внедрения системы качества в вузе необходимо осуществить следующее:

- назначить ответственного представителя руководства по качеству;
- создать управление стратегического развития, в состав которого войдет группа разработки и внедрения системы управления на основе качества;
- разработать иерархию документации системы качества вуза;
- разработать сборник методических рекомендаций по созданию и внедрению системы качества в вузе;
- создать руководство по качеству по каждому направлению деятельности.

При создании системы качества в вузе могут возникнуть такие методологические проблемы:

- отсутствие четкого понимания того, какую продукцию выпускает вуз;
- различные трактовки понятия «качество» и критериев его оценки;
- определение потребителей «продукции» вуза и выявление их требований;
- отсутствие стратегического планирования;
- формулирование руководством «политики» в области качества;
- корректное распределение обязанностей, полномочий и ответственности руководителей и персонала;
- вовлечение всех сотрудников и преподавателей в процесс разработки системы обеспечения качества.

## ВЫВОДЫ

Выявлены методологические проблемы и предложены основные этапы создания системы обеспечения качества образовательного процесса в вузе.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 01.06.01.

## НУЖНАЯ И СВОЕВРЕМЕННАЯ КНИГА\*

В.М. ЧЕСУНОВ

(Московский государственный университет дизайна и технологии)

Энергетический кризис, являющийся одной из острых проблем современности, обуславливает необходимость экономии топливно-энергетических ресурсов в любой стране и, естественно, в России.

Далеко не всем известно, что до 15% затрат всей энергии в промышленности приходится на долю сушильно-термических процессов. Так, сушка – не только самый энергоемкий, но и самый распространенный технологический процесс во всех отраслях промышленности, включая текстильную и легкую. Среди материалов, подлежащих сушке, более 80% дисперсные материалы, в том числе волокнообразующие полимеры, текстильно-вспомогательные вещества, полупродукты и красители.

Наиболее эффективным методом сушки дисперсных материалов является сушка в активных гидродинамических режимах, особенно в закрученных потоках, позволяющих совместить сушку с улавливанием высушенного продукта. И хотя по гидродинамике и сушке в закрученных потоках существуют многочисленные исследования, до настоящего времени публикаций, касающихся этого вопроса, еще не было. В связи с этим выход в свет монографии «Сушка в закрученных потоках» авторов В.Б. Сажина и М.Б. Сажиной весьма важен и своевременен.

В монографии на высоком научном уровне детально освещены вопросы гидродинамики однофазных и двухфазных закрученных потоков, кинетики сушки дисперсных материалов, а также вопросы энергетического анализа работы и повышения экологической чистоты сушильных установок.

Большое внимание в книге уделено проблеме получения, расчета и классификации характеристик влажных материалов как объектов сушки. Подробно рассмотрены формы связи влаги с материалами, термограммы и энергограммы сушки, сорбционно-структурные и термические характеристики дисперсных материалов. Приведены и проанализированы результаты, полученные авторами книги, а также и другими исследователями. Применительно к сушке в закрученных потоках такой анализ проведен впервые.

Учитывая преимущества безуносных сушилок, детально рассмотрены модели гидродинамики (включая вопросы структуры потоков и гидравлического сопротивления) безуносных и комбинированных сушилок с закрученными потоками.

Комплексный анализ материалов как объектов сушки, которому авторы уделили значительное внимание, в сочетании с анализом особенностей и возможностей различных режимов закрученных потоков по-

\* Сажин В.Б., Сажина М.Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические решения (научные редакторы проф. Б.С. Сажин и проф. В.А. Углов). – М., 2001.

зволяет определить область рационального применения того или иного режима и дать соответствующие технические рекомендации по аппаратно-технологическому оформлению сушилки и сушильной установки для каждого конкретного материала исходя из набора эффективных типовых решений.

Большое внимание в монографии уделено эксергетическому анализу работы сушилок и сушильных установок, а также вопросам термоэкономической оптимизации на базе эксергетического анализа.

Ценным является разработка и изложение инженерных методов расчета сушилок.

Специальная глава посвящена выбору типового аппарата и определению рационального состава сушильной установки, в том числе выбору и расчету пылеуловителей. Вместе с тем, раздел, где рассматриваются пылеуловители, желательнее было

бы расширить, а также более детально рассмотреть вихревые пылеуловители, особенно высокоэффективные пылеуловители со встречными закрученными потоками (ВЗП), разработанные в МГТУ им. А.Н. Косыгина.

В целом книга обобщает большой комплекс теоретических, экспериментальных и прикладных исследований в области сушки в закрученных потоках и предназначена как для исследователей, так и для практических работников, а также для студентов технических вузов. Она, несомненно, будет полезна студентам и аспирантам, специализирующимся в области процессов и аппаратов химической, текстильной и легкой промышленности.

Поступила 01.06.01.

---



**КУДРЯВИН ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

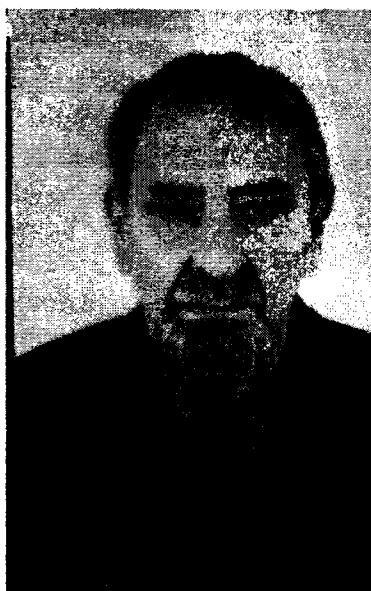
(к 70 - летию со дня рождения)

19 августа 2001 года исполнилось 70 лет доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой технологии трикотажного производства Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, академику Международной академии наук высшей школы Кудрявину Льву Александровичу.

В 1954 г. Лев Александрович с отличием окончил Московский текстильный институт и до 1960 г. работал на Тушинской чулочной фабрике, одной из крупнейших трикотажных фабрик в отрасли.

В 1960 г. Л.А. Кудрявин поступает в аспирантуру МТИ и в 1964 г. защищает кандидатскую диссертацию, а в 1975 г. – докторскую. В 1978 г. Льва Александровича утверждают в ученое звание профессора. С 1984 г. он заведует кафедрой технологии трикотажного производства, а в 1992 г. ему присваивается почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации».

В течение 40 лет Лев Александрович активно занимается учебно-педагогической и научной деятельностью. Под его руководством на возглавляемой им кафедре плодотворно работает научно-педагогическая школа подготовки высококвалифицированных специалистов-технологов для текстильной промышленности.



Л.А. Кудрявиным написано и издано 9 учебников и учебных пособий для студентов вузов текстильного профиля общим объемом более 200 печатных листов, которые получили широкое признание не только у нас в стране, но и за рубежом. В частности, «Лабораторный практикум по технологии трикотажного производства», созданный Л.А. Кудрявиным совместно с коллективом кафедры и под его редакцией, выдержал первое и второе издания, а также издан и на английском языке.

Проф. Л.А. Кудрявин инициатор открытия подготовки специалистов по новым специальностям и специализациям. Им создан новый профилирующий курс по компьютерным методам проектирования и технологической подготовке трикотажного производства, открыта подготовка специалистов-технологов по специализации «САПР технологической подготовки трикотажного производства».

Лев Александрович активно внедряет новые прогрессивные формы обучения студентов в тесном содружестве с текстильной промышленностью. При возглавляемой им кафедре созданы и успешно работают три филиала на текстильных предприятиях, внедряются современные методы активного обучения студентов.

Проф. Л.А. Кудрявин – крупный уче-

ный в области текстильной технологии, основоположник создания новой высокоэффективной технологии изготовления безузловых рыболовных сетематериалов. Его научные разработки нашли применение на Выборгской сетевязальной фабрике, для чего были специально закуплены машины в ФРГ. АО «Касимовсеть» по технологии Льва Александровича в настоящее время выпускает стеклосети для подложек солнечных батарей космических аппаратов.

Львом Александровичем выполнены новые разработки уникальных металлических сетематериалов для высокочастотных систем космической связи в виде гибких высокоэластичных отражательных поверхностей раскладывающихся антенн.

Под его руководством в технологических лабораториях МГТУ им. А. Н. Косыгина в 1996 г. создано и успешно работает опытное производство, выпускающее по заказам промышленности эти материалы для систем спутниковой связи.

Результаты научных исследований Л.А. Кудрявина отражены в 108 статьях и 82 авторских свидетельствах и патентах. Им подготовлено 25 кандидатов технических наук.

Лев Александрович неоднократно принимал участие в международных научных конференциях и симпозиумах по тек-

стильной технологии, выступал с докладами и читал лекции в вузах Германии, Польши, Венгрии, Болгарии. Он является членом диссертационных советов, членом экспертного совета ВАК России по химии.

За выдающиеся успехи в научной и педагогической деятельности проф. Л.А. Кудрявин награжден орденом «Знак Почета», медалями, нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», многими почетными грамотами и дипломами. В 2001 г. проф. Л.А.Кудрявин избран академиком Международной академии наук высшей школы.

Сегодня Лев Александрович находится в расцвете творческих сил, он полон идей, замыслов и всегда на пути к новым разработкам и свершениям. Его отличают умение увидеть перспективность развития и способность увлечь за собой коллектив.

Ректорат Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, деканат и коллектив кафедры технологии трикотажного производства сердечно поздравляют видного ученого, талантливого педагога, требовательного и внимательного коллегу с 70 - летием.

Желаем Вам, уважаемый Лев Александрович, крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов, удачи во всех делах, благополучия, радости и счастья.

**Ректорат, деканат механико-технологического факультета и кафедра технологии трикотажного производства МГТУ им. А.Н. Косыгина.**

**Редколлегия и редакция журнала «Технология текстильной промышленности»**

**К 60-ЛЕТИЮ НИКОЛАЯ ИВАНОВИЧА МАКСИМОВА**

24 октября 2001 года исполнилось 60 лет со дня рождения и 30 лет научной и учебно-педагогической деятельности первому проректору – проректору по учебной работе Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, члену-корреспонденту Петровской академии наук и искусств, профессору Николаю Ивановичу Максиму.



Родился Николай Иванович в д. Субботино Суздальского района Владимирской области. В 1960 г. он с отличием окончил Ивановский химико-технологический техникум и работал на Барнаульском хлопчатобумажном комбинате слесарем, а затем мастером ремонтно-механического цеха. В 1963 г. Николай Иванович поступил на учебу в Московский текстильный институт, который закончил с отличием и был рекомендован в аспирантуру. В 1973 г. он защищает диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Исследование процесса стрижки ворса ткани и расчет стригальных аппаратов», а с 1970 г. работает на кафедре проектирования машин для производства химических волокон и красильно-отделочного оборудования ассистентом, старшим преподавателем, доцентом и профессором.

В 1977 г. Н.И. Максимов назначается на должность проректора по учебной работе Московского текстильного института, в 1987 г. он переведен на должность первого

проректора – проректора по учебной работе, заместителя председателя совета учебно-методического объединения по образованию в области текстильной промышленности.

Н.И. Максимов имеет большой опыт организации учебного процесса, научно-методической работы. Под его руководством разрабатывались квалификационные характеристики специалистов, типовые учебные планы и типовые программы специальных дисциплин. По инициативе Николая Ивановича разработаны образовательные программы подготовки инженеров из выпускников техникумов в сокращенные сроки, а с 1990 г. в нашем вузе в порядке эксперимента начата их реализация. Опыт создания и реализации сокращенных образовательных программ по подготовке инженеров для текстильной промышленности в 2000 г. был положен в основу соответствующих нормативных документов Минобразования России.

Под руководством Н.И. Максимова в 1991 г. в вузе в порядке эксперимента начата разработка и реализация многоуровневой системы подготовки специалистов (бакалавр, инженер, магистр). Им также проделана большая работа по созданию государственных образовательных стандартов, примерных учебных планов и другой нормативно-методической документации.

С 1997 г. Н.И. Максимов возглавляет Президиум координационного совета учебно-методических объединений и на-

учно-методических советов Минобразования России. Под его руководством разработаны принципы классификации направлений подготовки и специальностей, реализованные в настоящее время в образовательной области «Техника и технология», новая структура государственных образовательных стандартов и основных образовательных программ, ряд нормативных документов, регламентирующих работу государственно-общественных объединений в системе высшего образования.

Как заместитель председателя совета УМО по образованию в области технологии и проектирования текстильных изделий Николай Иванович проводит большую работу по координации деятельности в области методической работы родственных высших учебных заведений, изданию с соответствующим грифом учебников и учебных пособий, повышению квалификации преподавателей текстильных дисциплин.

Н.И. Максимов – квалифицированный преподаватель. Им разработан и успешно читается новый курс «Динамика красильно-отделочных машин» для инженеров и магистров, опубликовано более 100 научных и научно-методических работ. Многие из них посвящены проблемам высшего профессионального образования (например, «Концепция и методическое обеспечение разработки государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования второго поколения». – М., Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1999.; «Преемственность образовательных профессиональных программ» (в соавторстве). – НИИ ВО, 2000).

Проф. Н.И. Максимов полон творческой энергии и продолжает вести научные исследования в области создания методов

расчета наиболее ответственных узлов отделочных машин.

Свою плодотворную административную, научную и педагогическую деятельность Н.И. Максимов всегда сочетал и сочетает с большой общественной работой. Он – член ученых советов Научно-исследовательского института высшего образования, Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов, член-корреспондент Петровской академии наук и искусств.

За многолетнюю работу по подготовке специалистов для текстильной и смежных с ней отраслей промышленности Н.И. Максимов награжден правительственными наградами: орденами «Знак Почета», Трудового Красного Знамени, Дружбы народов, медалями «За доблестный труд», «В память 850-летия Москвы». В 1998 г. Н.И. Максимов награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования».

Проф. Н.И. Максимов не только видный ученый, талантливый педагог, хороший организатор, руководитель и воспитатель, пользующийся большим уважением товарищей, коллег и учеников, – в нем сочетаются трудолюбие, желание помочь тем, кто к нему обращается за советом, а также высокая принципиальность, требовательность к себе и другим, нетерпимость к недостаткам.

Поздравляем Николая Ивановича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, долгих и плодотворных лет работы, новых творческих успехов в научных исследованиях, в деле подготовки высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства России.

**Ректорат Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина.**

**Редакция и редколлегия журнала «Технология текстильной промышленности».**

СОДЕРЖАНИЕ

**Текстильное материаловедение**

<i>Коробов Н.А., Буторина Н.В., Власова Е.Н., Коробова В.Ф., Гусев Б.Н.</i> Компьютерное измерение показателей ворсистости пряжи. . . . .	3
<i>Таточенко И.М., Давыдов А.Ф.</i> Определение типового пакета одежды для исследования электрических свойств изделий. . . . .	7
<i>Толмачев А.В., Родионов В.А., Мосягина О.В.</i> Исследование влияния вторичной скрученности и поверхностно-активных веществ на отдельные свойства полипропиленовой крученой пряжи. . . . .	10

**Первичная обработка. Сырье**

<i>Латишин А.Б., Пашин Е.Л.</i> Вывод определяющих соотношений для процесса взаимодействия льняного сырца с рабочей кромкой била при трепании. . . . .	13
--	----

**Прядение**

<i>Ларин И.Ю., Паринов М.А., Посылина Е.А., Рыбин В.Э., Воронина Е.Р.</i> Изучение влияния механических свойств волокон на изменение крутки пряжи при пневмомеханическом способе прядения. . . . .	18
<i>Павлов К.Ю.</i> Общие основы классификации и проектирования неподвижных вьюрков. . . . .	22

**Ткачество**

<i>Кулида Н.А.</i> Систематизация параметров и характеристик нитенатяжных приборов. . . . .	25
<i>Васильева Е.Г.</i> Влияние усилия пружины на работу усовершенствованного зевообразовательного механизма. . . . .	30

**Отделка**

<i>Козлова О.В., Пряжников В.Г., Одинцова О.И., Смирнова О.К., Мельников Б.Н.</i> Эффективная технология мерсеризации хлопчатобумажных тканей. . . . .	33
<i>Владимирова Т.В., Гришина Е.П.</i> Выбор способа глубокой очистки сточных вод текстильных фабрик от анионных поверхностно-активных веществ. . . . .	36

**Технология нетканых материалов**

<i>Кахраманов Ф.Р., Фролов В.Д., Сапрыкин Д.Н., Курач С.И., Вавилов Е.Г.</i> Технологические условия очистки хлопковой смеси в транспортных воздуховодах. . . . .	40
<i>Горчакова В.М., Баталенкова В.А., Измайлов Б.А.</i> Исследование влияния кремнийорганического модификатора на свойства волокон и нетканых материалов при аутогезионном скреплении. . . . .	44

**Трикотажное производство**

<i>Мальшев А.П., Томилин А.И.</i> Соударение клина с пяткой трикотажной иглы, соприкасающейся с игольницей. . . . .	48
---	----

**Швейное производство**

<i>Любимова Ю.В., Кузьмичев В.Е.</i> Разработка нового способа определения упругоэластических свойств клеевых соединений в одежде. . . . .	52
--	----

## Текстильные машины и аппараты

<i>Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Сакалов М.А., Арутюнян К.А., Свешникова Л.А.</i> О влиянии формы поверхности на натяжение нити. . . . .	56
<i>Лушников С.В.</i> Синтез шестизвенного рычажного механизма, образованного последовательным соединением двух четырехзвенников. . . . .	60
<i>Букалов Г.К.</i> Математическая модель изнашивания тормозных дисков натяжных грузовых приборов (НГП) с учетом периодической неровноты пряжи. . . . .	64

## Автоматизация технологических процессов

<i>Тимохин А.Н.</i> Регулирование объектов с переменным запаздыванием. . . . .	69
<i>Петров А.В.</i> Анализ механизмов обнаружения шва ткани. . . . .	73

## Экология и промтеплоэнергетика

<i>Герасимов М.Н., Махов О.Н.</i> Исследование механизма и кинетики пропитки водой тканей из природных целлюлозных волокон. . . . .	77
<i>Корнюхин И.П., Жмакин Л.И., Козырев И.В.</i> Тепловой баланс секции сушильной машины. Система уравнений. . . . .	83

## Информационные технологии

<i>Калинин Е.Н.</i> Модель передаточной функции линейной стационарной системы валковое устройство – текстильный материал. . . . .	89
<i>Садовский В.В., Козлов А.В.</i> Разработка оптического метода для исследования структурных показателей при деформации трикотажного полотна. . . . .	92

## Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Лапшин А.Б.</i> Определение оптимального положения слоя стеблей относительно зажимных конвейеров трепальной машины. . . . .	96
<i>Губин В.В., Макаров А.А.</i> Исследование эффективности работы системы автоматического регулирования суммарного натяжения нитей основы на входе шлихтовальных машин. . . . .	98
<i>Темнова Н.К., Радзинская А.А.</i> Вступление российских товаропроизводителей во Всемирную Торговую Организацию. . . . .	99
<i>Евсеева Н.В.</i> Направления разработки Системы обеспечения качества образования в техническом вузе. . . . .	101
<i>Чесунов В.М.</i> Нужная и своевременная книга. . . . .	103
Кудрявин Лев Александрович (к 70-летию со дня рождения). . . . .	105
К 60-летию Николая Ивановича Максимова. . . . .	107