

Министерство образования и науки
Российской Федерации

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 5 (326)
2010**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ.*

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

Члены редколлегии: *В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, В.Н. БЛИНИЧЕВ, А.П. БОЛОТНЫЙ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.А. ГУСЕВ, В.М. ЗАРУБИН, В.В. ЗРЮКИН, В.В. ИСАЕВ, Е.Н. КАЛИНИН, С.М. КИРЮХИН, А.М. КИСЕЛЕВ, М.В. КИСЕЛЕВ, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Н.А. КУЛИДА, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Н.И. МАКСИМОВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, А.Н. МОГИЛЬНЫЙ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Г. РЕПИН, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, П.Н. РУДОВСКИЙ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, М.И. СЕМИН, Н.А. СМИРНОВА, А.П. СОРКИН, Ф.Ю. ТЕЛЕГИН, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Л. УШАКОВА, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.П. ЩЕРБАКОВ, С.С. ЮХИН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

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

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

E-mail: ttp@igta.ru

<http://www.igta.ru>

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.07.2010. Подписано в печать 31.07.2010. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 16,74 усл.-печ. л.; 16,99 усл. кр.-отт. Заказ 1093.

Тираж 450 экз.

ОАО "Ивановская областная типография"

153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.

E-mail: 091-018@rambler.ru

УДК 658.5:677

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ЛЬНЯНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
– ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВЫХОДА ИХ ИЗ КРИЗИСА**

Е.Ю. ТИХОНОВА, Н.Д. ПАНТЕЛЕЕВА

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

На примере прядильной фабрики ООО "БКЛМ-Актив" рассмотрено техническое перевооружение производства. Для этого разработан инвестиционный проект ее реконструкции, предложена замена морально и физически устаревшего оборудования отечественного производства на иностранное оборудование без уменьшения объемов выпуска продукции.

On an example of the spinning mill "BKLM-ACTIVE" Open Company the production modernisation is considered, the investment project of its reconstruction is developed, the change of morally and physically obsolete equipment of a domestic production on the foreign equipment without output reduction is offered.

Ключевые слова: лен, техническое перевооружение, прядильная фабрика, инвестиционный проект.

На протяжении нескольких столетий Россия традиционно являлась крупнейшим мировым производителем и экспортером льноволокна и льняных тканей.

В XX веке страна экспортировала 85% объема валового сбора льна в виде волокна в страны Европы и Азии.

Экономический кризис в России 90-х годов XX века отразился на льняной промышленности: производство льняных тканей снизилось с 500 млн. м² (1985 г.) до 133 млн. м² [1]. Выращивание льна в России стало убыточным. Доля России в мировом производстве льна в настоящее время составляет всего 12%. Сократив объемы выработки льноволокна до минимума, а следовательно, и производство продукции из него, страна потеряла свое моно-

польное положение на мировом рынке льна, занимая сейчас третье место после Китая и Турции [1]. Многие специалисты предрекали льну гибель в конкурентной борьбе с новыми, проще перерабатываемыми волокнами. Но практика показывает, что производство льняных тканей возросло. При этом сочетание льна с новыми видами волокон позволяет путем применения новой, менее дорогостоящей, технологии обеспечить более высокие потребительские свойства тканей.

С принятием новой федеральной целевой программы "Развитие льняного комплекса России на 1996-2001 гг." [1] началось постепенное возрождение льняного комплекса страны, который в данное время представляет собой многопрофильный

конкурентоспособный сектор, организационно и технологически способный производить современный ассортимент продукции из льна в соответствии с требованиями и вкусами потребителей. Широкое применение льна в различных отраслях промышленности повышает экономическую безопасность страны за счет импортозамещения хлопкового волокна, готовой продукции стратегического и специального назначения.

На очереди создание мембранных тканей, которые будут самостоятельно следить не только за состоянием тела человека, но и удалять с его кожи продукты жизнедеятельности, поддерживать гигиену тела, что особенно важно при длительных полетах в космосе, в условиях ограниченных пространств подводных лодок или арктических станций.

Восстановление льняной отрасли невозможно без технического перевооружения действующих производств. Для решения этой проблемы нами был выбран инвестиционный проект для крупнейшего и старейшего производства в отрасли – ООО "БКЛМ-Актив" [2], [3]. Цель его разработки – замена устаревшего оборудования отечественного производства на иностранное оборудование без уменьшения объемов выпуска продукции.

В настоящее время для ООО "БКЛМ-Актив" наиболее выгодным является реализация пряж Б 56 ВЛ, Б 50 СрЛ, Б 56 ОО, Б 68 ВО для тканей бельевого и костюмно-плательного ассортимента. На комбинате для производства этих пряж будет установлено оборудование фирмы Мекки производства КНР и Шлюмберже производства Франции. Выбранное оборудование, обладающее высокой производительностью и выпускающее качественный полуфабрикат, позволит установить на машины Ч-302-Л автораскладчики АР-500-ЛЗ, от которых отказались из-за повышенной неровноты выпускаемой ленты. Установка станет возможной благодаря высокой выравнивающей способности импортного оборудования. Введение дополнительного перехода позволит с помощью

гребнечесальных машин выработать тонкую оческовую пряжу из сырья низких номеров, что также принесет дополнительную прибыль предприятию. Пряжа будет иметь меньший коэффициент вариации по линейной плотности, следовательно, и большую разрывную нагрузку. Это позволит повысить сорт пряжи и ее можно будет продавать по более высокой цене. При расчете инвестиционного проекта предприятию были рекомендованы смеси для выработки пряж.

В результате реализации инвестиционного проекта произойдет увеличение средней нормы производительности оборудования на 19% за счет применения нового, более скоростного оборудования, что позволит увеличить объем выпуска пряжи на 40,1%, или на 1096 тонн в год.

После реконструкции прядильной фабрики численность рабочих мест уменьшится на 9,4%, а средняя заработная плата одного рабочего увеличится на 5,8%.

В финансовом плане на основе расчетов обезличенной и сортовой калькуляции определена производственная и полная себестоимость всего ассортимента планируемой к выпуску продукции. В результате реконструкции прядильного производства стоимость обработки пряжи снизится на 6,4%, или на 4,1 тыс. руб. за 1000 кг пряжи в год.

Кроме того, определен запас финансовой прочности, или подушка безопасности, которая показывает, насколько можно сокращать производство продукции, не имея при этом убытков, при различной норме прибыльности проекта, принятой по среднестатистическим данным реализации льняной пряжи в России. При норме прибыли 5% он составил 17%, при 12,5% – 34%, а при 20% – 45%. Также определен критический объем выпуска продукции при различной прибыли: при 5% – 361,3 млн. руб., при 12,5% – 308,3 млн. руб., а при 20% – 273,2 млн. руб.

Общие инвестиционные издержки, связанные с приобретением нового оборудования, составляют 6415 млн. руб.

Срок окупаемости проекта определялся исходя из нормы прибыльности проекта. Он составил: при норме прибыли 5% срок окупаемости 5,4 года, при 12,5 % – 4,5 года, а при 20 % – 3,8 года.

ВЫВОДЫ

Показано, что актуальное сегодня техническое перевооружение производства будет способствовать возрождению льняных предприятий и выходу их из кризиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванова В.Н.* Состояние. Проблемы и перспективы развития льняного комплекса России // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №3. С.32...38.
2. *Бородина Н.С.* Разработка основных разделов бизнес-плана прядильной фабрики: Методические указания. – КГТУ, 2004.
3. *Бородина Н.С., Каравайков В.М., Подкопаева Н.Р.* Методика оценки эффективности инвестиционных проектов. – КГТУ, 2006.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 04.06.10.

УДК 677.074.027:621.793

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ
НА ПОВЕРХНОСТИ ТКАНЕЙ**

Т.А. ЧЕБУНЬКИНА, И.В. ЗЕМЛЯКОВА, В.А. ГУСЕВ, М.С. БУРОВ

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: math@kstu.edu.ru

Статья посвящена имитационному моделированию характера расположения металлических частиц на поверхности ткани. Новизна разработанной имитационной модели заключается в возможности исследования характера расположения металлических частиц при изменении условий напыления.

The article is devoted to the imitative modelling of the metallic particles arrangement character on a fabric surface. The novelty of the developed imitative model consists in the possibility of the research of the metallic particles arrangement character at the spraying conditions change.

Ключевые слова: металлизация тканей, заключительная отделка, электродуговая металлизация, имитационное моделирование процесса металлизации, нанесение на ткань равномерного металлизированного слоя.

Одним из основных направлений развития текстильной промышленности России является расширение ассортимента текстильных материалов и улучшение их качества, а применение различных видов заключительной отделки тканей – один из способов достижения данной цели.

В настоящее время отмечается повышенный спрос на металлизированные текстильные материалы, которые обладают хорошими декоративными, теплоотражающими, экранирующими и радиомаскирующими свойствами. Существует большое число способов получения металлизированных текстильных изделий: использование в качестве металлизированных ни-

тей (алюнит, люрекс, ламе, метлон, металлик, фертекс, метанит); окрашивание тканей металлическими красками; химическая и вакуумная металлизация; напыление расплавленного металла потоком сжатого воздуха или другого газа.

На ткань обычно наносят покрытия из металлов невысокой тугоплавкости (олова, свинца, цинка и алюминия). Для напыления этих металлов хорошо подходят электродуговые металлизаторы. Они широко применяются в промышленности, но, несмотря на высокую производительность, для получения металлизированных тканей используются крайне редко.

Изменяя параметры металлизации и учитывая строение металловоздушного факела, на ткани можно получать различное расположение металлизированных полос, получая тем самым разнообразные варианты оформления тканей.

Желательно до выработки металлизированной ткани зрительно оценить характер расположения частиц на ткани и подобрать параметры процесса металлизации так, чтобы при заданном режиме получить металлизированную ткань с определенными заданными характеристиками. В связи с этим возникла необходимость построить имитационную модель, позволяющую осуществлять визуализацию различных рисунков расположения частиц на ткани в зависимости от параметров, характеризующих условия напыления покрытий.

Входными данными для модели являются параметры металлизации: производительность электродугового металлизатора, расстояние напыления, угол разлета частиц, скорость металлизатора, скорость продвижения ткани, диаметр и длина барабана. Выходные данные программного комплекса: графическое представление моделируемой ткани и расчет показателей, характеризующих результат процесса металлизации: число напыленных полос за минуту, сдвиг полосы, ширина полосы, угол наклона полос, масса металла, напыленного за один проход металлизатора.

Представленная модель распределения металлизированных полос на ткани дает общую картину расположения частиц по всей ширине ткани, и предусмотрена возможность просмотра результата моделирования на элементарном участке ткани в натуральную величину.

Рассмотрим один из способов нанесения металлического слоя на ткань, при котором ткань неподвижна, металлизатор перемещается вдоль поверхности ткани, на которой образуется металлический слой, ограниченный сверху цилиндрической поверхностью. Направляющей рассматриваемой цилиндрической поверхности является экспоненциальная кривая вида:

$$\left. \begin{aligned} z &= Ae^{r(y-y_0)^2} \\ x &= x_0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

С помощью параллельного переноса она приводится к виду:

$$\left. \begin{aligned} z &= Ae^{ry^2} \\ x &= x_0 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

а образующие цилиндрической поверхности – прямые параллельные оси абсцисс (рис. 1 – цилиндрическая поверхность; образующие параллельны оси Ox ; направляющая – экспоненциальная кривая). Проекцией этой цилиндрической поверхности на плоскость Oxy будет полоса, ширина которой численно равна диаметру пятна напыления.

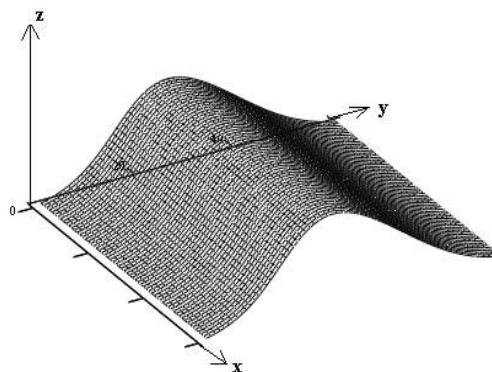


Рис. 1

На практике наиболее востребованы ткани с равномерным металлизированным покрытием, а плотность частиц по сечению металловоздушной струи неодинакова и ближе к периферии снижается. В связи с этим необходимо осуществить подачу ткани на величину s таким образом, чтобы перекрытие полос обеспечило получение на ткани равномерного металлического слоя.

Для определения величины сдвига, при котором на ткани образуется равномерный металлический слой, рассмотрена сумма n функций:

$$F(y) = Ae^{ry^2} + Ae^{r(y-s)^2} + Ae^{r(y-2s)^2} + \dots + Ae^{r(y-ns)^2}. \quad (3)$$

Число n зависит от ширины образца, а также от величины сдвига. Каждое слагаемое представляет собой функцию, заданную на отрезке, длина которого равна диаметру пятна напыления. Для получения на ткани равномерного слоя необходимо добиться того, чтобы значение функции $F(y) \approx \text{const}$, причем эта константа должна равняться требуемой толщине металлического слоя на ткани. Параметры A и r для каждого металлизатора и режима напыления определяются экспериментально.

На рис. 2 приведено графическое изображение суммы экспоненциальных функций.

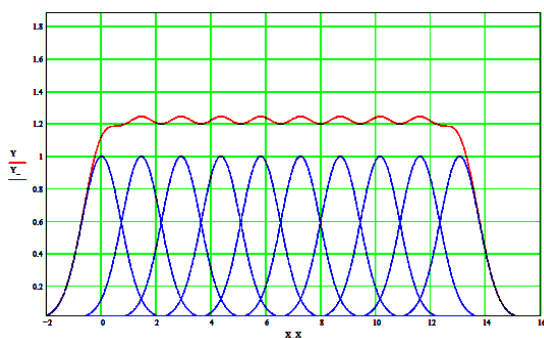


Рис. 2

Таким образом, для получения на ткани равномерного металлического слоя необходимо следующее.

1. Экспериментально определить значения параметров A , m экспоненциальной

функции $z = Ae^{ry^2}$, ограничивающей сверху сечение металлического слоя вдоль нити основы.

2. С помощью компьютерной программы подобрать величину s таким образом, чтобы результат суммирования n экспоненциальных функций был максимально приближен к постоянной величине.

3. Визуально оценить характер расположения металлических частиц на ткани с помощью имитационной модели.

ВЫВОДЫ

1. Разработана программа, моделирующая распределение металлизированных полос по поверхности ткани вдоль всей ширины ткани и на элементе ткани в натуральную величину для различных параметров режима работы электрометаллизатора. Программа позволяет получить ряд показателей, характеризующих результат моделирования процесса электродуговой металлизации для заданного режима.

2. Предложена методика, позволяющая определить величину сдвига экспоненциальной функции так, чтобы при прочих равных условиях на ткань был нанесен равномерный металлический слой.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 04.06.10.

УДК 677.1.075.001.57

ИССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОДЕЖДЫ ИЗ ЛЬНЯНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН*

Л.Л. ЧАГИНА, Н.А. СМИРНОВА, А.В. ВЕРШИННИНА

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

В статье обоснована необходимость оценки деформационных свойств льняных трикотажных полотен с учетом вынужденной эластичности. Предложена градация льняных трикотажных полотен по степени растяжимости.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 09-08-99060)

The necessity of the estimation of linen knitted fabrics deformation properties taking into account the compelled elasticity is proved in the article. The gradation of linen knitted fabrics on extensibility degree is offered.

Ключевые слова: льняной трикотаж, деформационные свойства, вынужденная эластичность, группа растяжимости, конструктивная прибавка.

Проведенные маркетинговые исследования показали, что частой причиной отказа от приобретения изделий из льняного трикотажа потребители называют нестабильность структуры полотна. Воздействие эксплуатационных факторов приводит к значительному ухудшению внешнего вида изделий, что сокращает срок службы при сохранении высоких прочностных свойств. Характеристики, получаемые при приложении нагрузок, меньше разрывных, дают возможность судить о поведении трикотажа при изготовлении изделий и в процессе эксплуатации. Наиболее ценными для трикотажных полотен являются характеристики растяжимости, которые учитывают при разработке конструкций

изделий из трикотажных полотен для определения величин конструктивных прибавок и пределов заужения [1...3].

С целью разработки рекомендаций по учету деформационных свойств при проектировании изделий на плоскофанговых машинах при неизменных условиях петлеобразования выработаны более 40 льняных трикотажных полотен различных переплетений. Исследование и определение растяжимости, обратимой и остаточной деформации при растяжении проводилось по стандартной методике при нагрузке 6 Н [3]. Характеристика и результаты испытаний некоторых из исследованных материалов представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер образца	Внешний вид образца	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м ²	Растяжимость при нагрузках меньше разрывных, %		Обратимая деформация при растяжении, %		Необратимая деформация при растяжении, %	
				по длине	по ширине	по длине	по ширине	по длине	по ширине
1		гладь	250	27	46	70	61	30	39
2		одинарное пресовое рисунчатое	352	43	38	54	70	46	30
3		одинарное ажурное	376	60	48	58	43	42	57
4		двойное комбинированное пресовое	446	29	47	63	42,5	37	57,5
5		комбинированное неполное пресовое	343	28	57	72	62	28	38
6		ластик 1+1	480	30	90	49	20	51	80
7		одинарный полуфанг	172	55	32	60	68	40	32
8		одинарное ажурное	228	69	41	63	59	37	41
9		одинарное ажурное	230	43	48	71	73	29	27
10		комбинированный репс	456	31	75	83	81	17	19
11		двойное комбинированное пресовое	316	48	40	76	62	24	38

Растяжимость льняных трикотажных полотен изменяется в пределах от 30 до 90% по ширине и от 31 до 70% по длине. При этом максимальная растяжимость наблюдается в большинстве случаев по ширине полотен. Практически все из исследуемых полотен попадают во вторую группу растяжимости (принятую для проектирования трикотажных изделий), для которой допустима нулевая минимальная величина конструктивной прибавки по груди [1], [2]. Проведенная опытная носка плечевых изделий из льняного трикотажа показала, что для льняных полотен с растяжимостью по ширине менее 60...70% нулевая прибавка недостаточна, поскольку

не обеспечивает комфортных условий носки. Это обусловлено специфическими свойствами льняного трикотажа: повышенной жесткостью и малой пластичностью. Для льняных трикотажных полотен предложена градация по степени растяжимости (табл. 2) и определены минимальные значения конструктивных прибавок для каждой группы. Проведенная параллельно работа по выработке льняных трикотажных полотен с эластичными нитями (результаты которой в данной статье не приведены) позволила выделить четвертую группу с растяжимостью более 100%.

Таблица 2

Группа растяжимости	Растяжимость полотна, %	Рекомендуемая величина прибавки
		P_{\min} , см
Малорастяжимые	20...40	3...4
Среднерастяжимые	40...70	1...2
Растяжимые	70...100	0
Высокорастяжимые	Свыше 100	отрицательная

Величина обратимой деформации при растяжении льняных трикотажных полотен изменяется от 20 до 83%. Наибольшей возможностью сохранения формы изделия обладают полотна переплетения комбинированный репс. Полученные экспериментальные данные подтверждают, что льняные трикотажные полотна обладают низкими упругими свойствами. Однако рассчитанные значения необратимой деформации (от 17 до 80%) обусловили необходимость дальнейшей проверки и сопоставления с результатами опытной носки. После носки измеряли основные размеры из-

делий по длине и ширине. Результаты сравнительных испытаний показали, что величины необратимой деформации, полученные по стандартной методике, значительно превышают показатели опытной носки, что обусловлено влиянием влаги, которой подвергаются изделия при эксплуатации. Оценка релаксационных характеристик льняных трикотажных полотен, проведенная по усовершенствованной методике [3], [4] позволила выявить вынужденную эластическую деформацию в результате действия пластификатора (табл. 3).

Таблица 3

Наименование показателя	Номер образца (в соответствии с табл. 1)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Необратимая деформация по ширине при растяжении до намочания, %	39	30	57	57	38	80	32	41	27	19	38
Необратимая деформация по ширине при растяжении с учетом действия пластификатора, %	16	11	22	27	19	21	13	19	11	13	20
Коэффициент уменьшения необратимой деформации	2,4	2,7	2,6	2,1	2,0	3,9	2,4	2,2	2,5	1,5	1,9

Действие пластификатора при определении составных частей деформации позволяет приблизить условия испытания текстильных полотен к реальным условиям эксплуатации. Влияние влаги на величину остаточной деформации при растяжении льняных трикотажных полотен существенно: остаточная деформация уменьшается, коэффициент уменьшения необратимой деформации составляет от 1,5 до 3,9. Результаты исследования деформационных свойств по усовершенствованной методике согласуются с результатами опытной носки.

С целью проектирования трикотажных полотен с заданными деформационными свойствами изготовлены полотна наиболее широко используемых переплетений: гладь, ластик 1+1, комбинированный репс из льняной пряжи линейной плотности 46 текс×3 со значительным интервалом поверхностной плотности. Исследования показали, что с увеличением модуля петли растяжимость льняных трикотажных по-

лотен при нагрузках, меньше разрывных, возрастает (рис.1 – растяжимость при нагрузках, меньше разрывных, полотен переплетения гладь). Доля обратимых деформаций растяжения с уменьшением модуля петли увеличивается до определенного значения, выше которого значения обратимой деформации стабилизируются (рис. 2 – обратимая деформация после растяжения полотен переплетения гладь). Дальнейшее уменьшение модуля петли очень незначительно повышает упругие свойства полотен и нерационально с точки зрения увеличения расхода сырья для изготовления трикотажа. Проведенные исследования для льняных трикотажных полотен переплетения гладь, ластик, комбинированный репс, выработанные из пряжи линейной плотности 46 текс×3, позволили определить рациональный интервал значений модуля петли, при котором обеспечивается стабильность размеров и формы изделий при эксплуатации (табл. 4).

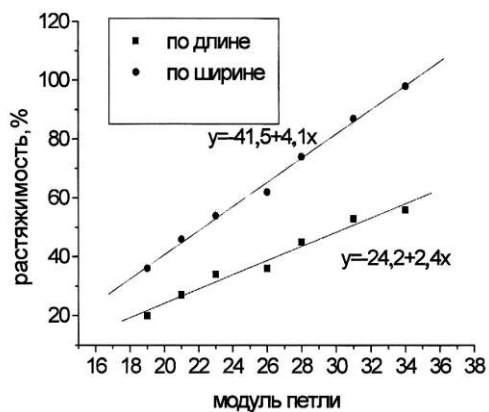


Рис. 1

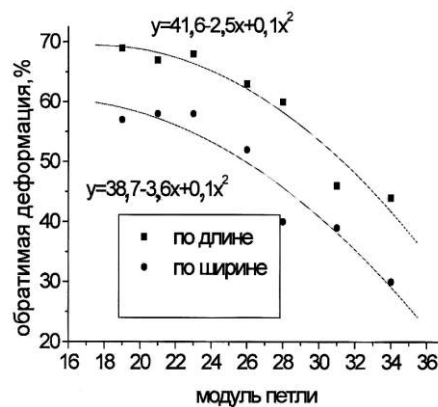


Рис. 2

Таблица 4

Переплетение	Гладь	Ластик 1+1	Комбинированный репс
Рекомендуемый линейный модуль петли	19...21	20...22	23...24

ВЫВОДЫ

1. На основании результатов исследований установлено, что для объективной оценки деформационных свойств льняных трикотажных полотен необходимо учитывать величину вынужденной эластичности.

2. Разработана градация льняных трикотажных полотен по степени растяжимости, в соответствии с которой предложены величины конструктивных прибавок для плечевой одежды.

3. Определены рациональные интервалы значений модуля петли, обеспечиваю-

щие проектирование качественного льняного трикотажа при одновременном экономичном расходе сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конопальцева Н.М., Рогов П.И., Крюкова Н.А. Конструирование и технология изготовления одежды из различных материалов. – М.: Академия, 2007.
2. Торкунова З.А. Испытания трикотажа. – 2-е изд., перераб. – М.: Легпромиздат, 1985.

3. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.

4. А.с. №1796980 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/36. Способ испытания текстильного материала на растяжение методом исследования релаксационных характеристик / Смирнова Н.А., Перепелкин К.Е., Койтова Ж.Ю., Леонтьева И.Г. – заявл. 17.02.93; опубл. 23.02.93, Бюл. № 07.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 04.06.10.

УДК 677.052.94

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МАССЕ

А.М. КИСЕЛЕВ

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

Разработана вероятностная трехмерная конечно-элементная модель волокнистого материала и программное обеспечение для ее построения в зависимости от различных геометрических и физико-механических факторов.

The likelihood three-dimensional certainly-elementary model of a fibrous material and the software for its construction is developed, depending on various geometric, physical and mathematical factors.

Ключевые слова: деформация сжатия, деформирование волокнистой массы, метод конечных элементов, программное обеспечение, batch-файл.

Деформация сжатия текстильных материалов является одним из наиболее распространенных процессов как в технологических процессах их переработки, так и в процессе эксплуатации готовых изделий. Решение таких задач, как оптимизация выбора предельного давления сжатия паков хлопка для уменьшения их объема при транспортировании, рациональная загрузка исходным сырьем бункерных устройств, выбор плотности намотки паков текстильных материалов для обеспечения при этом прочности технологической оснастки, невозможно без детального исследования сжатия текстильных материалов в массе на уровне отдельных волокон. При решении данных задач необходимо обес-

печить такие уровни давлений в текстильных материалах, которые не повлияют с отрицательной стороны ни на выходные качественные характеристики готового продукта, ни на его эксплуатационные свойства. Наиболее системно данные вопросы изложены в [1].

Задачей настоящего исследования являлось построение диаграммы деформирования волокнистой массы при деформации сжатия. Для решения данной задачи выбран численный метод – метод конечных элементов [2]. В качестве программного обеспечения, реализующего данный метод, использован ППП ANSYS. Для упрощения решения задачи конечным пользователем была использована технология batch-

файла. Для создания batch-файла с описанием задачи была разработана программа на языке VB .NET, в графическом интерфейсе которой пользователь задает исходные данные для решения задачи. В качестве исходных данных выступали следующие параметры: длина элементарного волокна, его диаметр и физико-механические характеристики (модуль упругости, плотность и коэффициент Пуассона), размеры бункера и физико-механические свойства материала его стенок, плотность волокнистой массы по трем осям координат, коэффициент трения покоя и динамический коэффициент трения. Первым этапом решения задачи являлось построение геометрической модели волокнистой массы в прямоугольном бункере заданных размеров. Как известно, элементарные волокна в массе, ограниченной стенками бункера, могут иметь самую разную геометрическую форму. Все эти волокна в общем случае находятся в произвольно-ориентированном состоянии. Каждое элементарное волокно изогнуто случайным образом в пределах самого себя, волокна переплетаются друг с другом, если на этапе формирования волокнистой массы они не были ориентированы каким-либо специальным образом. При этом волокнистая масса в общем случае неоднородна в пределах своего объема, то есть плотность волокон на единицу объема в пределах бункера может быть различной. Из вышесказанного можно сделать вывод, что математическое описание геометрии волокнистой массы, находящейся в бункере, является достаточно сложной задачей, поэтому при ее построении был принят ряд допущений.

1. Для описания вероятностного характера исходных параметров моделирования выбран случайный закон их распределения.

2. Поперечное сечение элементарных волокон описывается квадратом.

3. Элементарное волокно описывается как совокупность конечных элементов, соединенных между собой по граням.

4. Диаметры элементарных волокон одинаковы.

Второе допущение можно считать уместным, так как диаметр одного волокна на несколько порядков меньше его линейных размеров и форма сечения при построении модели не имеет принципиального значения, в то же время при описании сечения квадратом существенно упрощаются расчеты.

Для построения геометрической модели волокнистой массы разработан алгоритм и программа на ЭВМ. Пример построения геометрической модели волокнистой массы приведен на рис. 1.

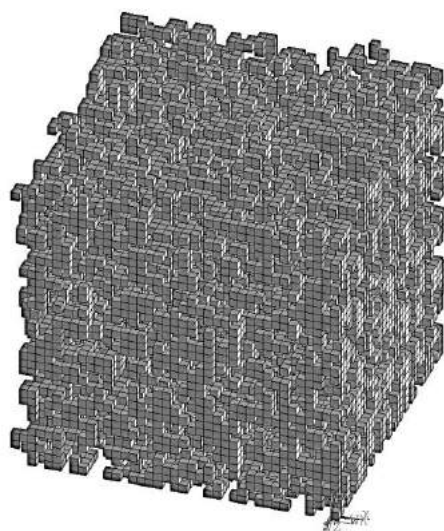


Рис. 1.

После построения геометрической модели можно переходить непосредственно к решению поставленной задачи, предварительно задав физико-механические свойства материалов и граничные условия. В данной работе модели поведения материалов при нагружении приняты идеально упругими, так как реальные законы поведения элементарных волокон многих материалов при деформации сжатия на сегодняшний день неизвестны, однако присутствуют данные о величине модуля упругости. В принципе возможно задание любой нелинейной модели поведения материалов. Модель сжатия волокнистой массы построена на основе динамической модели деформированного твердого тела. При решении задачи учтены нелинейности, характерные для данной задачи – геометрическая нелинейность и контактное взаимо-

действие волокон друг с другом и стенками бункера. В качестве граничных условий задавались силы сжатия волокнистой массы q (рис. 2 – распределение суммарных перемещений волокнистой массы при сжатии на одном из вариантов расчета) и скорость изменения данной силы. Задание в качестве граничных условий скорости действия силы или ускорения позволяет учесть, при необходимости, влияние скорости деформации на напряженно-деформированное состояние волокнистой массы или релаксации материала после снятия нагрузки. В процессе расчета при заданной фиксированной нагрузке определялась величина сжатия материала, характеризующая величиной h .

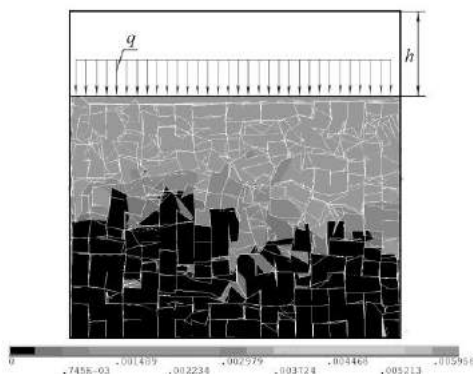


Рис. 2

С использованием разработанной модели был проведен ряд вычислительных экспериментов, в которых моделировался процесс сжатия волокнистой массы под действием силы различной величины. Деформированное состояние одного из вариантов сжатия волокнистой массы приведено на рис. 2.

Задание граничных условий при выполнении вычислительного эксперимента соответствовало экспериментальным данным, приведенным в [3]. Расчеты проводились для волокнистых масс различных плотностей. На рис. 3 (расчетные диаграммы сжатия волокнистой массы при различной плотности и сравнение с экспериментальными данными) представлено пять кривых для различной плотности заполнения бункера волокнами и диаграмма сжатия массы капроновых волокон по данным [3]. Кри-

вые 1...5 построены по данным вычислительного эксперимента, кривая 6 – по экспериментальным данным [3].

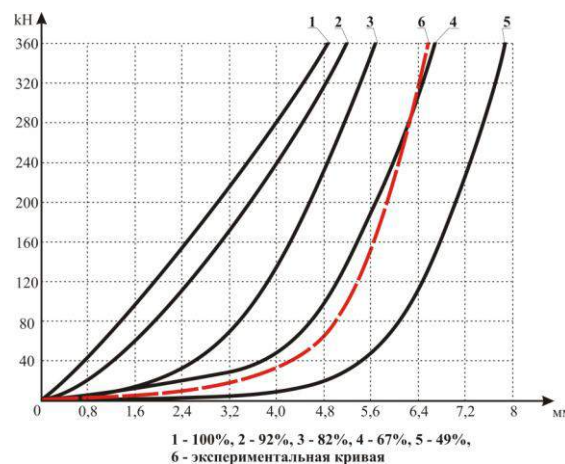


Рис. 3

Анализ результатов, представленных на рис. 3 показывает, что предложенная математическая модель достаточно качественно описывает процесс сжатия волокон при удовлетворительных количественных характеристиках. При этом наблюдается существенная зависимость диаграммы сжатия от плотности деформируемого материала. К сожалению, в экспериментальных данных, приведенных в [3], не указывается плотность, при которой проводился эксперимент по сжатию волокон в массе, однако по результатам полученных расчетов можно предположить, что экспериментальные данные были получены при плотности, близкой к 67%, что соответствует кривой 4 на рис. 3. Зависимость 1 на рис. 3, полученная при 100%-ном заполнении, то есть монолитной массе, является теоретической и подтверждает линейную зависимость деформации от нагрузки при идеально упругой диаграмме деформирования сжимаемого материала. Анализ характера наклона теоретических зависимостей сжатия материала и характера наклона экспериментальной кривой показывает их некоторое различие, которое можно объяснить нелинейной диаграммой деформирования материала сжимаемых волокон.

1. Разработана вероятностная трехмерная конечно-элементная модель волокнистого материала и программное обеспечение для ее построения в зависимости от различных геометрических и физико-механических факторов.

2. Разработана динамическая модель процесса сжатия волокон в массе, позволяющая строить диаграммы деформирования материала при деформации сжатия.

1. *Балясов П.Д.* Сжатие текстильных волокон в массе и технология текстильного производства. – М.: Легкая индустрия, 1975.

2. *Hallquist J.O.*, *LS-DYNA Theoretical manual*. – Livermore.: Livermore software technology corporation, 1998.

3. *Сухарев В.А., Матюшев И.И.* Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 04.06.10.

УДК 675.6

АНАЛИЗ ДИАГРАММ РАСТЯЖЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО ОВЧИННОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Н.Н. ШАПОЧКА, Ж.Ю. КОЙТОВА, Е.Н. БОРИСОВА

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

Статья посвящена исследованию деформационных свойств различных видов овчин на основе анализа диаграмм растяжения.

The article is devoted to the research of deformation properties of various kinds of sheepskins on the basis of the stretching diagrammes analysis.

Ключевые слова: овчина, диаграмма растяжения, деформационные свойства, относительная податливость, модуль жесткости, группа растяжимости.

Овчинное сырье является одним из наиболее массовых видов сырья, перерабатываемого меховой и кожевенной промышленностью. Благодаря новым технологиям обработки кожаной ткани и волосяного покрова ассортимент изделий из шубной овчины значительно обогатился. Вместе с тем, возможности и свойства полуфабриката настолько расширились, что назрела необходимость совершенствования технологии изготовления изделий из овчин с учетом влияния их свойств.

В процессе изготовления одежды ее деталям придают определенные размеры и

форму, которые должны сохраняться в течение всего времени эксплуатации изделия. На стабильность размеров и формы изделия большое влияние оказывают деформационные свойства материала.

Изучение деформационных свойств может осуществляться с помощью диаграмм растяжения. Наиболее полный анализ диаграмм растяжения ранее проводился для различных волокон, нитей, тканей. Особенно большую работу в этом направлении провели ученые Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна В.Г. Тиранов, Е.С. Цобкалло,

К.Е. Перепелкин, А.М. Сталевич и другие. Кроме традиционных характеристик растяжения были предложены новые, такие как напряжение и удлинение в точке текучести, значения модульной жесткости в зоне текучести и в зоне послетекучести [1]. Проводился анализ как левой, так и правой частей диаграммы. По диаграммам определен релаксационный касательный модуль E на различных уровнях удлинения, и выделены различные этапы деформирования для конкретного вида материала.

Для кожевенно-меховых материалов по диаграммам растяжения определяют ограниченное количество показателей. Это, как правило, разрывные характеристики и удлинение при заданном напряжении [2], [3]. Однако подобные диаграммы являются неисчерпаемым источником получения информации непосредственно о самом процессе растяжения во всем диапазоне деформаций. Показатели удлинения кож более правильно отражают технологические и эксплуатационные свойства изделий, чем разрывная нагрузка и предел прочности при растяжении.

Целью проведенных исследований являлся анализ спектра деформационных свойств современных овчин различных видов обработки, изучение поведения материала при эксплуатационных нагрузках. Оценка проводилась с помощью диаграмм растяжения, которые для шубных и меховых овчин ранее мало были подвержены анализу.

Для исследования было выбрано пятнадцать овчинных полуфабрикатов отечественного и импортного производств, охватывающих широкий диапазон свойств кожаной ткани и волосяного покрова: от толстой, жесткой шубной овчины до тонкого, эластичного мехового велюра с различной обработкой поверхности кожаной ткани (шлифование, нанесение полимерного покрытия). Исследование проводилось согласно ГОСТу 22596–77 на разрывной машине ZT-40 с автоматическим прибором для записи диаграммы растяжения с постоянной скоростью деформирования 85 мм/мин при зажимной длине 50 мм.

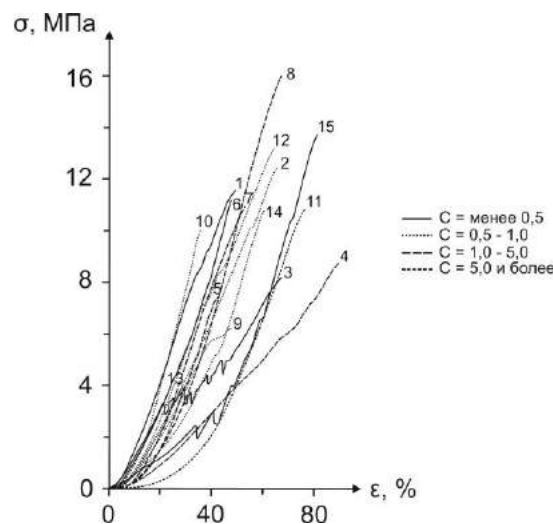


Рис. 1

Полученные диаграммы растяжения исследуемых овчин (рис. 1) свидетельствуют о достаточно широком разбросе свойств современных овчинных полуфабрикатов, в том числе большом интервале растяжимости, которая может соответствовать растяжимости ткани или, наоборот, стремиться к значениям растяжимости трикотажных полотен. Анализируя характер диаграмм, следует отметить, что при растяжении некоторых овчин на кривых появляются характерные пики нагрузки, соответствующие разрыву одного из слоев кожаной ткани, так как овчина по своей природе имеет слоистую структуру. Этот дефект, называемый садкой кожи, на диаграммах представляется либо в виде пик (овчины № 3, 15), либо в виде участка диаграммы, сопровождающегося снижением скорости возрастания нагрузки и увеличением удлинения (овчины № 1, 2, 5, 9, 12).

На диаграмме растяжения (рис. 2) можно выделить три области деформирования овчины. Первый участок характеризуется возрастанием модуля жесткости. В середине диаграммы наблюдается линейный участок с постоянным модулем жесткости, что может быть объяснено максимальной ориентацией элементов структуры кожи в этой области под действием нагрузки. Дальнейшее возрастание нагрузки приводит к разрушению волокон, что сопровождается снижением значения модуля жесткости.

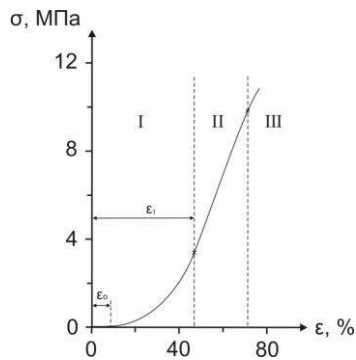


Рис. 2

Известно, что наиболее полно оценивают поведение материалов в процессе изготовления и эксплуатации одежды характеристики, получающиеся при приложении нагрузок, меньше разрывных. Поэтому более важное значение для исследования имеет первый участок диаграммы. Для анализа данной области был введен показатель удлинения первого участка ϵ_1 , который характеризует в некоторой степени растяжимость овчин при небольших нагрузках. Для некоторых овчин можно выделить нулевой участок ϵ_0 , который вызывает сходство с диаграммами растяжения трикотажных полотен. Кроме того, был рассчитан начальный модуль жесткости овчин, который определялся непосредственно с помощью диаграммы растяжения как тангенс угла наклона между осью $O\epsilon$ и касательной к кривой $\sigma = \sigma(\epsilon)$ в начале координат с учетом масштабов осей σ и ϵ диаграммы растяжения: $E_0 = (m_\sigma / m_\epsilon) \operatorname{tg} \alpha$ [4].

Большое значение имеет также величина изгиба кривой. Для характеристики кривизны диаграммы растяжения волокон используется так называемый показатель относительной податливости волокон, введенный американскими исследователями Л. Бести и Р. Гоффманом: $C = 1/5 \cdot (10/\sigma_{10} - 5/\sigma_5)$ [4], [5]; чем податливее волокно, тем значение C выше.

В работе была сделана попытка использовать данный показатель для овчинного полуфабриката, который характеризовал бы способность к растяжению овчины на единицу деформации. Овчина является достаточно растяжимым материалом, поэтому был введен показатель относи-

тельной податливости для характеристики диаграмм растяжения именно овчин:

$$C = 1/10 (10/\sigma_{10} - 20/\sigma_{20}),$$

где σ_{10} и σ_{20} – напряжение, соответствующее удлинению 10 и 20 %, МПа.

Для исследуемых овчинных полуфабрикатов относительная податливость колеблется от 0,15 до 13,0, что говорит о значительном интервале деформационных свойств современных овчин. В зависимости от данного коэффициента была предложена градация овчин по степени растяжимости, представленная в табл. 1. Наблюдается взаимосвязь показателя относительной податливости с другими исследуемыми характеристиками. Так, у овчин первой группы растяжимости на диаграммах отсутствует нулевой участок, длина первого участка составляет не более 10%, а начальный модуль жесткости колеблется от 1 до 7 МПа. Для овчин третьей группы растяжимости характерно наличие нулевого участка (удлинение 3...5%), при этом начальный модуль жесткости равен нулю, а удлинение первого участка диаграммы доходит до 35%. Овчина № 11, отнесенная к категории особо растяжимых, имеет удлинение нулевого участка 9%, а первого – 48,6%.

Т а б л и ц а 1

Группа растяжимости	Относительная податливость, C
Малорастяжимые	менее 0,5
Среднерастяжимые	0,5...1,0
Растяжимые	1,0...5,0
Особо растяжимые	более 5,0

Жесткие условия по стандартизации производственных процессов и технологии пошива, разработанные еще Госстандартом СССР, не соответствуют уровню современных технологий и требованиям потребителя. Технология выделки и отделки овчинного полуфабриката изменяется и совершенствуется, расширяя его возможности и соответственно возможности выбора технологии изготовления изделий из него.

Полученные в ходе проведенного исследования данные и графика овчин позволяют варьировать технологию пошива в зависимости от свойств применяемого овчинного полуфабриката. Технология изготовления изделий из шубных и меховых овчин может иметь особенности, характерные для технологии изготовления изделий из ткани или из трикотажных полотен.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ диаграмм растяжения различных овчинных полуфабрикатов с целью изучения диапазона деформационных свойств, характерных для современных овчин.

2. Для исследования диаграмм предложены некоторые показатели, которые характеризуют упругие и деформационные свойства материала.

3. В зависимости от величины относительной податливости разработана графика овчин по степени растяжимости, в соответствии с которой разработаны реко-

мендации по применению той или иной технологии изготовления изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарвиш Д.М. Комплексный анализ деформационно-прочностных свойств шерстяных волокон: Дис...канд. техн. наук. – С-Пб, 2008.

2. ГОСТ 4.420–86. Система показателей качества продукции. Шкурки меховые выделанные. Номенклатура показателей. – Введ. 1986–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1986.

3. ГОСТ 4.11–81. Система показателей качества продукции. Кожа. Номенклатура показателей. – Взамен ГОСТа 4.11–69; введ. 1981–05–26. – М.: Изд-во стандартов, 1981.

4. Мортон В.Е., Херл Д.В.С. Механические свойства текстильных волокон // Пер. с англ. М.В. Ковачевой и Ф.Ю. Либ; под ред. Г.Н. Кукина. – М.: Легкая индустрия, 1971.

5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити): Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 04.06.10.

УДК 677 024

СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕРОВНОТЫ ПРЯЖИ ПО ТОЛЩИНЕ

Л.А. СЕКОВАНОВА, Н.А. РЫБАКОВА

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

На основе теории диффузионных процессов получена стохастическая модель неровноты пряжи по толщине, которая позволяет вычислять случайные значения радиуса нити в любом ее поперечном сечении.

On the basis of the diffusion processes theory the stochastic model of yarn irregularity by thickness, which allows to calculate casual values of a thread radius in any of its cross section, is received.

Ключевые слова: структурная неровнота, расчетный диаметр, случайная величина, нормальное распределение, стохастическая модель.

Одним из входных параметров имитационной модели процесса взаимодействия основной нити с элементами технологической оснастки ткацкого станка является радиус нити [1]. Этот параметр принят за постоянную величину, так как рассматривалась идеальная нить, однородная по линейной плотности. Однако реальная нить неравномерна по линейной плотности и, следовательно, неравномерна по толщине.

При перемещении нити через глазок галева изменение ее толщины сказывается на величине контактных напряжений между нитью и глазком и, следовательно, на интенсивности разрушающих воздействий галева на нить. Диаметр $2r$ в различных сечениях ℓ нити принимает случайное значение. Поэтому радиус нити можно рассматривать как непрерывную случайную величину $R(\ell)$. Для определения закона распределения $R(\ell)$ и точечных оценок ее параметров был проведен лабораторный эксперимент по определению неровноты по линейной плотности хлопчатобумажной пряжи 50 текс.

На электронных весах ВЛР-200 со среднеквадратическим отклонением показаний 0,05 мг измеряли массу 50 отрезков нити одинаковой длины 10 см. Вычислены: среднее значение массы 5,037 мг; дисперсия 0,0257 мг²; среднеквадратическое отклонение 0,16 мг; коэффициент вариации 3,2%. При принятой доверительной вероятности 0,95 ошибка точечных оценок составила 4,5%. Согласно [2] расчетный

диаметр нити $d_p = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}}$, где T – линейная плотность, текс; δ – средняя плотность пряжи, мг/мм³. По определению линейной плотности $T = \frac{M}{L}$, где M – масса, г; L – длина отрезка пряжи, км. Тогда расчетный диаметр

$$d_p = 0,0357 \sqrt{\frac{M}{L\delta}} = 0,0357 \sqrt{\frac{m \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \delta}} = 0,1129 \sqrt{\frac{m}{\delta}},$$

где m – масса отрезка нити длиной 10 см, мг.

$$\text{Расчетный радиус } r = 0,056 \sqrt{\frac{m}{\delta}}.$$

Известно, что средняя плотность δ хлопчатобумажных нитей находится в пределах 0,8...0,9 [2]. Для упрощения расчетов приняли $\delta \approx 1 \text{ мг/мм}^3$ и для каждого измеренного значения массы m_i вычислили усредненное значение расчетного радиуса r_i ($i=1,2,\dots,50$). Несмещенные оценки математического ожидания $M(R)$ и среднеквадратического отклонения $\sigma(R)$ оказались соответственно равными: $r = 0,127 \text{ мм}$, $s = 0,002 \text{ мм}$.

Расчетное значение критерия Пирсона $\chi^2_{\text{набл}} = 1,195 < \chi^2_{\text{кр}}(0,05; 2) = 6$.

Следовательно, гипотеза о распределении случайной величины $R(\ell)$ по нормальному закону состоятельна, и функция плотности вероятностей имеет вид:

$$\phi(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} e^{-\frac{(r-\bar{r})^2}{2s^2}}. \quad (1)$$

Колебания расчетного радиуса нити по ее длине показаны на рис. 1.

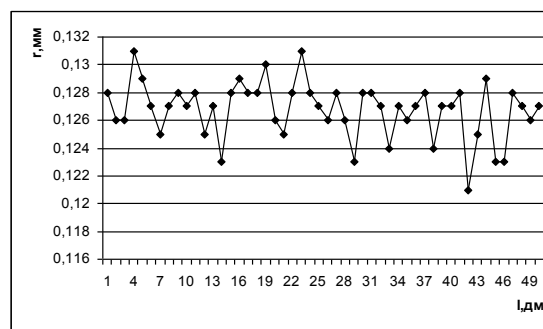


Рис. 1

Рассмотрим непрерывную модель изменения радиуса нити в виде диффузионного процесса [3]:

$$\partial r = \frac{dU}{dr} dl + \sigma dW, \quad (2)$$

где U – потенциал; $dU/dr = a(r)$ – коэффициент сноса; σ – коэффициент диффу-

зии; W – стандартный винеровский процесс. Соответствующее уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова для плотности вероятностей имеет вид [3]:

$$\frac{\partial p(r, \ell)}{\partial \ell} = -\frac{\partial}{\partial r} [a(r)p(r, \ell)] + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 p(r, \ell)}{\partial r^2}. \quad (3)$$

Стационарное распределение плотности вероятностей, полученное при $\partial p / \partial \ell = 0$, удовлетворяет уравнению

$$a(r)p(r) = \frac{\sigma^2}{2} \frac{dp(r)}{dr}. \quad (4)$$

Уравнение (4) приводится к виду:

$$\frac{dp(r)}{p(r)} = \frac{2a(r)dr}{\sigma^2}. \quad (5)$$

В результате интегрирования уравнения (5), получим:

$$p(r) = C \exp\left(\frac{2}{\sigma^2} U(r)\right), \quad (6)$$

где постоянная C определяется из условия нормировки $\int_{-\infty}^{+\infty} p(r) dr = 1$.

Рассмотрим обратную задачу. Возьмем в качестве стационарной плотности нормального распределения функцию $\varphi(r)$, достаточно хорошо аппроксимирующую эмпирические значения r . Подставив ее вместо $p(r)$ в равенство (6), получим:

$$\frac{2}{\sigma^2} U(r) = \ln \frac{\varphi(r)}{C}. \quad (7)$$

Дифференцируя обе части уравнения (7) и учитывая формулу (1), получим:

$$\frac{dU}{dr} = \frac{\sigma^2}{2} \frac{\varphi'(r)}{\varphi(r)} = -\frac{r - \bar{r}}{2}. \quad (8)$$

Таким образом, уравнение (2) преобразуется к виду:

$$dr = -\frac{r - \bar{r}}{2} d\ell + \sigma dW. \quad (9)$$

Уравнение (9) определяет случайный процесс Орнштейна-Уленбека [4]:

$$dx = -\beta(x - a)dt + \sigma dW, \quad (10)$$

описывающий блуждание, в котором x притягивается к уровню, определяемому константой α . Решение уравнения (10) получено в работе [4] и имеет вид:

$$x(t) = \alpha + (x_0 - \alpha)e^{-\beta t} + \frac{2}{\sqrt{2\beta}} \sqrt{1 - e^{-2\beta t}} \varepsilon, \quad (11)$$

где $x_0 = x(t_0 = 0)$; ε – нормально распределенная нормированная случайная величина. Из формулы (11) следует, что решение уравнения (9) можно записать так:

$$r(\ell) = \bar{r} + (r_0 - \bar{r})e^{-\ell/2} + s\sqrt{1 - e^{-\ell}} \varepsilon, \quad (12)$$

где $r(\ell)$ – радиус нити в сечении, расположенном на расстоянии ℓ от начала отсчета. Генерировать значения ε_i нормально распределенной случайной величины ε можно по формуле

$$\varepsilon_i = \sum_{i=1}^{12} \xi_i - 6,$$

где ξ_i – равномерно распределенные на $(0; 1)$ случайные числа.

Функция $r(\ell)$ задает стохастическую модель непрерывного изменения толщины пряжи для любого $\ell \geq 0$. По формуле (12) были вычислены 25 случайных значений радиуса нити в сечениях с шагом 1 мм. Графически изменение радиуса нити показано на рис. 2 – моделированная кривая значений радиуса нити.

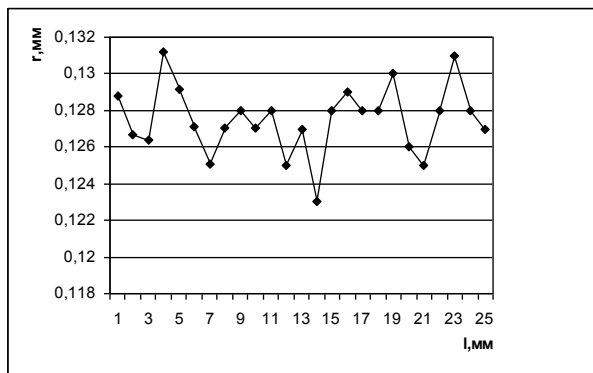


Рис. 2

Поскольку $e^{-\ell/2} \rightarrow 0$ при $\ell \rightarrow +\infty$, то с ростом ℓ второе слагаемое равенства (12) $(r_0 - \bar{r})e^{-\ell/2} \rightarrow 0$, а третье слагаемое $s\sqrt{1 - e^{-\ell}} \approx s\varepsilon$. Следовательно, траектория r на $+\infty$ определяется равенством $r = \bar{r} + s\varepsilon$, которое обычно используется для приближенного разыгрывания нормальной случайной величины с математическим ожиданием $a = \bar{r}$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma = s$. Второе и третье слагаемые равенства (12) существенны при вычислении значения r для $1 \leq \ell \leq 10$. Например, при изменении ℓ от 0 до 10 мм. Если функция $r(\ell)$ определена на отрезке $[1; 10]$, то можно продолжить эту функцию по непрерывности, приняв за начальные условия на новом отрезке $[10; 20]$ значение r в конце предыдущего отрезка, и т.д. В качестве функции $\varphi(r)$ можно взять функцию, аппроксимирующую эм-

пирический полигон частотей другого признака структурной неровности пряжи, например, неровности пряжи по линейной плотности, по разрывной нагрузке, по разрывному удлинению и др.

ВЫВОДЫ

1. На основе теории диффузионных процессов разработан метод стохастического моделирования структурной неровности пряжи.

2. На примере моделирования неровности пряжи по толщине получена случайная функция, непрерывно описывающая изменение радиуса нити по ее длине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Секованова Л.А. Теория взаимодействия основной нити с элементами технологической оснастки ткацкого станка и принципы моделирования процесса: Монография. – Кострома: КГТУ, 2006.

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

3. Кляцкин В.И. Стохастические уравнения. Теория и ее приложения к акустике, гидродинамике и радиофизике. – Т.1. – М.: Физматлит, 2008.

4. Кузнецов Д.Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения. – СПб.: Изд-во политехнического университета, 2010

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 04.06.10.

УДК 677.024

НОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЖЕСТКОСТИ НИТИ ПРИ ИЗГИБЕ

Н.В.ЕГОРОВ, В.П.ЩЕРБАКОВ

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

E-mail: office@staff.msta.ac.ru

В статье предложен новый метод определения жесткости нити на изгиб. Решение полученных уравнений на основе измерения прогиба нитей по предлагаемой модели проведено в среде MathCAD. Получена хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных.

The new method of determination of rigidity of the bent threads is offered in the article. The solution of the received equations on the basis of measurement of

the threads deflection by the offered model is carried out in the MathCAD medium. A sufficient convergence of design and experimental values is achieved.

Ключевые слова: изгиб нити, жесткость нити, упругая линия, сосредоточенные силы, стержень, механические свойства.

При изучении жесткости текстильных материалов чаще всего встречается задача в следующей постановке: нить длиной ℓ сплошного круглого сечения диаметра d , защемленная одним концом, изгибается силой P_1 на другом конце. Решение задачи поперечного изгиба для максимального прогиба дает $u = \frac{P_1 \ell^3}{3H}$. Отсюда по известным из опыта величинам u , P , ℓ вычисляется жесткость H .

Сразу же возникает вопрос правомерности использования этой формулы для нахождения перемещений точек упругой нити, так как приведенная формула получена для малых перемещений и углов поворота, когда те и другие являются величинами примерно одного порядка. Для текстильных нитей, которые обладают жесткостью, значительно меньшей по сравнению с жесткостью элементов конструкций, взаимные перемещения частей нити не малы. Это обстоятельство приводит к необходимости специального исследования [1].

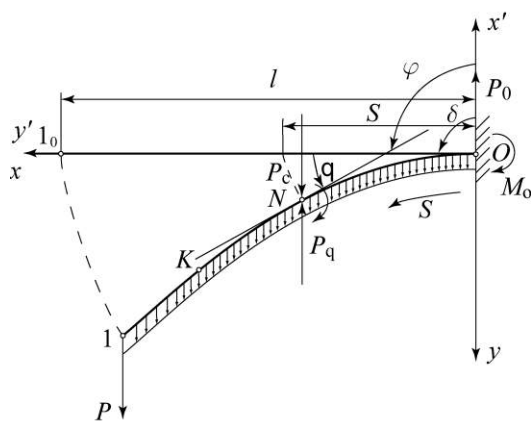


Рис. 1

На рис. 1 показана упругая линия, полученная при изгибе закрепленной консольно нити.

На свободном конце приложена сосредоточенная сила P , перемещающаяся при

изгибе поступательно, сохраняя перпендикулярность к первоначальной прямоугольной оси. По всей длине дуги s упругой линии приложена распределенная силовая нагрузка $q(s)$, обусловленная весом нити. Введем систему координат xu , ориентированную по касательной и нормали к упругой линии в заделке, и систему $x'y'$, ориентированную по направлению силы, приложенной в начальной точке O . Точное уравнение равновесия упругой линии в общем случае записывается в безразмерном виде:

$$\ell^2 \frac{d^2 \varphi}{ds^2} = -\omega_c^2 \sin^2 \varphi - \omega_q^2 \sin^2 \varphi. \quad (1)$$

Здесь обозначены $\frac{P_c}{H} = \frac{\omega_c^2}{\ell^2}$ и $\frac{P_q}{H} = \frac{\omega_q^2}{\ell^2}$.

Решение уравнения (1) в случае действия только сосредоточенной нагрузки P хорошо известно, оно приведено во многих исследованиях, в том числе и в [1].

Сложнее обстоит дело, когда в правой части присутствует член, являющийся функцией дуговой координаты s , а именно $\omega_q^2 = \frac{q \ell^2 s}{H}$. Если в первом случае решение

сводится к эллиптическим интегралам, то здесь возможно только численное решение. Конечно, эллиптические интегралы не приводятся к квадратурам, но приведение дифференциального уравнения к интегралам Лежандра и последующее их вычисление намного проще, чем численное решение исходного уравнения. В связи с этим заменим распределенную нагрузку, действующую на длине ℓ и представляющую собой вес изгибаемых под действием приложенной на свободном конце консоли силы P_1 , равнодействующей P_2 . Получим схему изгиба нити двумя сосредоточенными силами, представленную на рис. 2.

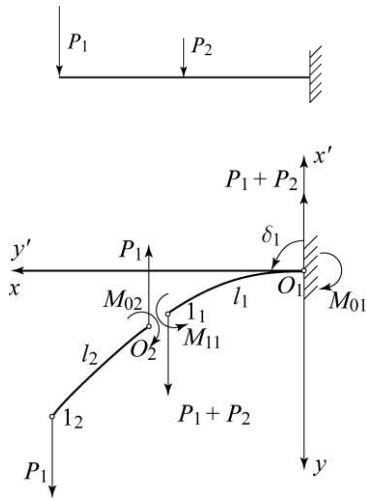


Рис. 2

Тогда необходимо решать две взаимосвязанные различные задачи. Поскольку вторая задача основывается на решении первой, приведем здесь заимствованное из [1] решение задачи об изгибе консольной нити сосредоточенной силой.

Обозначим через $F(\alpha)$ эллиптический интеграл первого рода: $F(\alpha) = \int_0^\alpha \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha}}$ и через $E(\alpha)$ – эллиптический интеграл второго рода: $E(\alpha) = \int_0^\alpha \sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha$. Запишем уравнения:

$$2k \cos \alpha_1 = 0, \quad (2)$$

$$k \sin \alpha_0 = \sin 45^\circ, \quad (3)$$

$$F(\alpha_1) - F(\alpha_0) = \sqrt{\frac{P \ell^2}{H}}. \quad (4)$$

Когда нить изгибается двумя сосредоточенными силами, получаем два участка; при этом каждый из них соответствует условиям, рассмотренным в предыдущей за-

даче. Здесь известны следующие соотношения:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{(P_1 + P_2) \ell_1^2}{H}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{P_1 \ell_2^2}{H}},$$

$$\delta_1 = \delta_2 = 90^\circ, \quad \varphi_{01} = 90^\circ, \quad M_{12} = 0.$$

Также из условия стыковки первого и второго участков имеем $M_{02} = M_{11}$, $\vartheta_{02} = \vartheta_{11}$. Кроме того, известны еще два выражения:

$$\varphi_{02} = \varphi_{11}, \quad \frac{\omega_{02}}{\omega_{11}} = \sqrt{\frac{P_1 + P_2}{P_1}}.$$

Таким образом, для нахождения шести эллиптических параметров $k_1, \alpha_{01}, \alpha_{11}$ – для первого участка и $k_2, \alpha_{02}, \alpha_{12}$ – для второго можно записать шесть уравнений:

$$\alpha_{12} = 90^\circ, \quad k_1 \sin \alpha_{01} = 0,707,$$

$$F(\alpha_{11}) - F(\alpha_{01}) = \omega_1,$$

$$F(k_2) - F(\alpha_{02}) = \omega_2,$$

$$k_2 \cos \alpha_{02} = k_1 \cos \alpha_{11},$$

$$k_2 \sin \alpha_{02} = k_1 \sin \alpha_{11}.$$

При измеренной длине $\ell_1 + \ell_2$, экспериментально определенном весе нитей вместе с сосредоточенным весом пластины и измеренной координате y_1 центра тяжести пластины из приведенной ниже системы вычисляется жесткость всех изгибаемых нитей H , модули эллиптических интегралов k_1, k_2 и их амплитуда $\alpha_{01}, \alpha_{11}, \alpha_{02}$.

Выпишем эту систему:

$$k_1 \sin \alpha_{01} = 0,707, \quad (5)$$

$$\int_0^{\alpha_{11}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k_1^2 \sin^2 \alpha}} - \int_0^{\alpha_{01}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k_1^2 \sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{(P_1 + P_2) \ell_1^2}{H}}, \quad (6)$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k_2^2 \sin^2 \alpha}} - \int_0^{\alpha_{02}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k_2^2 \sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{P_1 \ell_2^2}{H}}, \quad (7)$$

$$k_2 \cos \alpha_{02} = k_1 \cos \alpha_{11}, \quad (8)$$

$$k_2 \sin \alpha_{02} = k_1 \sin \alpha_{11}, \quad (9)$$

$$-y_1 = \frac{2}{\sqrt{\frac{P_1 + P_2}{H}}} \left(\int_0^{\alpha_{11}} \sqrt{1-k_1 \sin^2 \alpha} d\alpha - \int_0^{\alpha_{01}} \sqrt{1-k_1 \sin^2 \alpha} d\alpha \right) - \ell_1 +$$

$$+ \frac{2}{\sqrt{\frac{P_1}{H}}} \left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1-k_2 \sin^2 \alpha} d\alpha - \int_0^{\alpha_{02}} \sqrt{1-k_2 \sin^2 \alpha} d\alpha \right) - \ell_2. \quad (10)$$

Решение системы проводится в программе MathCAD. У нас есть дополнительная возможность произвести оценку

достоверности результатов, получаемых на основе разработанной теории. Для этого по формуле

$$x_1 = \frac{2}{\sqrt{\frac{P_1 + P_2}{H}}} k_1 (\cos \alpha_{01} - \cos \alpha_{11}) + \frac{2}{\sqrt{\frac{P_1}{H}}} k_2 \cos \alpha_{02} \quad (11)$$

вычислим вторую координату x_1 и сравним полученный результат с экспериментально найденной величиной \bar{x}_1 .

Определение жесткости нити заключается:

- 1) в подготовке образца нитей с пластиной на конце,
- 2) в измерении прогиба нитей по рассмотренной модели (рис.3 – фотография изогнутой нити),
- 3) в решении системы уравнений.

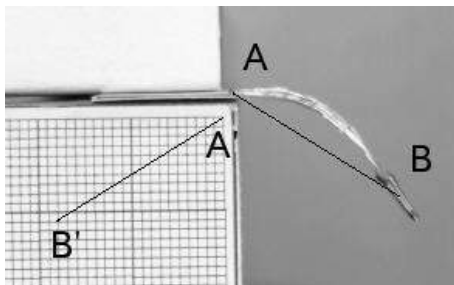


Рис. 3

При подготовке образца на мотовиле наматывается 50 витков испытываемой нити. На полученную полоску нитей не-

усаживающимся клеем (эпоксидный клей) наклеивается рамка из плотной бумаги (ватман). После высыхания клея полоска нитей обрезается так, чтобы концы нитей не выступали за контур рамки.

Непосредственно перед испытанием боковые стороны рамки, не скрепленные с нитями, обрезаются. Затем от одной из полосок с наклеенными нитями отрезается полоска такой ширины, чтобы полученный образец, удерживаемый горизонтально за широкую полоску, имел прогиб свободного конца не менее 1/3 от длины консоли. Подготовленный образец зажимается за широкую полоску в горизонтальном зажиме и фотографируется с помощью цифровой фотокамеры. Для устранения влияния собственного изгиба нитей производится повторное фотографирование образца после его переворота верхней стороной вниз. После этого от образца отрезается зажимная полоска и оставшаяся часть образца взвешивается на торсионных весах. Результаты взвешивания заносятся в таблицу. Полученные фотографии обрабаты-

ются на компьютере с помощью графического редактора (рис. 3).

При этом измеряется координата центра наклеенной полоски, висящей консолю. С этой целью точка начала консоли А соединяется прямой линией с центром В полоски. Полученная линия зеркально отражается вокруг вертикальной оси и точка А совмещается с началом масштабной сетки А'. С помощью масштабной сетки определяются координаты Х и Y точки В', которые также заносятся в табл. 1, где представлены опытные данные при определении жесткости при изгибе нитей Русар линейной плотности 29 текс.

Т а б л и ц а 1

№	Вес P ₁ , сН	Вес P ₂ , сН	Координата центра пластины, мм	
			x ₁	y ₁
1	0,393	0,044	29,0	14,0
2	0,353	0,037	29,5	14,5
3	0,389	0,041	30,5	11,0
4	0,439	0,039	24,0	18,5
5	0,432	0,043	26,0	19,0
6	0,435	0,039	20,0	24,5
7	0,421	0,040	31,0	9,5
8	0,465	0,034	24,0	22,5
9	0,430	0,040	31	10,5
10	0,444	0,035	34	21,5
11	0,414	0,041	21	18,5

Средний вес P₁ нитей с пластиной, несущей сосредоточенную нагрузку, равен 0,42 сН; средняя нагрузка P₂ = 0,039 сН; средняя величина прогиба свободного конца нити – $\bar{y}_1 = 16,727$ мм; длина

$\ell_1=15$ мм; $\ell_2=20$ мм. Подставляя приведенные численные значения в систему (5)...(10) и решая ее относительно эллиптических параметров и жесткости Н, получим $k_1 = k_2 = 0,877$; $\alpha_{01} = 0,934$ рад; $\alpha_{11} = \alpha_{02} = 1,249$ рад; $H_{42} = 414,191$ сН·мм². Здесь через H₄₂ обозначена суммарная жесткость всех сорока двух изгибаемых нитей. Жесткость совокупности нескрученных нитей равна сумме жесткостей составляющих. Тогда жесткость при изгибе отдельной нити равна $H=9,82$ сН·мм².

Произведем оценку достоверности результатов, получаемых на основе разработанной теории. Для этого по формуле (11) вычислим вторую координату x₁ и сравним полученный результат с экспериментально найденной величиной \bar{x}_1 . Расчет дает $x_1 = 31,96$ мм. Опытное значение $\bar{y}_L = 27,3$ мм. Лучшего совпадения сопоставляемых величин вряд ли можно требовать от материала, обладающего значительным статистическим разбросом как по механическим, так и геометрическим свойствам.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 04.06.10.

УДК 677.027.162

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СУШКИ СЛОЯ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ

Ю.В.ВАСИЛЬЕВ, Н.В.КИСЕЛЁВ, Е.Л.ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: kstu-tplv@ya.ru

Предложена новая схема сушки стланцевой льняной тресты и модель этого процесса, протекающего в рабочей зоне сушильной машины.

The new scheme of the drying of a flax straw layer and the model of this process, proceeding in a working zone of a drying machine, is offered.

Ключевые слова: снижение затрат тепла, совершенствование оборудования, новая схема сушки, разработка способов моделирования, домены, входные и выходные данные.

Повышению энергоэффективности технологического оборудования в настоящее время придается первостепенное значение. Затраты тепловой энергии на килограмм испаренной влаги как обобщенный показатель энергоэффективности в сушильных машинах СКП-1-10ЛУ, СКП-1-10ЛУ1, СЛП-140-ЛС по паспортным данным превышают 5000 кДж/кг испаренной влаги [1], что более чем в 2 раза превосходит теоретический предел, равный удельной теплоте парообразования. Это заставляет искать пути снижения удельных затрат тепла за счет совершенствования оборудования и режимов сушки.

Для решения этой задачи целесообразна разработка способов моделирования изучаемого объекта и процесса с последующей экспериментальной проверкой конструктивных и технологических решений, полученных на базе анализа моделей.

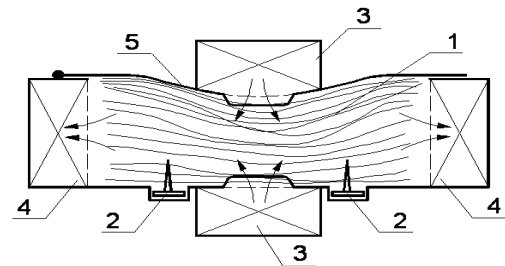


Рис. 1

Нами предлагается новая схема сушки стланцевой льняной тресты (рис. 1: 1 – слой стеблей, 2 – колковые транспортеры для перемещения слоя, 3 – воздуховоды для подачи теплоносителя, 4 – воздуховоды для отвода отработанного теплоносителя, 5 – крышка рабочей камеры) и модель этого процесса, протекающего в рабочей зоне. Использована схема подвода воздуха, сочетающая продольную продувку, дающую лучшие показатели по энергозатратам, с горизонтальным расположением слоя, удобного для сопряжения с мьяль-

но-трепальным агрегатом. При этом подвод воздуха в среднюю часть слоя обеспечивает ее ускоренную сушку и дифференциацию влажности по длине стебля с целью повышения выхода длинного волокна при последующей механической обработке. Модель разработана в среде CAE-системы ANSYS CFX 12.0 и учитывает основные геометрические характеристики объекта, параметры слоя материала и сушильного агента.

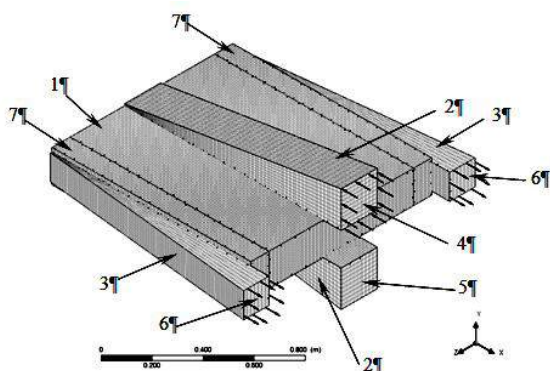


Рис. 2

Область моделирования (на рис. 2 представлена геометрия области моделирования с конечно-элементной сеткой: 1 – слой тресты (Porous Domain), 2 – подводящие воздухопроводы (Fluid Domain), 3 – отводящий воздухопровод (Fluid Domain), 4 – входное сечение (IN), 5 – входное сечение (IN1), 6 – выходное сечение (OUT), 7 – воздушная полость) представлена в виде доменов: слой тресты – как область пористого материала с распределенными свойствами (Porous Domain), воздухопроводы – как области жидкости (Fluid Domain). Геометрия секции предельно схематизирована.

В силу ограниченности вычислительных ресурсов персональных компьютеров прямое моделирование стеблевой структуры слоя тресты, не говоря уже о структуре самого стебля, в настоящее время невозможно. Поэтому (в соответствии с принципом гомогенизации) слой тресты рассматривался как пористая среда с распределенными параметрами, а для расчета массообмена использовались критериальные уравнения, полученные Н.Д. Хомуцким при экспериментальном изучении

сушки слоя льнотресты [2]. При этом полагалось, что эти уравнения справедливы и для отдельного элемента слоя, что дает возможность учесть различия в интенсивности массообмена, связанные, в частности, с неравномерностью поля скоростей сушильного агента и изменением параметров его при прохождении через слой тресты.

Для учета массообмена в слое создан субдомен, в котором введена дополнительная переменная $W_{\text{лага}}$ [кг/м³], представляющая массу влаги в единице объема слоя. Для нее в пределах субдомена решается уравнение чисто диффузионного переноса с небольшим коэффициентом диффузии, так как диффузионный перенос влаги в самой тресте не является объектом изучения.

В модели использованы следующие материалы: Gas (смесь газов переменного состава (Variable Composition Mixture), который состоит из воздуха (Air Ideal Gas) и водяного пара (Wate). Массовая доля пара в смеси M участвует в расчете как внутренней переменная ANSYS CFX. Влагосодержание воздуха введено внешней переменной d и рассчитывается как

$$d = M / (1 - M). \quad (1)$$

Компонент Wate представлен как смесь постоянного состава (Fixed Composition Mixture), состоящая из одного компонента (Water Ideal Gas) с массовой долей 1. Для компонента Wate в области моделирования решается общее уравнение конвективно-диффузионного переноса, коэффициент диффузии пара в воздухе вычислялся по формуле [1, с.76]:

$$D_k = D_0 \left(\frac{T_{\text{cp}}}{273} \right)^2,$$

где D_0 – коэффициент диффузии пара при 0°C и нормальном барометрическом давлении $P_0 = 101,4$ кПа; при испарении воды в воздух $D_0 = 2,2 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

Физические свойства воздуха и пара взяты из встроенной базы данных мате-

риалов. Для моделирования турбулентного течения использована модель RNG k-epsilon, являющаяся обобщением стандартной модели.

Пористость слоя тресты рассчитывается как $1 - P_y / \beta_c$, где P_y – объемная плотность загрузки, $\text{кг}/\text{м}^3$; β_c – тяжеловесность стеблей тресты, $\text{кг}/\text{м}^3$. Проницаемость слоя может задаваться внешней функцией, зависящей от координат для учета неоднородности фильтрационных свойств по разным направлениям.

В субдомене вводились источниковые члены уравнения переноса. Источник Wate.mf (массовая доля пара в воздухе), характеризующий удельную объемную скорость испарения $m[\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})]$, задавался с учетом [2, (2)]:

$$m = \frac{\text{Nu}' P_v D_k (C_n - \rho M) \cdot 4 \cdot 101300}{(\rho + 101300) d_3 \beta_c d_{cp}},$$

где Nu' – диффузионное число Нуссельта; ρ – избыточное давление в данной точке слоя; C_n – плотность водяного пара в воздухе при насыщении; аппроксимировалась формулой $C_n = \rho 8,6658 \cdot 10^{-9} \exp(0,0497393T)$ по данным [1, прил.1]; ρ – плотность смеси газов.

Диффузионный критерий Нуссельта рассчитывался по формуле [2, (1)]:

$$\text{Nu}' = 0,57 \psi \text{Re} \text{Pr}_d^{0,33} D_3 / H_c, \quad (2)$$

где ψ – безразмерная относительная скорость сушки [4]:

$$\psi = \frac{(w_{\text{тек}} - w_{\text{равн}})^{0,9}}{0,462 + 0,68(w_{\text{тек}} - w_{\text{равн}})^{0,9}};$$

Re – число Рейнольдса: $\text{Re} = \frac{\omega_{\text{сл}} D_3}{\nu}$; Pr_d –

диффузионное число Прандтля: $\text{Pr}_d = \frac{\nu}{D_k}$;

D_3 – гидравлический диаметр слоя: $D_3 = 4S/P$.

Здесь $S = ab$, $P = \pi d_{cp} n$; $n = 4ab P_y / (\beta_c \pi d_{cp})$; (ab – площадь сечения слоя перпендикулярно стеблям%; P – смоченный периметр;

n – число стеблей в сечении; d_{cp} – текущий диаметр стебля; $H_{\text{ст}}$ – длина стебля), окончательно $D_3 = \beta_c d_{cp} / P_y$; H_c – высота слоя, при продольном течении воздуха $H_c = H_{\text{ст}}$, если слой состоит из одного стебля по длине; $w_{\text{тек}}$ – текущая влажность тресты в данной точке слоя; $w_{\text{равн}}$ – равновесная влажность тресты, соответствующая влажности воздуха в данной точке слоя, по данным [3] аппроксимировалась функцией $w_{\text{равн}} = 0,001113 \exp(5,05542\phi) + 0,0708165$, где ϕ – относительная влажность воздуха; $\omega_{\text{сл}}$ – средняя скорость воздуха в слое; ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха.

Для относительной скорости сушки использована формула Г.К.Филоненко с эмпирическими коэффициентами Н.Д.Хомуцкого, определенными для льнотресты моченцовой при вертикальном слое, так как фильтрация воздуха в модели идет преимущественно вдоль стеблей [4, с.47.]

Относительная влажность воздуха рассчитывалась по известной формуле:

$$\phi = \frac{d(\rho + 101300)p_{\text{нас}}}{d + 0,622},$$

где $p_{\text{нас}}$ – давление насыщенных паров воды, определяемое по эмпирической формуле [5]:

$$p_{\text{нас}} = 1000 \exp\left(\frac{(16,57(T-273,15)-115,72)}{(233,77 + 0,997(T-273,15))}\right).$$

В субдомене вводился также источниковый член, учитывающий изменение концентрации влаги в слое за единицу времени за счет испарения и задаваемый внешней функцией m_w :

$$m_w = -m\rho.$$

Таким образом, при сушке изменение влажности материала за единицу времени пропорционально интенсивности изменения массовой доли влаги в воздухе с обратным знаком.

Поглощение энергии сушильного агента для указанного субдомена при испаре-

нии влаги учтено источниковым членом в уравнении энергии, представленным внешней функцией E_n , выражающей изменение энергии единицы объема за единицу времени:

$$E_n = -mr.$$

Здесь r – удельная теплота парообразования при атмосферном давлении, Дж/кг.

Влияние испаренной в слое влаги на движение воздуха учитывалось заданием источникового члена в уравнении сохранения массы, равного вышеуказанной внешней переменной m , влияние испарившейся влаги на импульс и параметры турбулентности воздуха не вводились за малостью данных эффектов. Сжимаемость воздуха, теплота трения и вклад свободной конвекции также не учитывались.

Для оценки потребления тепловой энергии при сушке энтальпии воздуха на входе (i_{in}) и выходе (i_{out}) из зоны сушки определялись внешними функциями по формулам [6, (426)]:

$$\begin{aligned} i_{in} &= 1000(t_{in} + (2500 + 1,96t_{in})d_{in}), \\ i_{out} &= 1000(t_{out} + (2500 + 1,96t_{out})d_{out}), \end{aligned}$$

где $t_{in} = \text{const}$ – температура по Цельсию на входе в зону сушки; t_{out} – средняя по сечению температура по Цельсию на выходе из зоны; d_{in}, d_{out} – влагосодержание воздуха на входе и выходе их зоны сушки.

В свою очередь, массовые доли влаги на входе и выходе из зоны сушки определялись через внутренние переменные с CEL-функциями ANSYS CFX усреднения по сечению:

$$M_{in} = \text{areaAve}(M)@IN,$$

или

$$\text{areaAve}(M)@IN1,$$

в зависимости от того, куда подается горячий воздух;

$$M_{out} = \text{areaAve}(M)@OUT.$$

Массовая доля влаги на входе в зону сушки M_0 на каждом временном слое определялась с учетом рециркуляции сушильного агента. При смешении возвратного и свежего воздуха на входе в калорифер с учетом, что при нагреве влагосодержание не меняется, имеем [6, с.172]:

$$d_{in} = (m_1 d_{out} + m_2 d_{atm}) / (m_1 + m_2),$$

где m_1, m_2 – массовые расходы возвратного и свежего воздуха соответственно.

При этом степень рециркуляции $n_{recirc} = m_1 / m_2$. Переходя от влагосодержания к массовым долям по формуле (1) и исключая m_1 и m_2 , после преобразований получаем:

$$M_0 = 1 / (1 + (n_{recirc} + 1) / (n_{recirc} M_{out} / (1 - M_{out}) + M_{atm} / (1 - M_{atm}))),$$

где M_{atm} – массовая доля влаги в атмосферном воздухе.

Изменения полных энтальпий воздуха за единицу времени на входе и выходе из калорифера с учетом рециркуляции определялись из следующих соотношений. Для воздуха, выходящего из калорифера (и входящего в зону сушки):

$$I_{кал\ out} = i_{in}(m_1 + m_2) = i_{in}G.$$

Для входящего воздуха:

$$I_{кал\ in} = i_{out}m_1 + i_{atm}m_2.$$

Исключая m_1 и m_2 , получим:

$$\begin{aligned} I_{кал\ in} &= \\ &= i_{out}n_{recirc} / (1 + n_{recirc})G + i_{atm}G / (n_{recirc} + 1), \end{aligned}$$

где $G = \text{massFlow}()@OUT$ – CEL-функция, определяющая массовый расход в выходных сечениях OUT, а при условии сохранения массы также и во входном (IN, IN1) сечениях; i_{atm} – энтальпия атмосферного воздуха.

По разности изменений полных энтальпий находится необходимая тепловая мощность калорифера и рассчитывается потребление тепла на килограмм испарен-

ной влаги, что позволяет оценивать энергоэффективность режимов сушки.

Полезная мощность вентилятора рассчитывается как произведение объемного расхода воздуха на избыточное давление во входных сечениях.

Имеется возможность управлять потоками сушильного агента путем изменения граничных условий в сечениях IN, IN1, OUT, в том числе заданием зависимости скорости воздуха или давления в этих сечениях от времени процесса.

Входными данными для модели являются:

- температура атмосферного воздуха и массовая доля влаги в нем;

- температура сушильного агента на входе в зону сушки;

- скорость воздуха во входных сечениях воздухопроводов;

- длина стебля тресты и закон изменения его диаметра по длине;

- объемная плотность загрузки тресты, ее начальная влажность;

- законы изменения проницаемости слоя в направлении осей стеблей и по нормали к нему;

- степень рециркуляции воздуха в зоне сушки;

- период переключения потока воздуха между входными сечениями;

- геометрия области течения (слоя тресты и воздухопроводов).

Выходные данные модели:

- время сушки тресты до равновесной влажности;

- кривая сушки слоя в целом или любого элемента в окрестности заданной точки;

- распределение параметров воздуха в области слоя в любой момент времени;

- распределение влажности тресты в слое в любой момент времени;

- затраты тепла и электроэнергии на сушку, суммарные, удельные, изменение их в ходе сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сумётов В.А. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов.– М.: Легкая индустрия, 1980.

2. Хомуцкий Н.Д. Критериальные уравнения массообмена для тонких лубоволокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1964, №5. С.27

3. Справочник по заводской первичной обработке льна /Под общ. ред. В.Н.Храмцова.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. С.485.

4. Хомуцкий Н.Д. Относительная скорость сушки тонких лубоволокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1963, №2. С.48.

5. Справочное пособие. Влажный воздух. НП "АВОК". [Электронный ресурс] <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/546141>.

6. Техническая термодинамика / Под ред. В.И. Крутова.– М.: Высшая школа, 1981. С.167.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 04.06.10.

УДК 677.021.151

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА УГЛОВОЙ ДЕЗОРИЕНТАЦИИ СТЕБЛЕЙ ПРИ СЛОЕУТОНЕНИИ

С.Е.МАЯНСКИЙ, Е.Л.ПАШИН, А.В.СМИРНОВ

(Костромской государственной технологической академии)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Предлагается усовершенствованная модель вероятностной оценки угловой дезориентации стеблей льна в слое при слоеутонении на слоеформирующей машине, позволяющая учитывать силы взаимосвязи (сцепленности) между стеблями.

The advanced model of a likelihood estimation of an angular disorientation of flax stalks in layer-forming machine, allowing to note forces of interrelation (clutch) between stalks, is offered.

Ключевые слова: слоеутонение, угловая дезориентация стеблей в слое, вероятность неразворота слоя, нормальный закон распределения случайной величины, сцепленность между стеблями, расстояние между зубчатыми дисками.

Известна [1], [2] вероятностная модель слоеутонения, в которой учитывается влияние на угол дезориентации стеблей в слое и общий угол его разворота конструктивно-технологических параметров механизма утонения слоя.

Недостатком данной модели является то, что условия неразворота стеблей от действия сил их взаимосвязи определяются безотносительно от вероятности неразворота от конструктивно-технологических параметров механизма слоеутонения.

Для устранения этого недостатка необходимо совершенствование известной модели с тем, чтобы доля стеблей, которая успешно обрабатывается парой зубчатых дисков на одном валу (то есть с минимальным увеличением угла дезориентации и общего угла разворота слоя), определялась с учетом сил взаимосвязи стеблей в слое. При этом основой предлагаемого направления совершенствования остается вероятностная оценка, вытекающая из рассмотрения рис. 1 (схема взаимодействия стеблей с зубчатыми дисками, где 1, 2 – слоеутоняющие диски, 3 – порция стеблей, 4 – смежные зубья на дисках, 5 – направляющие ползки), численно равная, согласно [1], [2]:

$$P = \begin{cases} 1, & \text{если } V_1 < B, \\ 1 - \Phi(3) - \Phi(3 - 6B/V_1), & \text{если } V_1 \geq B, \end{cases} \quad (1)$$

где V_1 – проекция стебля на направление перемещения слоя из допущения, что положения всех точек пересечения наклонных стеблей с направляющими ползками соответствуют нормальному закону распределения по угловой дезориентации стеблей (рис. 1):

$$V_1 = \frac{2A \operatorname{tg} 2\sigma_\alpha}{\cos 2\alpha + \cos 2\sigma_\alpha}, \quad (2)$$

где $\Phi(\dots)$ – функция Лапласа; B – половина расстояния между смежными зубьями дисков; A – половина расстояния d между дисками на валу; $A = \frac{d}{2}$; σ_α – среднеквадратическое отклонение; α – угол разворота слоя при утонении.

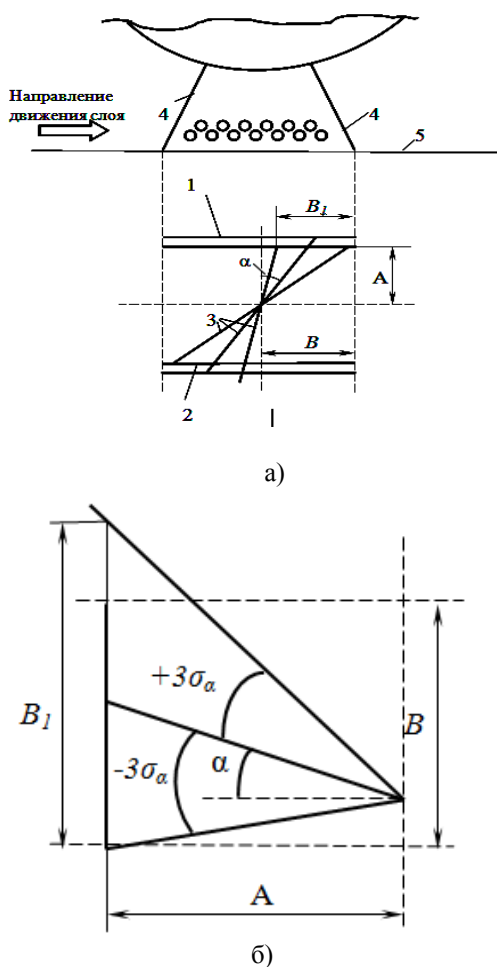


Рис. 1

Предполагаем, что значение угла разворота слоя α изначально задается как исходная величина α_0 , а далее определяется по детерминированной модели, например, представленной в [3].

В модели [3] рассматривается разворот стеблей в слое в зависимости от связей между ними. Применяя ее, определено рациональное расположение x оси OO_1 , относительно которой должны устанавливаться на валах зубчатые диски, а также получена формула для определения угла разворота стебля. Однако в этой модели не учитывается влияние на этот процесс расстояния между дисками.

Используя допущения, принятые в модели [3], исследуем влияние расстояния между дисками на угол разворота стебля (рис. 2 – схема для определения угла разворота слоя при наличии сцепленности между стеблями).

Примем, что при взаимодействии стебля с дисками (сила F) стебель начнет разворачиваться относительно правого диска, который расположен на расстоянии (ℓ_1+d) от левого конца стебля, где d – расстояние между дисками на валу.

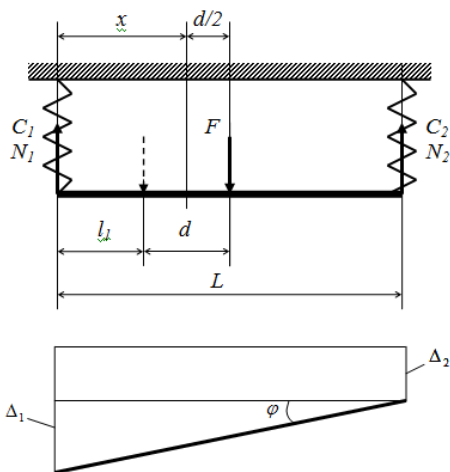


Рис. 2

Из рассмотрения равновесия стебля найдем усилия в связях между стеблями (имитируемые на рис. 2 пружинами):

$$N_1 = \frac{F(L - \ell_1 - d)}{L}, \quad (3)$$

$$N_2 = \frac{F(\ell_1 + d)}{L}. \quad (4)$$

Деформация пружин в этом случае будет равна:

$$\Delta_1 = \frac{N_1}{C_1} = \frac{F(L - \ell_1 - d)}{LC_1}, \quad (5)$$

$$\Delta_2 = \frac{N_2}{C_2} = \frac{F(\ell_1 + d)}{LC_2}, \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – коэффициенты сцепленности между стеблями в их комлевой и вершинной зонах.

С учетом (5) и (6) угол разворота стебля можно определить по формуле:

$$\phi = \arctg \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{L} = \arctg \frac{F[LC_2 - (C_1 + C_2)(\ell_1 + d)]}{L^2 C_1 C_2}. \quad (7)$$

Проверим условие, что при $C_1 = C_2 = C$, $\ell_1 = 0,5L$ и $d = 0$ угол разворота должен быть равен нулю: $\phi = \arctg \frac{F(LC - 2C \cdot 0,5L)}{C} = 0$.

Обозначим $K = \frac{C_2}{C_1}$ – отношение "коэффициентов сцепленности" в комлевой и вершинной частях стеблей. Тогда уравнение (7) можно записать:

$$\phi = \arctg \frac{F[LK - (1 + K)(\ell_1 + d)]}{L^2 C_2}. \quad (8)$$

Очевидно, что размеры ℓ_1 , d и L зависят друг от друга. Поскольку в существующих слоеутоняющих машинах принято $x = 0,5L$, а диски расположены симметрично относительно оси x , сравнивая данную модель с моделью [3], получим:

$$\ell_1 = 0,5L - \frac{d}{2}. \quad (9)$$

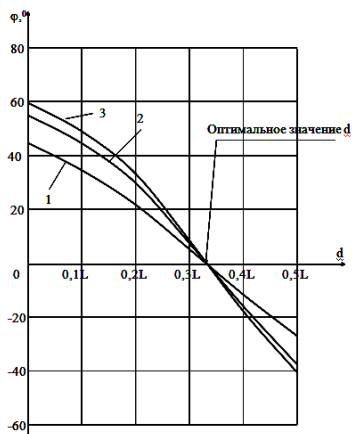


Рис. 3

На рис. 3 приведены графики изменения угла разворота стебля при постоянном значении $K = 2$ и различных значениях C_1 и F : 1 – $L=1\text{ м}$, $C_1=2,5\text{ Н/м}$, $K=2$, $F=15\text{ Н}$; 2 – $L=1\text{ м}$, $C_1=2,5\text{ Н/м}$, $K=2$, $F=10\text{ Н}$; 3 – $L=1\text{ м}$, $C_1=1,5\text{ Н/м}$, $K=2$, $F=10\text{ Н}$.

На рис. 4 приведены графики изменения угла разворота стебля α и вероятность неразворота слоя P в зависимости от расстояния d между дисками при следующих исходных данных: $V=0,025\text{ м}$; $\sigma_a=8^\circ$; $F=10\text{ Н}$; $L=1\text{ м}$; кривые 1 и 1* – вероятность неразворота P и угол разворота α при $C_1=2,5\text{ Н/м}$, $K=1$; кривые 2 и 2* – вероятность P и угол α при $C_1=2,5\text{ Н/м}$, $K=1,5$; кривые 3 и 3* – вероятность P и угол α при $C_1=2,5\text{ Н/м}$, $K=2$. При этом угол α определялся с учетом начального угла разворота слоя $\alpha_0=5^\circ$, то есть $\alpha = \alpha_0 + \phi$.

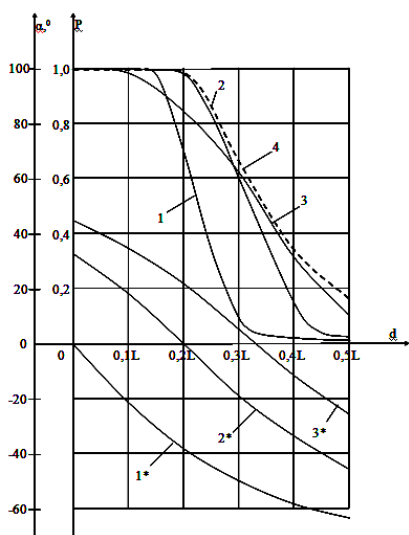


Рис. 4

Для сравнения, на рис. 4 приведена кривая 4 (пунктирная линия) изменения вероятности неразворота слоя без учета сцепленности между стеблями при $\sigma_a=8^\circ$ и $\alpha=5^\circ$. Анализ приведенных на рис. 3 и 4 зависимостей позволяет заключить, что:

- наличие сцепленности между стеблями в целом снижает вероятность неразворота слоя;

- оптимальное значение расстояния d между дисками на валу, при котором угол разворота слоя равен нулю, определяется степенью сцепленности между стеблями в их комлевой и вершинной частях, характеризующейся коэффициентом K ; этим значениям d при расчетных значениях $K=1$, $K=1,5$, $K=2$ соответствуют следующие значения вероятностей неразворота слоя: $P_{(1)}=1$; $P_{(1,5)}=0,985$; $P_{(2)}=0,525$. Иными словами, вероятность неразворота слоя при увеличении отношения коэффициентов сцепленности между стеблями в их комлевой и вершинной частях снижается;

- значения углов разворота при конкретных значениях d зависят не только от коэффициентов сцепленности между стеблями, но и от значений силы F .

Для выявления влияния угла разворота слоя на вероятность неразворота слоя введем коэффициент уменьшения угла разворота слоя k_y . Тогда уменьшенный угол разворота слоя в сравнении с рассчитанным по формуле (7) будет равен $\phi_y = k_y \phi$.

Введение этого коэффициента определяется особенностями поведения стеблей в зоне их перехода из одной пары утоняющих дисков в другую. В этой зоне наблюдается уплотнение стеблей, что ограничивает их разворот из-за разницы величин связей в концевых участках слоя.

На рис. 5 построены кривые вероятности неразворота слоя при $K=1$ и $k_y=0,1$ (кривая 1), $k_y=0,5$ (кривая 2) и $k_y=1$ (кривая 3). Также изображены кривые изменения углов разворота слоя, соответствующие трем указанным кривым вероятностей. Анализ кривых показывает, что с уменьшением угла ϕ вероятность неразворота слоя существенно увеличивается. Кроме этого, расчеты показывают, что при

малых значениях угла φ (при $k_y=0,1$) кривые вероятностей неразворота не изменяются при изменении коэффициента сцепленности и для значений $K=1\dots 2$ совпадают с кривой 1.

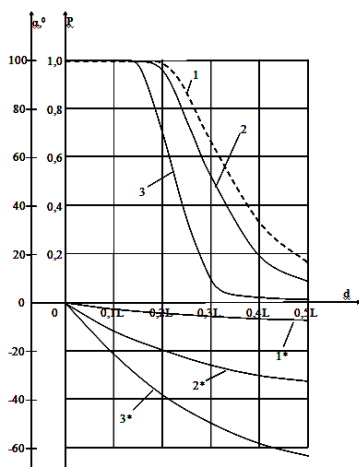


Рис. 5

ВЫВОДЫ

1. Анализ разработанной усовершенствованной вероятностной модели слоеутонаения показывает, что вероятность процесса слоеутонаения с минимальным увеличением угла дезориентации стеблей и общим углом разворота слоя зависит от сцепленности стеблей в слое.

2. Каждому значению отношения коэффициентов сцепленности между стеблями соответствует оптимальное значение расстояния между зубчатыми дисками, при

котором угол разворота слоя равен нулю, а вероятность неразворота максимальная.

3. Величина вероятности неразворота стеблей при слоеутонаении существенно зависит от расстояния между дисками d и положения оси $x=OO_1$.

4. Для повышения доли стеблей в слое, которая может успешно обрабатываться парой зубчатых дисков на одном валу (то есть с максимальным значением вероятности неразворота слоя) необходимо обеспечивать минимальные значения угла дезориентации стеблей в слое и общего угла разворота слоя перед подачей в зону утонаения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л., Лапшин А.Б., Маянский С.Е. Механическая подготовка льна для получения трепаного волокна (проблемы и направления совершенствования): Монография. – Кострома: ВНИИЛК, 2006.

2. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Маянский С.Е. Вероятностная модель слоеутонаения // Вестник ВНИИЛК. – 2005, № 2. С. 35...39.

3. Неманов В.А., Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Маянский С.Е. Рациональное использование зубчатых дисков в слоеформирующей машине // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002, №2. С.11...13.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 04.06.10.

УДК 677.11.021.1:681.5

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТРЕПАНИЯ НА ЕГО ИНТЕНСИВНОСТЬ

С.М. ВИХАРЕВ, Н.М. ФЕДОСОВА

(Костромской государственный технологический университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Рассмотрены вопросы влияния различных технологических параметров процесса трепания на его интенсивность.

The questions of influence of various technological parametres of a scutching process on its intensity are considered herein.

Ключевые слова: трепание, интенсивность обработки, частота вращения трепальных барабанов, отходы трепания.

Ранее по результатам анализа работ [1...4] нами была предложена вероятностная модель, описывающая процесс трепания как совокупность трех составляющих: выпадения отходов из заостренного волокна, очистки заостренного волокна и выпадения в отходы чистого волокна [5], [6]. Так как исходя из экспериментальных данных эти процессы могут быть описаны с помощью экспоненциальных зависимостей, а следовательно могут быть отнесены к простейшим пуассоновским, было предложено математическое описание с применением теории марковских процессов. Основными параметрами данного описания является время обработки и интенсивность обработки [5].

Интенсивность зависит от параметров поступающего на обработку сырья, конструктивных характеристик обрабатываемой машины и частоты вращения трепальных барабанов.

Рассмотрим зависимость интенсивности обработки льняной тресты трепанием от частоты вращения трепальных барабанов. С учетом ранее полученных зависимостей [5] выход длинного волокна можно определить как

$$B(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где λ – интенсивность выпадения волокна в отходы, c^{-1} ; t – время обработки льносырца, c .

Сопоставим это выражение с известной экспериментальной зависимостью выхода длинного волокна от частоты вращения трепальных барабанов [7] (рис. 1 – изменение выхода длинного волокна в зависимости от частоты вращения трепальных барабанов; 1 – кривая зависимости выхода длинного волокна от частоты вращения трепальных барабанов; 2 – аппроксимация зависимости на рабочем участке).

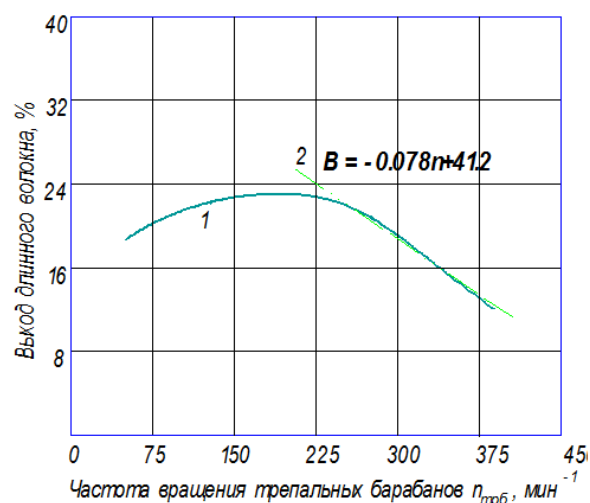


Рис. 1

В данном примере зависимость выхода от частоты вращения трепальных барабанов на рабочем участке частот аппроксимируется выражением:

$$B(n) = (-0,078n + 41,2), \%, \quad (2)$$

где n – частота вращения барабанов трепальной машины.

Для остальных случаев общий вид этой зависимости:

$$B(n) = B(n_{\min}) - K_B \Delta n, \%, \quad (3)$$

где n_{\min} – наименьшая рабочая частота вращения барабанов трепальной машины; Δn – увеличение частоты вращения от минимальной; $B(n_{\min})$ – выход при минимальной частоте вращения; K_B – коэффициент пропорциональности, связывающий изменение выхода с изменением частоты.

С учетом (1) и (3) получаем следующую зависимость интенсивности обработки от частоты вращения трепальных барабанов:

$$\lambda = -\frac{1}{t} \ln \left(\frac{B(n_{\min}) - K_B \Delta n}{100} \right). \quad (4)$$

Деление на 100 в зависимости (4) означает переход от процентов выхода к долям.

Анализ полученной модели (4) и экспериментальной зависимости выхода длинного волокна от частоты вращения барабана на рабочем участке позволил оценить характер зависимости интенсивности от частоты (рис. 2).

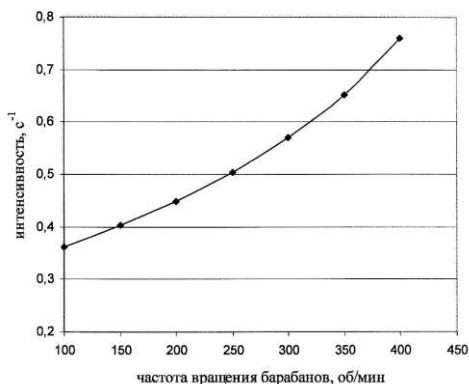


Рис. 2

Нелинейность этой характеристики объясняет тот известный из эксперимента факт, что при равном количестве воздействий увеличение частоты приводит к большим потерям в сравнении с увеличением продолжительности обработки [8]. Следует отметить, что полученные по данной зависимости значения и ее графическая форма согласуются с результатами наших расчетов по эмпирическим данным [1].

Другим важным параметром, влияющим на интенсивность обработки в трепальной машине, является ее конструкция, а именно форма барабанов и

количество бил на них, наличие средств дифференциации, форма бильных планок.

Анализ каждого элемента конструкции на интенсивность представляется затруднительным ввиду их большого числа и разнообразия. Обобщающими параметрами, зависящими от конструкции трепальной машины и влияющими непосредственно на интенсивность обработки, будут силы, возникающие при взаимодействии материала с рабочими органами, – силы натяжения и давления рабочей кромки на материал.

Причины выпадения отходов трепания были рассмотрены и классифицированы в работе [9]. Нами были проведены исследования штапельного состава волокон при обработке трепанием. Параметры для проведения этого исследования приняты из исследования [10] для последующего сравнения результатов. Анализ штапельного состава волокон, находящихся в отходах трепания, позволил разделить их по длине на две группы (рис. 3 – сравнительное сопоставление штапельного состава отходов трепания и сил нормального давления, действующих на пряжу льносырца). Их выделение может происходить на участках вблизи точки зажима прядей и по их длине. Причиной этого, вероятно, может быть известный рост давления со стороны кромок била на этих же участках пряжи. Характер изменения сил нормального давления по высоте поля трепания принят из работ [10], [11].

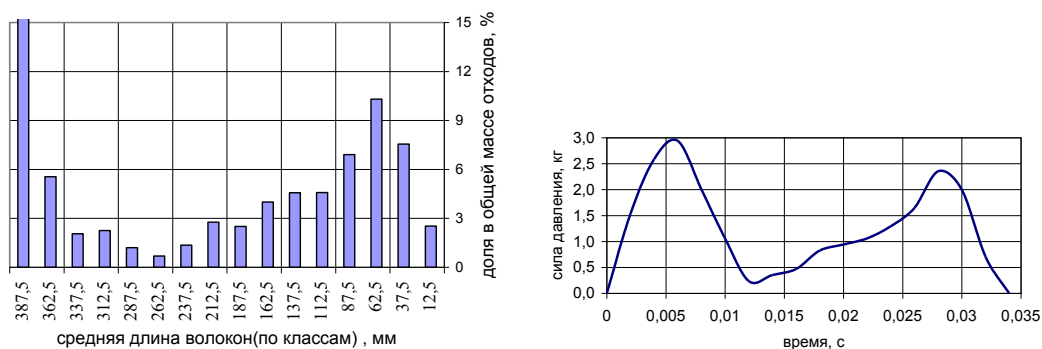


Рис. 3

Следует также отметить, что количество длиноволокнистых отходов составляет более 40% от общей массы, хотя максимум силы давления в этой зоне не так велик. Это свидетельствует о том, что существенную роль в выпадении этого класса отходов играют силы натяжения, максимальные в точке зажима и приводящие к вырыванию волокна из-под транспортирующих ремней и его обрыву.

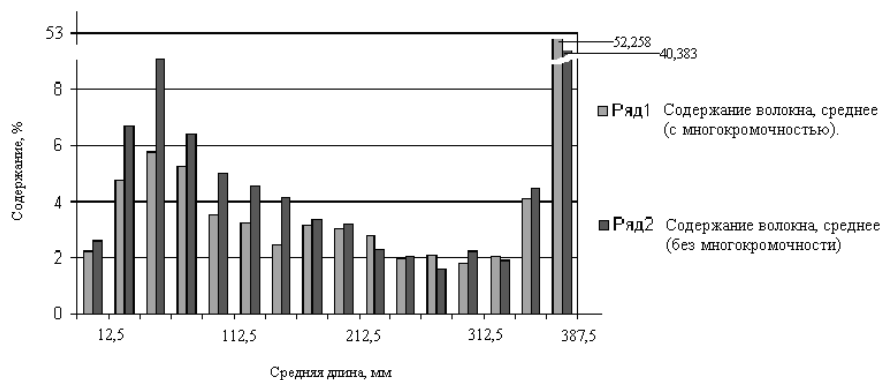


Рис. 4

Как видно из рис. 4, происходит перераспределение отходов из короткоштапельной области в длинноштапельную. Причиной этого является снижение сил натяжения на многокромочности [12], что приводит к уменьшению их роли в выпадении отходов трепания. При этом происходит повышение количества получаемого длинного волокна на 1,5...3%, то есть уменьшается и общее количество отходов трепания за счет уменьшения действия сил давления.

Это ставит перед нами задачу определения зависимости между интенсивностью обработки (интенсивностью выпадения отходов) и силами, действующими на льносырец.

В теории надежности довольно широко распространен следующий подход к оценке изменения интенсивности в зависимости от факторов процесса. Для некоторого состояния с фиксированными параметрами нагрузки экспериментальным путем определяется значение интенсивности. Для измененных же параметров интенсивность рассчитывается следующим образом:

Влияние сил давления на выпадение короткоштапельных отходов подтверждается экспериментами по сравнительному исследованию конструкций трепальных барабанов с входной многокромочностью и с обычным, однокромочным билем (рис. 4 – сравнение штапельного состава волокон при двух вариантах обработки).

$$\lambda = \lambda_0 \sum_{i=1}^k \frac{\alpha_i}{\alpha_0 i}, \quad (5)$$

где λ – текущее значение интенсивности; λ_0 – значение интенсивности при фиксированных параметрах эксперимента; α_i – текущее значение i -го параметра нагрузки; α_0 – фиксированное значение i -го параметра нагрузки; k – общее количество учитываемых параметров нагрузки

В нашем случае упрощенное выражение для расчета выхода длинного волокна примет вид:

$$B(t) = e^{-\lambda_0 t \frac{N}{N_0} \frac{T}{T_0}}, \quad (6)$$

где N_0 , T_0 – значения сил давления и натяжения при эксперименте, в котором устанавливается значение λ_0 ; N, T – натяжение и давление в расчетном варианте.

Следует отметить, что силы, приведенные в (6), – это силы, определенные экспериментально при постоянной интенсивности по длине трепального барабана и от-

сутствии изменения свойств измеряемого образца, то есть изменение этих сил будет зависеть только от формы машины, причем скорость вращения в обоих случаях рассматривается одинаковая.

Недостатком выражения (6) является одинаковое и взаимонезависимое влияние силы натяжения и силы давления на выход длинного волокна. Устранить этот недостаток позволяет использование закона изменения количества длинного волокна:

$$B(t) = e^{\lambda 0t} \frac{aN + bT}{aN0 + bT0}, \quad (7)$$

где a и b – коэффициенты влияния каждой из сил на интенсивность образования отходов.

Преобразуем данное выражение:

$$B(t) = e^{\lambda 0t} \frac{N + bT/a}{N0 + bT0/a} = e^{\lambda 0t} \frac{N + qT}{N0 + qT0}, \quad (8)$$

где $q = a/b$.

Данное выражение справедливо для сравнения машин разной конструкции, но только в случае, когда каждая из них имеют одинаковую конструкцию по всей своей длине.

Если же рассматривать случай с изменяющейся по длине конструкцией, то выражение (8) примет вид:

$$B(t) = e^{\lambda 0 \int_0^t (N(t) + qT(t)) dt} \frac{1}{N0 + qT0}. \quad (9)$$

Или, при разбиении рассчитываемой машины на участки, где интенсивность и силы можно принять постоянными:

$$B(t) = e^{\lambda 0 \sum_{i=1}^k (N_i + T_i) \Delta t_i} \frac{1}{N0 + qT0}, \quad (10)$$

где k – число участков разбиения; Δt_i – длительность участка разбиения; T_i , N_i – силы натяжения и давления на i -м участке.

ВЫВОДЫ

1. На основе известных экспериментальных и теоретических данных рассмотрен характер зависимости интенсивности выпадения волокна в отходы от частоты вращения трепальных барабанов.

2. Экспериментально показано влияние силы давления на образование волокнистых отходов.

3. Предложена зависимость, связывающая интенсивность процесса обработки с силами натяжения и давления, воздействующими на льносырец.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Э.В., Коорабельников Р.В. Совершенствование теории и технологии процесса очистки длинного льняного волокна. – Кострома, 2006.
2. Левитский И.Н. Новое в обескостривании лубоволокнистых материалов. – Кострома: КГТУ, 1994.
3. Пашин Е.Л. Совершенствование метода оценки эффективности обескостривания льна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №6.
4. Трифонов В.Г. Количественная и качественная характеристика отходов трепания. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1959, №5.
5. Вихарев С.М. Применение теории марковских процессов для моделирования динамики процесса трепания льна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С.
6. Вихарев С.М., Федосов Н.М. Уточнение марковской модели процесса трепания // тезисы Прогресс-2008. – Иваново: ИГТА, 2008.
7. Петров С.С. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата по показателю отделяемости льнотресты: Дис....канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2007.
8. Мастейкене-Пакалкайте И.Ю. Исследование некоторых элементов процесса трепания льна на машинах с трехбильными и четырехбильными барабанами: Дис....канд. техн. наук. – Каунас: ЛитНИИМиЭСХ, 1959.
9. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома, 2002.
10. Суслов Н.Н. Измерение сил давления бильной планки на прядь волокна в трепальных

машинах. // Научн.-исследоват. тр. КТИ, вып. 13. – Л.: Гизлегпром, 1958.

11. Сулов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис....докт. техн. наук. – Кострома, 1961.

12. Вихарев С.М. Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для

трепания льна: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 2003.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 04.06.10.

УДК 677.021.151.25

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЯДЕЙ ЛЬНЯНОГО СЫРЦА ПОСЛЕ ИХ РАСПРЯМЛЕНИЯ ПЕРЕД ТРЕПАНИЕМ*

М.С. ЕНИН

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Статья посвящена проблеме повышения пригодности льняного слоя к обработке трепанием. Представлены экспериментальные данные по изменению структурных параметров льняного слоя в процессе мятья и распрямления.

The article is devoted to the problem of increasing of the linen layer suitability to the scutching treatment. Experimental data concerning the change of linen layer structural parameters in the course of braking and straightening are presented herein.

Ключевые слова: пригодность льняного слоя к трепанию, промин, комлевые и вершиночные участки прядей, параметры слоя, распрямление прядей сырца.

Известно, что в результате промина ухудшается пригодность льняного слоя к трепанию [1]. В основном это происходит из-за уменьшения его ширины. Более внимательное наблюдение за процессом и сравнительная оценка состояния слоя до и после промина позволила установить, что одной из причин упомянутых изменений является гофрирование прядей сырца и увеличение их углового разворота и дезориентации.

Для улучшения структурных параметров слоя было предложено искусственное распрямление комлевых и вершиночных

участков прядей при зажиме горстей сырца посередине.

Была осуществлена экспериментальная проверка эффективности этой операции. Исследовали длинностебельную и короткостебельную льняную стланцевую тресту. Фиксируя (путем покраски) в анализируемой массе случайно выбранные стебли (30-кратная повторность), осуществляли контроль изменения параметров длины (L) прядей (с учетом их гофрированности и углового разворота), растянутости по их концевым участкам (σ_k и σ_b) и интегрального показателя структуры слоя – пригодности к трепанию [2].

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Е.Л. Пашина.

После промина прядь сырца подвергли искусственному распрямлению обоих ее концов, после чего определяли параметры слоя. Результаты опыта представлены на рис. 1...3.

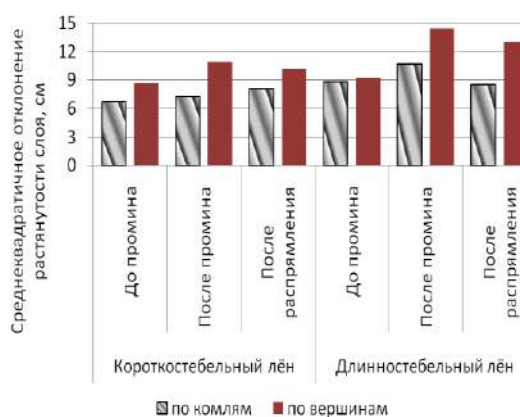


Рис. 1

Оказалось, что распрямление концевых участков прядей сырца позволяет уменьшить растянутость по комлевым и вершинным участкам слоя (рис. 1) и увеличить среднюю длину прядей сырца (рис. 2) в процессе обработки.

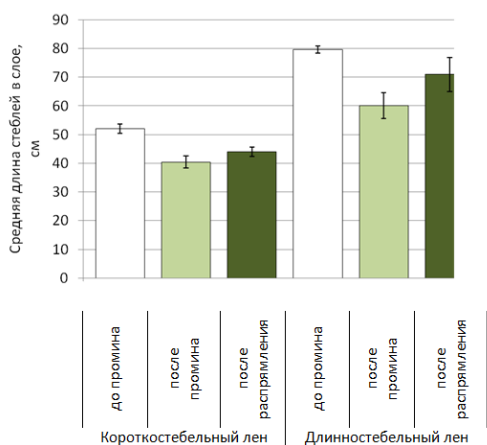


Рис. 2

Данные обстоятельства, как следствие, приводят к увеличению пригодности слоя к трепанию (рис. 3).

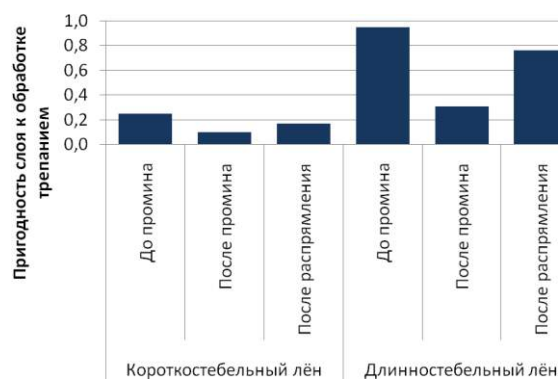


Рис. 3

Таким образом, применение дополнительной операции распрямления прядей сырца после промина приведет к улучшению структурных параметров слоя, обуславливающих увеличение выхода трепанного льна. В качестве возможного варианта распрямления прядей сырца возможно применение одностороннего трепания (вразбежку) одновременно вершинного и комлевого конца слоя [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л. Агрпромышленное и технологическое качество льна. – Кострома: ВНИИЛК, 2004.
2. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. Пат. 2388853 Российская Федерация, D 01 В 1/16, D 01 В 1/26. Секция трепальной машины для обработки лубяных волокон / Пашин. Е.Л., Енин М.С., Маянский С.Е. – №2008148739/12; заявл. 10.12.2008; опубл. 10.05.2010, Бюл. №13. – 6 с. : ил.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 04.06.10.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОРТИРОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО КОКОНОВ ПО ОТТЕНОЧНОСТИ ЦВЕТА ОБОЛОЧКИ НА БАЗЕ МКК-1

А.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Х.А.АЛИМОВА, Ш.А. УСМАНОВА

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

E-mail: titlp@mail.tps.uz

Статья посвящена новому способу автоматизированной сортировки коконов по оттеночности цвета оболочки.

The article is devoted to the new method of the automated assorting of cocoons on the colours' shades of a coating.

Ключевые слова: рассортировка коконов по оттеночности цвета, оболочки, общая длина непрерывно разматываемой нити, шелконосность, нежные тона, новое сортировочное устройство, ультрафиолетовое просвечивание.

Качество и оттеночность оболочки коконов имеет большое значение для определения длины общей и непрерывно разматываемой нити и шелконосности. В технической и патентной литературе отсутствуют сведения об электронных и автоматизированных устройствах по рассортировке коконов по оттеночности цвета оболочки.

На применяемом в шелковой промышленности механизированном конвейере МКК-1 сортировка коконов по дефектности и цвету оболочки осуществляется работницей органолептически и зависит от квалификации сортировщика [1]. Визуально почти все коконы сортируются как белые.

С помощью проведенных нами исследований путем просвечивания коконов ультрафиолетовыми лучами установлено, что около 79% оболочки коконов оказались фиолетового, 18% – желтого и лишь 3% – белого оттенка. Одиночная размотка коконов показала, что общая и непрерывно разматываемая длина нити у коконов с фиолетовым оттенком оболочек на 25 и 35% соответственно выше, чем у коконов желтого оттенка, а наихудшие показатели были у коконов с белым оттеночным цветом.

В связи с этим заключаем, что шелксырец, вырабатываемый из коконов по

традиционному способу сортировки, где смешаны оболочки с разными характеристиками, не соответствует требованиям международного стандарта класса "А".

Для устранения этих недостатков нами разработана компьютерная программа для определения оттеночности коконов в реальном времени [2] и усовершенствован конвейер МКК-1 путем автоматизирования сортировки коконов по оттеночности цвета оболочки [3].

Устройство для сортировки коконов по оттенкам цвета оболочки состоит из сортировочного стола 1, сортировочного конвейера 2. Лента конвейера герметично обтянута шелковой черной тканью и конвейер транспортирует коконы строго по одному в рабочие окна 3 для сбора коконов по оттеночности цвета оболочки с помощью флажков 4 и для отвода коконов по цветам в рабочие окна. Конвейер 2 оснащен ультрафиолетовой лампой 5 и видеокамерой 6, компьютером 7, управляющим с помощью программного управления грузочным бункером 8, двумя ленточными транспортерами 9, дозатором 10, пусковой аппаратурой 11, погрузчиком 12, уборочным транспортером 13, емкостью 14 для сбора испытываемых коконов 15 (рис. 1 и 2).

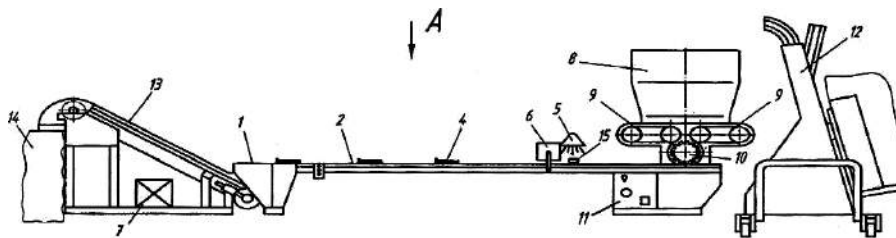


Рис. 1

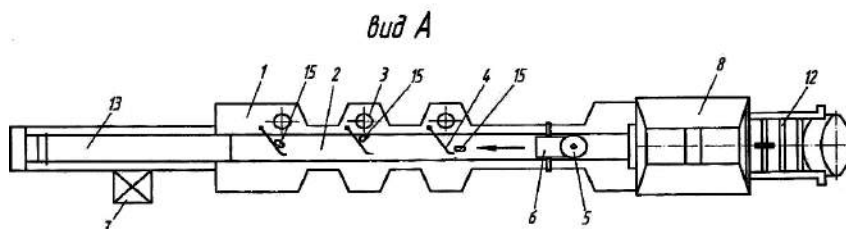


Рис. 2

Сортировочное устройство работает следующим образом: при помощи пусковой аппаратуры 11 включается автоматизированное сортировочное устройство коконов. Несортированные коконы с помощью погрузчика 12 загружаются в бункер 8 и барабанным дозатором 10 коконы по одному попадают на сортировочный конвейер 2. Конвейер движется и коконы просвечиваются ультрафиолетовыми лучами лампы 5. На основе флуоресцентных свойств оболочки определяется оттеночность цвета коконов в реальном времени. Сигнал лучей передается на видеокамеру 6 и компьютер 7, оснащенный программой для рассортировки коконов по оттеночности. С помощью флажков 4, закрепленных шарнирно на сортировочном столе 1 и установленных с заданным шагом с зазором вдоль рабочей поверхности конвейера, коконы отводятся по оттеночности цвета оболочки в окна 3. Начальное рабочее окно предназначено для желтого оттенка цвета коконов. Коконы других цветов, движутся до второго окна – туда сбрасываются коконы белого цвета. Коконы фиолетового цвета уборочным транспортером 13 засыпаются в свою емкость 14, при этом точность определения оттенка зависит от числа пикселей видеокамеры. Процесс определения оттеночности цвета коконов позволяет отобрать коконы с высо-

кими одинаковыми технологическими показателями и вырабатывать шелк-сырец высокого качества. Например, выработанный шелк-сырец из коконов с фиолетовой оболочкой соответствовал требованиям стандарта международного класса "А", тогда как шелк-сырец, выработанный из коконов традиционной сортировки без учета оттеночности цвета оболочки, соответствовал классу "Б".

С целью выяснения влияния оттенков шелка на колористические свойства гладкокрашеного материала опытные и контрольные образцы подвергали процессу крашения активными красителями. Шелк, выработанный из сырья по новой сортировке, имеющей одинаковую цветовую базу, получил окраску с высокой равномерностью. Вследствие разнооттеночности исходного сырья контрольные образцы материала прокрасились неравномерно с дефектом.

В целях увеличения объема производства натурального шелка нежных тонов и изделий из него, пользующихся большим спросом на рынках, рекомендуется в качестве сырья использовать шелк-сырец, крученые комплексные нити, выработанные из коконов по новой сортировке, то есть размотанных по оттеночности цвета оболочки.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в целях выработки шелка-сырца высокого класса необходимо сортировать коконы на автоматизированном конвейере по оттеночности цвета оболочки.

2. Визуально белые оболочки коконов гибрида Ипакчи 2 X Ипакчи 1 при ультрафиолетовом просвечивании оказались около 79% фиолетового, 18% желтого и 3% белого оттенков. Самые высокие технологические показатели были у коконов с фиолетовым оттенком оболочки.

3. С помощью крашения показано, что шелк, выработанный из сырья одинакового оттенка, установленного с помощью ультрафиолетового просвечивания, получил равномерную окраску, а контрольный, со-

стоящий из сырья различных оттенков, прокрасился с дефектом, неравномерно.

4. Экспериментально установлено, что для выработки гладкокрашенных шелковых тканей нежных тонов, необходимо в качестве исходного сырья использовать шелк-сырец, выработанный из коконов с одинаковой по оттеночности цвета оболочки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рубинов Э.Б.* Технология шелка: Учебник. – Ташкент, 1989. С.46...47.

2. Программа для определения оттеночности коконов в реальном времени: пат. РУз № DGU 01345 от 16.08.2007, авторы: Юлдашбекова К.М., Алимова Х.А., Корабельников А.В., Гуламов А.Э., Усмонова Ш.А., Иргашев Б.У.

Рекомендована кафедрой технологии шелка.
Поступила 04.06.10.

УДК 677.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СК-ПРОДУКТА ИЗ ОДНОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В НЕСИММЕТРИЧНОМ АКУ ПРИ РАЗНЫХ ДАВЛЕНИЯХ В РАБОЧИХ КАМЕРАХ

Н.С. КУЗНЕЦОВА, А.А. ТЕЛИЦЫН, Л.С. ИЛЬИН

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

Рассматривается процесс скручивания льняных однородных волокнистых компонентов самокруточным способом с помощью несимметричного аэродинамического крутильного устройства.

The process of twisting of linen homogeneous fibrous components by the self-twisting method by means of the asymmetrical aerodynamic twisting device is considered in the article.

Ключевые слова: аэродинамическое крутильное устройство, самокруточный способ формирования волокна, однородные волокнистые компоненты, спектральный анализ.

В статье исследовался процесс деформирования СК-продукта из льняных однородных волокнистых компонентов в несимметричном АКУ при разных давлениях в рабочих камерах.

Нами производились испытания на прочность, а также на неровноту льняной СК-пряжи на приборе КЛА-М. Полученные результаты приведены в виде графических зависимостей и спектрограмм; проведен их сравнительный анализ.

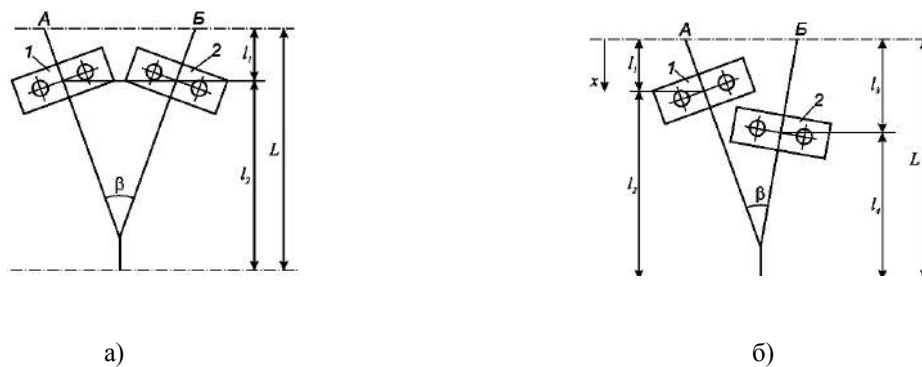


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема симметричного (а) несимметричного АКУ (б). Здесь 1 и 2 – пневматические камеры значопеременной крутки с двумя сопловыми каналами; на рис. 1-а: $L=\ell_1+\ell_2$ – расстояние между зажимами подающей и отводящей пар цилиндр – нажимной валик, определяемое как общая длина зоны кручения и формирования, ℓ_1 – длина первой зоны кручения одиночного компонента (А или Б), ℓ_2 – длина второй зоны кручения одиночного компонента; на рис. 1-б: ℓ и ℓ_2 – длины зон кручения для левого компонента, ℓ_3 и ℓ_4 – длины зон кручения для правого компонента.

В результате исследования описанного ранее [1] процесса скручивания однородных волокнистых компонентов на машине ПСК с использованием двух видов аэродинамических крутильных устройств (АКУ) (рис. 1) были сделаны следующие выводы.

1 Для формирования СК-продукта из однородных волокнистых компонентов следует использовать симметричное АКУ. При этом достигается более высокая прочность пряжи при меньшем расходе сжатого воздуха.

2. Целесообразно продолжить исследования возможностей несимметричного АКУ путем обеспечения независимого регулирования рабочего давления сжатого воздуха в сопловых каналах левой и правой камер.

Здесь первый вывод, казалось бы, подтверждает очевидное: если в процессе используются одинаковые волокнистые компоненты, то и условия их скручивания (длины зон кручения и давление сжатого воздуха в левой и правой камерах) должны быть одинаковы. Однако несимметричная схема позволяет несколько уменьшить угол между соединяемыми компонентами, что, как показано в работе [2], существенно уменьшает раскручивающий момент от действия продольных сил в компонентах, что может в итоге явиться фактором, позволяющим добиться уменьшения длины "нулевых зон" в сдвоенном продукте.

С целью подтверждения или опровержения этого предположения были проведены следующие исследования.

На первом этапе определяли значения рабочих давлений в левой и правой камерах, при которых технологический процесс происходит стабильно, без обрывов мычки. После этого была проведена наработка двух партий пряжи из льняных однородных волокнистых компонентов 56 текс при следующих значениях рабочих давлений сжатого воздуха в камерах по рис.1-б:

- в левой камере (поз. 1) 0,1 МПа, в правой камере (поз. 2) 0,08 и 0,09 МПа;
- в левой камере (поз. 1) 0,15 МПа, в правой камере (поз. 2) 0,1 и 0,14 МПа.

Результаты в виде графической зависимости показаны на рис. 2 – влияние давления на несимметричную АКУ на прочность СК-продукта из однородных волокнистых компонентов.

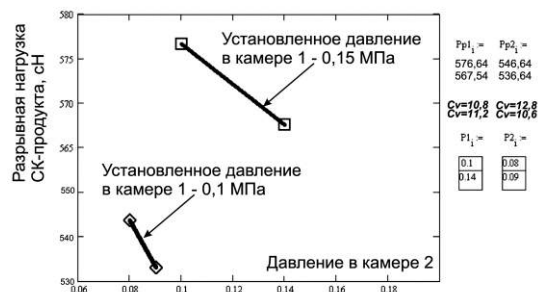


Рис. 2

Анализ полученных зависимостей показывает, что при более высоких давлениях, установленных в соплах левой и правой крутильных камерах, значения разрывной нагрузки СК-продукта достигают значений, полученных на симметричном АКУ (в нашем случае это 576,64 сН). Однако при этом длина нулевых зон полученного СК-продукта оказалась на 20% меньше, чем при формировании такого же продукта с использованием симметричного АКУ, что подтверждает выводы, сделанные в [2] по результатам теоретического исследования модели процесса.

Далее был проведен анализ неровноты однородного волокнистого компонента и СК-продукта, полученного из этих же однородных волокнистых компонентов на комплексной лабораторной автоматизиро-

ванной установке KLA-M. Результаты представлены на рис. 3 – спектрограмма однородного волокнистого компонента и на рис. 4 – спектрограмма СК-продукта из однородных волокнистых компонентов.

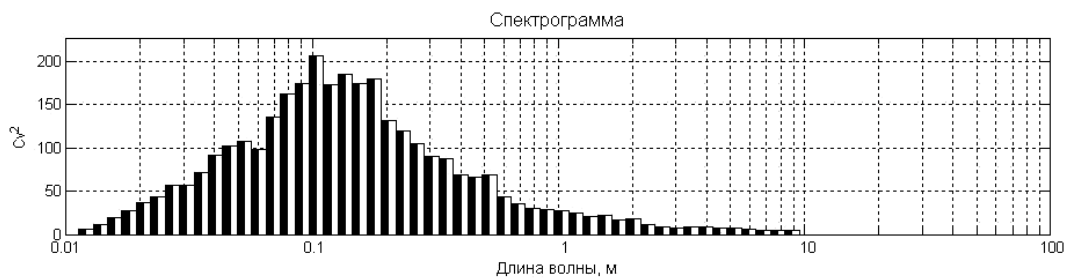


Рис. 3

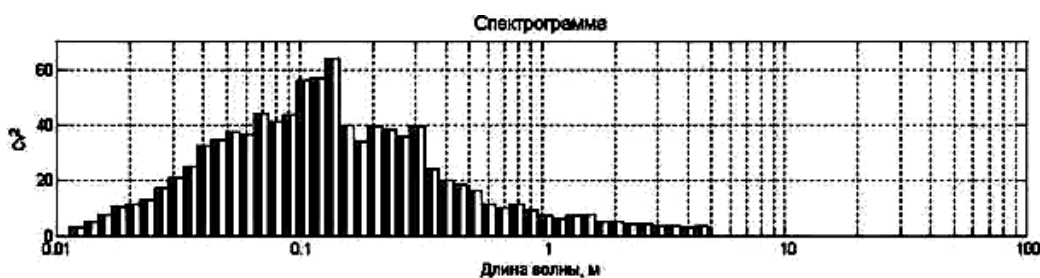


Рис. 4

Спектрограмма – это спектральная плотность, то есть функция, характеризующая распределение дисперсий по длинам волн. Анализируя полученные спектрограммы, можно с уверенностью утверждать, что скручивание в два сложения ведет к существенному снижению неровноты, так как распределение дисперсий снижается с 210% (у однородного волокнистого компонента) до 67% (у СК-продукта). При этом пиков и резких скачков не наблюдается.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что использование несимметричного АКУ для формирования СК-продукта из однородных компонентов возможно, однако при этом требуется независимое регулирование значений рабочих давлений в сопловых каналах левой и правой камер.

2. Использование несимметричного АКУ позволяет на 20% уменьшить длину "нулевых зон" в СК-продукте.

3. Прочность СК-продукта при скручивании на несимметричном АКУ возросла на 28% по сравнению с одиночным волокнистым компонентом.

4. Спектры полученных сдвоенных СК-продуктов указывают на существенное снижение неровноты по сравнению с одиночным однородным волокнистым компонентом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова Н.С., Телицын А.А., Ильин Л.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С. 61...63.
2. Телицын А.А., Делекторская И.А., Новиков С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №3. С. 31...34.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических продуктов. Поступила 04.06.10.

УДК 677.053.23

**ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГРУЗА ПРОТИВОВЕСА
НА ПЛОТНОСТЬ НАМОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ БОБИНЫ***А.Б. БРУТ-БРУЛЯКО, Е.А. АНТИПИНА, М.Ю. ТАРАТИН*

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

Рассматривается вопрос влияния груза противовеса на мотальной машине ММЛ-2 на плотность намотки льняной пряжи в цилиндрических бобинах, которые предназначены для крашения; установлена прямая корреляционная связь между давлением веретена на мотальный барабанчик и плотностью намотки пряжи.

The question of the influence of a weight equalizer freight at the winding machine MML-2 on a linen yarn winding density in cylindrical bobbins which are intended for dyeing is considered; direct correlation connection between the spindle pressure on a traverse drum and a yarn winding density is established.

Ключевые слова: веретено, груз противовеса, приклон, пряжа, плотность намотки, бобина.

Для получения необходимой плотности намотки нитей в конических и цилиндрических бобинах на мотальном оборудовании необходимо иметь возможность регулирования натяжения нитей и возможность регулирования усилия прижима бобины к мотальному барабанчику.

При формировании конических бобин, для использования их в сновании и на ткацких станках в качестве утка, приклоны веретен на мотальном оборудовании специально утяжеляются с целью увеличения плотности намотки пряжи в бобинах. Регулирование плотности намотки нитей в конических бобинах обеспечивается за счет изменения натяжения нитей после натяжного прибора [1].

Подготовка цилиндрических бобин для крашения требует формирования намотки

с меньшей плотностью для лучшей фильтрации красящей жидкости в бобинах. На мотальных машинах ММЛ-2, предназначенных для формирования цилиндрических бобин под крашение, предусмотрено в конструкции приклона веретена разгружающее устройство, которое позволяет изменить усилие прижима веретена к мотальному барабанчику [2].

Приклон веретена выполнен в виде двухплечего рычага, у которого на внутреннем плече расположен эксцентрично груз противовеса. Изменяя расстояние груза противовеса относительно оси качания приклона, представлена возможность изменения силы давления веретена на мотальный барабанчик, что, в свою очередь, влияет на плотность намотки нитей в цилиндрической бобине.

Формированию намотки нитей с различной структурой способствует использование различных комбинаций натяжения нити и величины давления веретена на мотальный барабанчик для качественного строения сформированной бобины.

Для анализа изменения силы давления веретена на мотальный барабанчик в зависимости от расстояния груза противовеса от оси качания приклона проведен расчет этого усилия.

Схема действия сил на приклон веретена машины ММЛ-2 приведена на рис. 1.

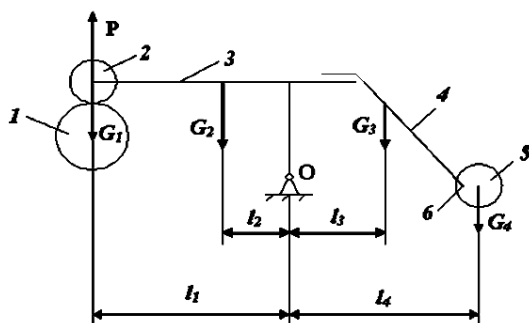


Рис. 1

На схеме веретено 2, расположенное на оси приклона 3, прижимается к мотальному барабанчику 1. Веретено 2 к приклону 3 крепится рычаг 4 груза противовеса 5. Груз 5 противовеса закреплен на рычаге 4 эксцентрично. Центр тяжести груза 5 противовеса за счет поворота на оси 6 может располагаться от оси O приклона на расстоянии от 80 до 130 мм.

Сила давления веретена на мотальный барабанчик рассчитывается по формуле:

$$P = G_1 + G_2 \frac{l_2}{l_1} - G_3 \frac{l_3}{l_1} - G_4 \frac{l_4}{l_1}, \text{ сН} \quad (1)$$

где P – реакция мотального барабанчика на веретено, сН; G_1 – масса веретена с патроном (1580 сН); G_2 – масса приклона веретена (930 сН); G_3 – масса рычага противовеса (170 сН); G_4 – масса груза противовеса (700 сН); l_1 – расстояние от центра веретена до оси приклона (100 мм); l_2 – расстояние от центра тяжести приклона до оси приклона (30 мм); l_3 – расстояние от центра тяжести рычага до оси приклона (70 мм); l_4 – по-

ложение центра тяжести груза от оси приклона (80, 90, 105, 120, 130 мм).

Зависимость усилия давления веретена от положения груза противовеса на мотальный барабанчик приведена на рис. 2.

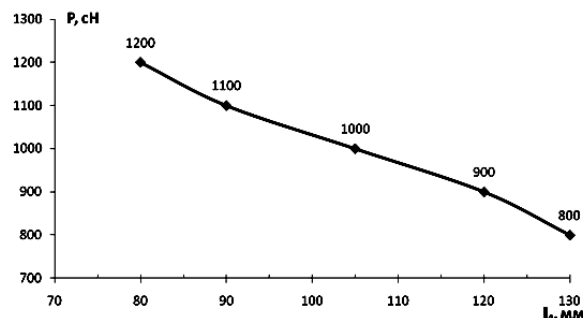


Рис. 2

Результаты расчета усилия прижима веретена к мотальному барабанчику показывают, что чем ближе к оси приклона расположен груз противовеса, тем с большим давлением прижимается веретено к мотальному барабанчику, и, следовательно, плотность намотки пряжи в цилиндрической бобине должна увеличиваться. При этом, если груз противовеса будет располагаться все дальше от оси приклона, то плотность намотки пряжи в бобине должна снижаться.

Сопоставляя величины усилия давления веретена на мотальный барабанчик в зависимости от положения груза противовеса, можно отметить, что величина давления изменяется в 1,42 раза.

Для оценки влияния положения груза противовеса относительно оси приклона был проведен натурный эксперимент в производственных условиях ОАО "Льнообъединение им. И.Д. Зворыкина" (г. Кострома).

Исследование проводилось с белой льняной пряжей 68 текс на мотальной машине ММЛ-2. Скорость перематывания пряжи составила 500 м/мин. Пряжа перематывалась на одном веретене для уменьшения ошибки опытов. Груз противовеса устанавливался на пяти уровнях: 80, 90, 105, 120 и 130 мм от оси качания приклона.

Плотность намотки пряжи в цилиндрической бобине для каждого опыта определяли отношением массы пряжи на патроне

к объему пряжи. Перед формированием бобины производилось взвешивание патрона на циферблатных весах. После наработки бобин определенного размера бобина снималась с веретена и повторно взвешивалась для определения массы пряжи. Объем пряжи в бобине замерялся штангенциркулем с точностью до миллиметра.

Объем пряжи рассчитывался по формуле:

$$V = \frac{\pi H}{4} (D^2 - d^2) \text{ см}^3, \quad (2)$$

где H – высота намотки пряжи в цилиндре, см; D – диаметр намотки пряжи, см; d – диаметр цилиндрического патрона, см.

Таблица 1

Положение груза противовеса относительно оси, мм	80	90	105	120	130
Высота намотки пряжи, см	13,8	13,7	14	13,8	14
Диаметр патрона, см	8,6	8,9	8,9	9,0	8,9
Диаметр пряжи, см	14,5	14,9	14,9	15,3	15,3
Объем пряжи, см ³	1476,4	1535,0	1569,3	1658,4	1702,1
Масса пряжи, г	520	522	519	526	525
Плотность намотки пряжи, г/см ³	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31

Результаты экспериментов показывают, что плотность намотки пряжи 68 текс изменяется на 12,9% в зависимости от расстояния груза противовеса от оси качания приклона веретена. Наибольшее расстояние центра тяжести груза противовеса позволяет получить необходимую плотность намотки пряжи 0,31 г/см³, которая требуется для технологии крашения.

Расчет корреляционного отношения позволил установить значительное влияние величины давления бобины на мотальный барабанчик на величину плотности намотки пряжи в бобине. Корреляционное отношение определяется величиной $r = 0,99$.

В результате аппроксимации данных, приведенных в табл. 1, получена математическая модель зависимости плотности намотки льняной пряжи 68 текс от величины расстояния центра тяжести груза противовеса от оси качания приклона:

Плотность намотки пряжи в цилиндрической бобине определяли по формуле:

$$\gamma = \frac{G}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (3)$$

где G – масса пряжи на бобине, г.

При формировании цилиндрических бобин натяжение пряжи после натяжного прибора равнялось 37,5 сН.

Изменение плотности намотки льняной пряжи 68 текс в цилиндрической бобине в зависимости от положения груза противовеса от оси качания приклона приведено в табл. 1.

$$\gamma = 0,41 - 0,00076\ell, \quad (4)$$

где ℓ – расстояние центра тяжести груза от оси качания приклона, мм.

Относительная погрешность аппроксимации не превышает 1,0%.

График изменения плотности намотки льняной пряжи в бобине в зависимости от положения груза противовеса относительно оси качания приклона представлен на рис. 3.

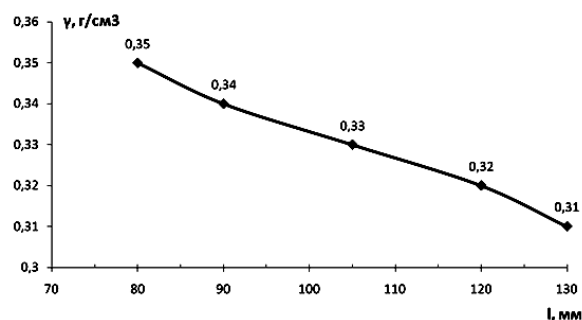


Рис. 3

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Положение груза противовеса относительно оси приклона влияет на величину давления веретена на мотальный барабанчик и плотность намотки пряжи в цилиндрической бобине.

2. Наименьшая плотность намотки соответствует наибольшему расстоянию центра тяжести груза противовеса от оси качания приклона. Плотность намотки льняной пряжи 68 текс изменяется на 12,9% в зависимости от расположения груза противовеса по отношению к оси качания приклона.

3. Получена математическая модель плотности намотки в цилиндрической бобине в зависимости от расположения груза противовеса на приклоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В. Теория процессов, технология и оборудование подготовительных операций ткачества. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

2. Тягунов В.А., Комаров В.Г. Узлы и устройство новых машин для перематывания льняной пряжи. – Кострома: РИО КТИ, 1987.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 04.06.10.

УДК 677.024.1

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ НИТИ В ТКАНИ*

А. П. ГРЕЧУХИН, В. Ю. СЕЛИВЕРСТОВ

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Предложено описание формы нити в ткани с помощью кусочно-непрерывной функции (приняв, что кривая, задающая форму нити, огибает контур сечения пересекающей ее нити, между пересечениями нить прямая и сопрягается с огибаемым контуром по касательной к нему).

The description of a thread form in a fabric by means of piecewise-continuous function (accepting that the curve, setting the form of a thread, bends around a section contour of a thread crossing it, between crossings the thread is a straight line and is interfaced to a bent around contour on a tangent to it) is offered.

Ключевые слова: ткань, геометрическая модель нити, кусочно-непрерывная функция, строение ткани.

Определение геометрических характеристик нити в ткани является одной из наиболее важных задач при проектировании, исследовании и моделировании свойств ткани.

Существует множество работ, посвященных решению задачи описания геометрии нити в ткани. Наиболее успешные ре-

зультаты получены в работах наших ученых и ряда зарубежных авторов [1...9]. В [1] предложено использовать ряд Фурье для определения геометрических характеристик нитей, однако использовать полученные авторами результаты для построения профилей нитей в ткани нельзя, хотя и получены хорошие результаты соответствия

* Работа выполнена по проекту № НК-632П/38(3) в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009 – 2013 годы.

теоретических и экспериментальных данных по определению некоторых геометрических характеристик тканей. В [4] модель нити предложено выполнить в виде дуг окружности, заменив при этом эллипс окружностью для упрощения расчетов. Однако при построении моделей ткани такие упрощения не приведут к упрощению модели нити. Наибольший интерес в настоящее время представляют исследования, проведенные в [6...9]. В работах [8] и [9] получена трехмерная модель строения многослойных тканей любой конфигурации; реализованы возможности прогнозирования многих физических характеристик тканей. Для построения геометрической модели авторы используют сплайн-аппроксимацию [6]. Аппроксимация может приводить к взаимопроникновению нитей, для устранения которого авторами разработан специальный механизм [9], что усложняет модель.

Считаем целесообразным предложить описание формы нити в ткани с помощью кусочно-непрерывной функции (приняв, что кривая, задающая форму нити, огибает контур сечения пересекающей ее нити, между пересечениями нить прямая и соприкасается с огибаемым контуром по касательной к нему [3...5]), несмотря на некоторую критику этого подхода в работах [2], [6]. Такое описание позволяет строить 3-D модели тканей с нитями любой пространственной конфигурации и учитывать изменение размеров поперечного сечения нитей, а также явления бокового изгиба. Особенно важно будет наиболее точно описать геометрию нитей для тканей с переменной плотностью расположения основных и уточных нитей, так как переменная плотность обуславливает различные параметры строения ткани в местах изменения плотности, а структура ткани неоднородна.

Рассмотрим переходный участок нити в ткани. Поперечные сечения нитей будем рассматривать в виде эллипсов (возможно использование любых форм сечений). Большие и малые оси эллипсов зависят от коэффициентов смятия нитей в ткани и определяются по известным зависимостям.

На рис. 1 представлена схема, по которой будем строить профиль нитей (разрез вдоль основы), где q – малая полуось эллипса, по которому строится профиль огибающей нити; u – большая полуось эллипса, по которому строится профиль огибающей нити; w – половина поперечника по вертикали нити утка с учетом смятия; r – половина поперечника по горизонтали нити утка с учетом смятия; ℓ_y – геометрическая плотность по утку; h_0 – высота волны изгиба нити основы; h_y – высота волны изгиба нити утка.

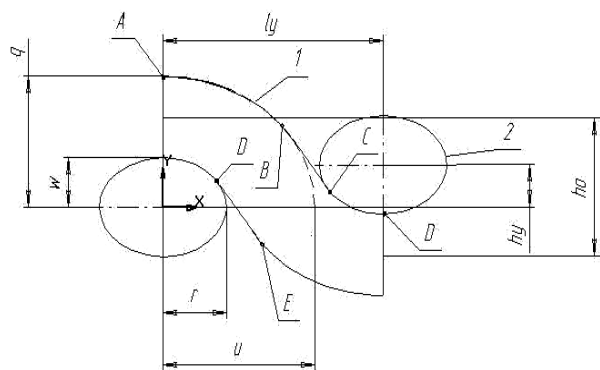


Рис. 1

Причем необходимо, чтобы:

$$q = w + d_{\text{ов}}, u = r + d_{\text{ов}}$$

где $d_{\text{ов}}$ – вертикальный диаметр нити основы, мм.

За начало координат принимаем центр уточной нити (центр эллипса, который описывает сечение уточной нити). Тогда для построения профиля основной нити необходимо построить верхние и нижние границы этого профиля.

Приведем расчет на примере верхней границы профиля нити. Для этого необходимо построить эллипс с центром в начале координат и следующими размерами: по оси x : u , по оси y : w .

Тогда верхняя граница профиля нити будет состоять из трех частей: АВ, ВС, CD (предполагаем, что огибающая нить принимает форму эллипса, прямой, а затем опять эллипса).

Кривая ABCD может быть задана в виде кусочно-непрерывной функции. Для задания этой кривой необходимо определить точки касания касательной BC и эллипсов 1 и 2.

Зададим уравнение части эллипса (1) в виде:

$$y_1(x) = H + q\sqrt{1 - \frac{(x - v)^2}{u^2}}, \quad (1)$$

где $y_1(x)$ – функция, описывающая форму поверхности нити до точки В; H – ордината центра уточной нити; v – абсцисса центра уточной нити.

(Если центр уточной нити расположен в начале координат, то H и v равны 0).

Уравнение сечения уточной нити (2) находится на расстоянии ℓ_y от начала координат:

$$y_2(x) = E - w\sqrt{1 - \frac{(x - \ell_y)^2}{r^2}}, \quad (2)$$

где $y_2(x)$ – функция, описывающая форму поверхности нити после точки D; E – ордината центра уточной нити: $E = h_y - H$.

Угловой коэффициент касательной к эллипсам определится как производная функции y_1 или y_2 в точках касания В и С, то есть:

$$k_1 = y_1'(x_1), \quad k_2 = y_2'(x_2), \quad (3)$$

где x_1 – абсцисса точки В (рис. 1); x_2 – абсцисса точки С; (x_3, x_4 – абсциссы точек D и E соответственно).

Для нахождения параметров x_1, x_2, k, b (свободный член в уравнении прямой BC, для прямой DE – b_1), которые будут задавать кусочно-непрерывную функцию на отрезке ABCD, составим систему уравнений:

$$\begin{cases} y_1'(x_1) = y_2'(x_2), \\ y_1'(x_1)x_1 + b = y_1(x_1), \\ y_2'(x_2)x_2 + b = y_2(x_2). \end{cases} \quad (4)$$

Аналитическое решение системы уравнений затруднительно. Численное решение можно реализовать различными программными средствами. После решения величина k может быть найдена по формулам (3).

Тогда уравнение кусочно-непрерывной функции ($j(x)$), задающей изменение профиля нити (на примере верхней части профиля нити):

$$j(x) = \begin{cases} H + q\sqrt{1 - \frac{(x - v)^2}{u^2}}, & 0 < x \leq x_1, \\ kx + b, & x_1 < x \leq x_2, \\ E - w\sqrt{1 - \frac{(x - \ell_y)^2}{r^2}}, & x_2 < x \leq \ell_y. \end{cases} \quad (5)$$

Покажем расчет геометрии профиля нити для ткани-прототипа полотняного переплетения со следующими характеристиками: $P_y = 225$ нит/10 см; пряжа в основе и утке – хлопчатобумажная 29 текс; $h_y = 0,05$ мм; коэффициент смятия для основы и утка по вертикали – 0,85, по горизонтали – 1,15; коэффициент, учитывающий вид волокнистого состава – 1,25 для основы и утка.

Результат расчета в пакете Mathcad представлен на рис. 2 (разрез ткани-прототипа вдоль основы).

Следует отметить, что сечение нитей по длине может изменяться из-за изменения характера взаимодействия между нитями. Это также можно учесть при построении профиля нити в тканях любых переплетений (это будет важно при построении трехмерной модели ткани).

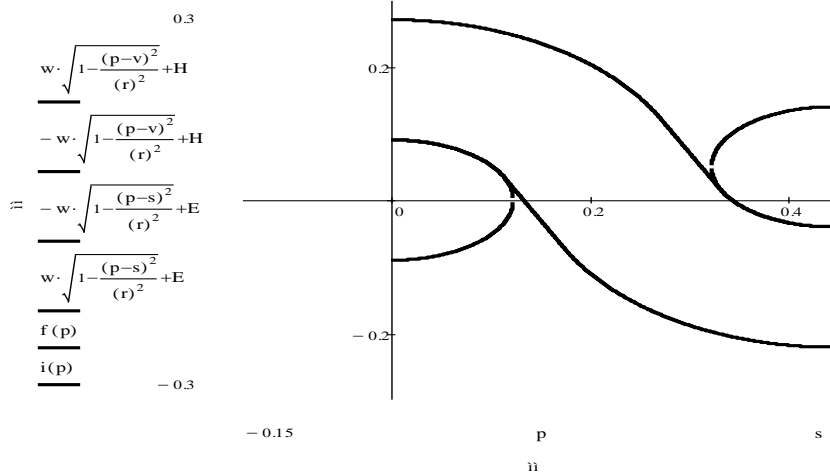


Рис. 2

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика расчета профиля нити в ткани полотняного переплетения с использованием кусочно-непрерывной функции.

2. Получены формулы для построения верхней и нижней части профиля нити, что исключит при построении трехмерной модели ткани появление участков "взаимопроникновения" нитей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Г.В., Степанов С.Г. Теория строения ткани: Учебное пособие. – Иваново: ИГТА, 2004.

2. Степанов Г.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 5. С.45...48.

3. Ефремов Д. Е., Махмуд Биал // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1989, № 2. С.48...51.

4. Чугин В. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 1. С. 45...48; № 3. С. 38...42; № 4. С. 42...46.

5. Ломов С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 199, № 1. С.41...45; № 2. С.47...50; № 3. С.42...45.

6. Ломов С. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990, №6. С.49...52.

7. Ломов С. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №1. С.50...53; № 3. С.47...49; № 4. С.47...49.

8. Lomov S.V., Gusakov A.V., Huysmans G., Prodromou A., Verpoest I. Textile geometry preprocessor for meso-mechanical models of woven composites // Composites Science and Technology. – Vol. 60, 2000. P. 2083...2095.

9. Lomov S.V., Huysmans G., Verpoest I. Hierarchy of textile structures and architecture of fabrics geometric models // Textile Research Journal. – Vol. 71, № 6, 2001. P. 534...543.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 04.06.10.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАЛАДКИ ОСНОВНЫХ И УТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАСТЯЖИМЫХ ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ ТКАНЕЙ

М.Л. КОРОЛЕВА, П.Н. РУДОВСКИЙ, И.В. МИНИНKOVA, В.В. ЛАПШИН

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

В статье приведены практические рекомендации по определению оптимальных параметров наладки основных и уточных механизмов при использовании в качестве утка комбинированной СК-структуры нити.

Practical recommendations about determination of optimum parameters of the warp and weft mechanisms adjustment using as a weft of the thread combined SK-structure are resulted in the article.

Ключевые слова: основные и уточные механизмы, комбинированные СК-структуры нити, оптимальные параметры наладки.

С целью выбора технологии получения тканей с вложением высокоэластичных комбинированных СК-структуры нитей в лаборатории кафедры ткачества Костромского государственного технологического университета была выработана коллекция растяжимых льносодержащих тканей. Исходной для получения растяжимой ткани являлась заправка станков для выработки полульняной и льняной тканей 05 группы [1].

Экспериментальные исследования процесса получения растяжимой полульняной ткани с использованием в качестве утка комбинированной СК-структуры нити проведены на ткацком станке СТБ2-180, заправленном тканью полотняного переплетения.

В качестве основной нити использована хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 29 текс. В качестве уточных нитей использована беленая мокрого прядения высокая льняная пряжа линейной плотности 56 текс и комбинированные нити СК-структуры линейной плотности 112 текс, состоящие из двух хлопчатобумажных нитей линейной плотности 29 текс и одной полиуретановой нити линейной плотности 7,8 текс.

Основными параметрами исследования выбраны натяжение основных и уточных нитей в цикле работы ткацкого станка.

Закономерность изменения и уровень натяжения исследован методом тензометрии с помощью многофункционального программно-аппаратного комплекса (МПАК) [2].

Положение главного вала ткацкого станка фиксировалось фотоимпульсным датчиком угла поворота главного вала ткацкого станка.

Натяжение уточных нитей измерялось в зоне между направляющими фарфоровыми глазками фиксирующего сектора и каретки возвратчиков утка.

В качестве изменяемых параметров, влияющих на натяжение уточной нити, использованы: тип кулачка тормоза и компенсатора, тип (номер) тормозной пластины, ход лапки тормоза утка.

Эксперимент проведен для тормозных пластин (3-171, 3-172, 3-173), ходов лапки тормоза утка (0, 2, 4 мм), профилей кулачков тормоза и компенсатора (3/127, 3/152, 3/153). При этом кулачки 3-152 и 3-153 рассматривались как аналогичные [3].

Натяжение уточных нитей исследовано с применением в качестве чувствительного элемента высокочастотной дюралюминие-

вой тонкостенной балочки трубчатого сечения с наклеенными на нее тензодатчиками 2ПКП-20-100.

Критерием оценки при выборе оптимального натяжения уточных нитей служил коэффициент вариации, характеризующий неравномерность изменения натяжения уточных нитей в цикле работы ткацкого станка, средние и максимальные значения натяжения.

Одновременно с изучением натяжения уточных нитей осуществлялось исследование натяжения нитей основы.

Натяжение и отпуск основы обеспечивались фрикционным основным регулятором негативного действия. В ходе эксперимента уровень натяжения регулировался положением пружины на фигурном рычаге. Измерения проведены в зоне скало – ламели.

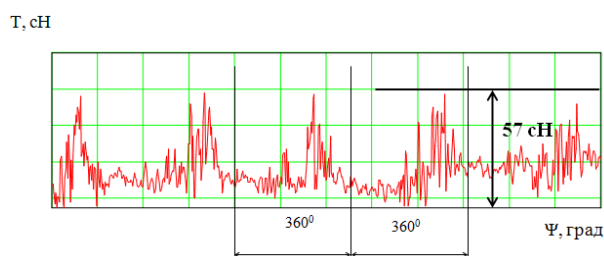
В качестве упругого элемента использована консольная балочка равного сопротивления изгибу с постоянной высотой се-

чения. В качестве чувствительных элементов использованы тензорезисторы типа 2ФКПА-5-100, наклеенные на балочку.

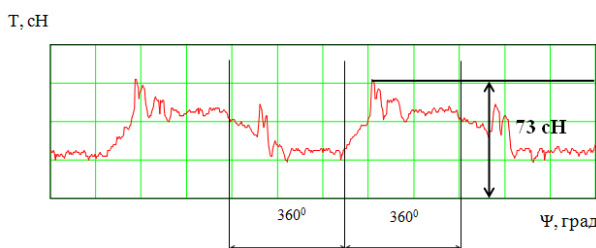
Запись натяжения основной хлопчатобумажной пряжи проведена одновременно двумя датчиками, установленными в двух точках по ширине ткацкого станка, при формировании ткани с льняной пряжей линейной плотности 56 текс и с комбинированной СК-структуры нитью линейной плотности 112 текс в качестве утка.

Количество вариантов положения пружины на рычаге определено исходя из технологических возможностей ткацкого станка, обеспечивающих возможность формирования ткани данной структуры.

За нулевой уровень было принято положение пружины на десятом зубе фигурного рычага фрикционного основного регулятора. Испытания проведены с интервалом варьирования один зуб в диапазоне от восьмого до двенадцатого зуба фигурного рычага.



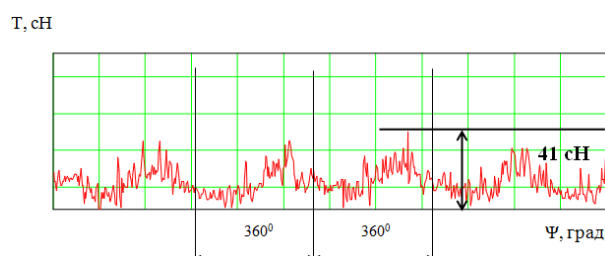
а)



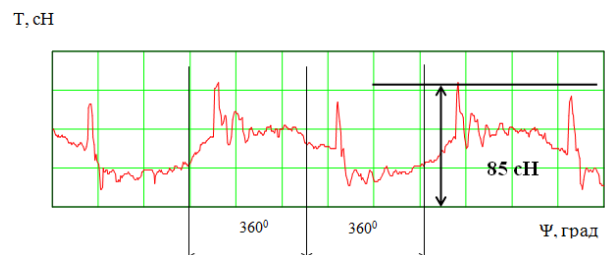
б)

Рис. 1

Как видно из графиков (рис. 1 – тензограммы натяжения утка и основы: а – уток – льняная нить, б – основа – хлопчатобумажная нить и рис. 2 – тензограммы натяжения утка и основы: а – уток – комбинированная СК-структуры нить, б – основа – хлопчатобумажная нить), характеры изме-



а)



б)

Рис. 2

нения натяжения уточных нитей в цикле работы ткацкого станка для льняных и высокорастяжимых нитей идентичны, но уровень натяжения эластичной нити при этом значительно меньше, чем льняной.

Диапазон натяжения уточной комбинированной СК-структуры нити при выра-

ботке растяжимых полульняных тканей с рельефной поверхностью составляет 31...47 сН. При этом рациональным уровнем натяжения уточной комбинированной СК-структуры нити является натяжение 41 сН, что составляет 10% от разрывной нагрузки, обуславливая малую вероятность обрыва высокорастяжимой уточной нити в процессе формирования ткани.

Правильный выбор оптимальных параметров наладки механизмов позволяет снизить уровень натяжения уточной нити на 15...20 сН, что соответствует его снижению на 20...30%. Исходя из этого целесообразно при выборе параметров наладки уточных механизмов ориентироваться на те, которые обеспечивают минимальный уровень натяжения нитей при минимальных его колебаниях в цикле работы ткацкого станка.

В результате эксперимента определены оптимальные параметры наладки уточных механизмов для комбинированной СК-структуры нити: кулачок тормоза и компенсатора – 3/127, ход лапки тормоза – 2 мм, толщина тормозной пластины – 0,06 мм.

Диапазон натяжения основных нитей при выработке растяжимых льносодержащих тканей составляет 60...97 сН. Более высокий уровень натяжения основы при прокладывании комбинированной нити объясняется тем, что линейная плотность уточной пряжи СК-структуры примерно в два раза больше, чем льняной, что приводит к увеличению заполнения ткани по утку, вызывая рост натяжения основных нитей при прибое утка. Рекомендуемым уровнем натяжения основных нитей при использовании в качестве утка комбинированной СК-структуры нити является

натяжение 85 сН, что соответствует положению пружины на десятом зубе фигурного рычага.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальными параметрами наладки уточных механизмов для комбинированных СК-структуры нитей являются: кулачок тормоза и компенсатора – 3/127, ход лапки тормоза – 2 мм, толщина тормозной пластины – 0,06 мм.

2. Рациональным уровнем натяжения уточной комбинированной СК-структуры нити является натяжение 41 сН, что составляет 10% от разрывной нагрузки.

3. При использовании в качестве утка комбинированной СК-структуры нити рекомендуемым является натяжение основных нитей 85 сН, что соответствует положению пружины на десятом зубе фигурного рычага.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Королева М.Л.* Разработка технологии получения растяжимых тканей с использованием комбинированных СК-структуры нитей в системе утка: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2009.

2. *Лапшин В.В.* Разработка структуры и исследование технических параметров программно-аппаратного комплекса для измерения натяжения нитей в процессах ткачества: Дис....канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 1998.

3. *Москаева Т.Б.* Исследование микрочелночного способа прокладывания утка и разработка имитационной модели процесса: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 1995.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 04.06.10.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОЙ ДЛИНЫ ТКАНИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ТКАЦКОГО СТАНКА*

О.А. САВВИН, С.Ф. ГЕРАСИМОВА

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

Рассмотрены различные варианты поведения двух участков ткани между опушкой и грудницей и между грудницей и вальяном. Сформулированы условия скольжения ткани по груднице как в направлении вальяна, так и в противоположном направлении.

Various variants of behaviour of two fabric parts between a skirt and the breast beam and between the breast beam and doffer are considered. Conditions of fabric sliding over the breast beam both in the direction of a doffer, and in the opposite direction are generated.

Ключевые слова: система заправки, коэффициент жесткости и натяжения ткани, скольжение ткани, деформация.

Достаточно часто возникает необходимость в определении натяжения различных участков системы заправки ткацкого станка. Для ткача знание этих натяжений необходимо для обеспечения нормального (качественного) технологического процесса, а механику – для конструирования механизмов ткацкого станка и их звеньев, взаимодействующих с системой заправки ткацкого станка.

Понятие "упругая система заправки" введено В.А. Гордеевым [1]. Он же заложил основы теории этой системы.

Согласно В.А. Гордееву "...в упругую систему заправки ткацкого станка входят основные нити и некоторая длина ткани в рабочей зоне заправки". Что касается нитей основы, то ее поведение хорошо изложено в работе [1]. Продолжением и развитием этой статьи является исследование [2].

Настоящая статья посвящена поведению ткани. Расчетную длину ткани в заправке ткацкого станка В.А. Гордеев определяет как сумму длин ткани между опушкой и грудницей, длины ткани, огибающей грудницу, длины ткани между грудницей и вальяном и некоторой длины ткани на вальяне. В [1] указывается, что поскольку

ткань огибает направляющие, то необходимо вычислять приведенные длины соответствующих участков.

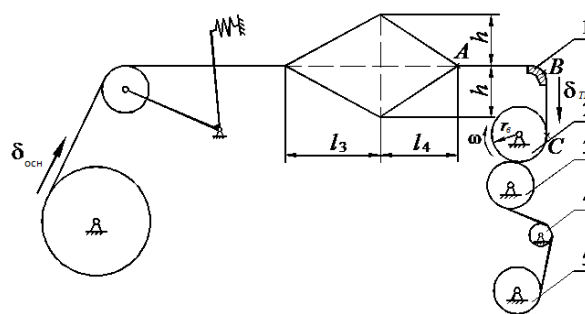


Рис. 1

Сформированная вблизи опушки А ткань (рис. 1) огибает грудницу 1, вращающийся с постоянной угловой скоростью вальян 2, прижимной валик 3, направляющий пруток 4 и наматывается на товарный валик 5.

Рассмотрим поведение ткани на участке АВС – между опушкой ткани А и точкой С ее набегания на вальян. В первом приближении будем считать, что отсутствует скольжение ткани относитель-

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук С.Н. Титова.

но вальяна, то есть считаем, что в точке С ткань неподвижна относительно вальяна. Пренебрегаем длиной ткани на дуге охвата ею грудницы 1.

Исследуем поведение ткани на двух участках: участке АВ, который назовем пятым участком и участке ВС, который назовем шестым участком.

Пусть ℓ_5 , K_5 , S_5 и ℓ_6 , K_6 , S_6 – длина, коэффициент жесткости и натяжение ткани на пятом и шестом участке соответственно; x_5 и x – величина проскальзывания ткани по груднице и перемещение опушки ткани под действием батана; $K_T(S_5)$ и $K_T(S_6)$ – коэффициенты жесткости метрового отрезка ткани при его натяжении, равном S_5 и S_6 соответственно; T_S и P_y – время одного оборота главного вала станка и плотность ткани по утку; r_b , ω – радиус и угловая скорость вальяна ($\omega = 1/(P_y T_S)$).

Коэффициенты жесткости ткани на пятом и шестом участках вычисляются по формулам:

$$K_5 = \frac{K_T(S_5)}{\ell_5}, \quad K_6 = \frac{K_T(S_6)}{\ell_6}. \quad (1)$$

Укажем на особенность поведения ткани на пятом и шестом участках: если отсутствует скольжение ткани по всей поверхности грудницы, то эти участки ткани деформируются и меняют свое натяжение независимо друг от друга. При этом их расчетные длины являются переменными, поскольку на груднице имеются дуги распространения деформации, прилегающие к пятому и шестому участку. Определение этих дуг, на которых имеется изменение деформации, и приведенных длин пятого и шестого участков является весьма сложной и трудоемкой задачей. Поскольку решается инженерная задача и очень высокая точность вычислений не требуется, воспользуемся рекомендациями, приведенными в [2]. Всю дугу охвата тканью грудницы разделим на два равных участка и прибавим длину одной полученной части к длине соответствующего прямолинейного отрезка ткани. Тогда расчетные длины пя-

того участка ℓ_{5P} и шестого участка ℓ_{6P} определяются зависимостями:

$$\ell_{5P} = \ell_5 + r_b \alpha_6 / 2, \quad \ell_{6P} = \ell_6 + r_b \alpha_6 / 2, \quad (2)$$

где r_b и α_6 – радиус закругления грудницы и угол ее охвата тканью.

Коэффициенты жесткости соответствующих участков ткани определяются зависимостями (1), в которых будут фигурировать расчетные длины соответствующих участков.

Изначально данная задача ориентирована на решение с помощью ЭВМ. Примем следующий алгоритм решения задачи. Определяем натяжение пятой и шестой ветви при отсутствии скольжения ткани по всей поверхности грудницы:

$$dT_5 = K_5 d\delta_5, \quad dT_6 = K_6 d\delta_6, \quad (3)$$

где δ_5 и δ_6 – деформация пятого и шестого участков, при этом

$$\delta_6 = \Delta t(1+a)/(P_y T_S), \quad (4)$$

где Δt – малый промежуток времени, в течение которого рассматривается процесс; a – уработка ткани.

При прибое $d\delta_5$ равно перемещению опушки ткани за время Δt под действием батана. При отсутствии прибоа пятый участок входит в состав второго участка. Методика расчетов в этом случае изложена в работе [3].

Найденные к концу промежутка времени Δt натяжения S_5 и S_6 сравниваются между собой. Если окажется, что

$$S_6 > S_5 \exp(f_5 \alpha_5), \quad (5)$$

то имеется скольжение ткани по груднице в направлении вальяна.

Если

$$S_6 < S_5 \exp(-f_5 \alpha_5), \quad (6)$$

то ткань скользит по груднице в направлении опушки (f_5 – коэффициент трения ткани по груднице, α_5 – угол охвата тканью грудницы). Под скольжением здесь и далее понимается скольжение ткани по всей поверхности грудницы в одном направлении. При наличии скольжения ткани по груднице приращения натяжения ветвей ткани вычисляются по зависимостям (3), если включить в деформацию ветвей и величину их проскальзывания по груднице, которую нужно знать заранее. При наличии скольжения для определения натяжений ветвей целесообразно учесть тот факт, что обе ветви ткани в этом случае представляют собой единую систему с общей деформацией и общим (приведенным) коэффициентом жесткости.

Укажем на некоторые особенности поведения ткани при условии выполнения неравенств (5) или (6) при машинном счете. Эти условия указывают лишь на наличие проскальзывания ткани по груднице. В результате этого проскальзывания происходит выравнивание натяжения ветвей ткани до соотношения Эйлера. В результате этого вместо зависимости (5) или (6) в действительности будут иметь место соответствующие им неравенства:

$$S_6 > S_5 \exp(f_5 \alpha_5), \quad (7)$$

или

$$S_6 < S_5 \exp(-f_5 \alpha_5). \quad (8)$$

Определим для случая скольжения ткани по груднице в направлении вальяна приведенный коэффициент жесткости $K_{Тн}$ и приведенную длину ткани $\ell_{Тн}$. Под приведенным коэффициентом жесткости и приведенной длиной понимают коэффициент жесткости и длину прямолинейного участка ткани, который под действием натяжения пятого участка (участка приведения) имеет такую же деформацию, как и все "приводимые" участки ткани.

Суммарное приращение деформации на пятом и шестом участках можно представить формулой:

$$d\delta = d\delta_5 + d\delta_6 = dS_5/K_5 + dS_6/K_6 = dS_5/K_{Тн}.$$

Учитывая зависимость (7) и поделив обе части полученного равенства на dS_5 , получим:

$$1/K_{Тн} = 1/K_5 + \exp(f_5 \alpha_5)/K_6. \quad (9)$$

Так как коэффициент жесткости отрезка ткани обратно пропорционален его длине, то приведенный к пятому участку (к натяжению S_5) коэффициент жесткости ткани можно представить:

$$K_{Тн} = K_T(S_5)(1m/\ell_{Тн}). \quad (10)$$

С учетом зависимостей (1), (9) и (10):

$$\ell_{Тн} = \ell_5 + \ell_6 \exp(f_5 \alpha_5) K_T(S_5)/K_T(S_6). \quad (11)$$

При скольжении ткани относительно грудницы в направлении опушки приведенные выше рассуждения остаются справедливыми.

В Ы В О Д Ы

1. Участки ткани, непосредственно примыкающие к груднице, могут вести себя как две отдельные, независимые друг от друга системы, а могут представлять одну единую систему. Такое поведение ткани определяется ее натяжением на границах участков в непосредственной близости от грудницы.

2. При скольжении ткани по груднице в одном направлении обе ее ветви представляют собой единую систему с общим (приведенным) коэффициентом жесткости и единой (расчетной) длиной. При скольжении ткани по груднице в направлении вальяна приведенный коэффициент жесткости ткани меньше, а расчетная длина больше, чем в случае скольжения ткани в противоположном направлении.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гордеев В.А. Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. – М.: Легкая индустрия, 1965.

2. Саввин О.А., Кузнецов Г.К., Герасимова С.Ф. Система заправки ткацкого станка как механическая система с переменными параметрами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2.

3. Саввин О.А. Динамика подвижной системы скала и ее влияние на поведение системы заправки ткацкого станка: Монография. – Кострома: КГТУ, 2007.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ БИСАЗОКРАСИТЕЛЕЙ
ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ***

К.И. КОБРАКОВ, Г.С. СТАНКЕВИЧ, О.П. ГРУКОВА, Е.Б. КАРАВАЕВА, Д.Н. КУЗНЕЦОВ

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

E-mail: kki@staff.msta.ac.ru

В статье приведены параметры синтеза и некоторые свойства бисазокрасителей, полученных из сырья нового типа – продуктов химической переработки 2,4,6-тринитротолуола (тротила).

The synthesis parameters and some properties of bisazodyes, received of the raw materials of new type – chemical processing products 2,4,6-trinitrotoluene (trotyl) are resulted in the article.

Ключевые слова: бисазокрасители, 2,4,6-тринитротолуол (ТНТ), 3-метокси-5-нитроанилин, 3-метокси-5-нитрофенилдиазоний хлорид, азосочетание.

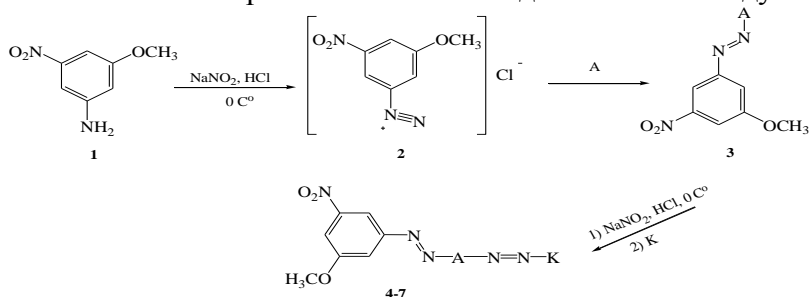
Одной из проблем, стоящих перед промышленным производством синтетических красителей, является поиск новых источников сырья взамен традиционного сырья нефтяного происхождения, что, с одной стороны, обусловлено негативным прогнозом по перспективе добычи нефти, а с другой – стремлением уменьшить энергозатраты, сократить число стадий синтеза и повысить экологичность производства. Химики-технологи, занятые решением данной проблемы, ищут возможности использования в качестве полупродуктов синтеза красителей различного вторичного сырья или многотоннажных промышленных отходов.

Ранее мы сообщали о синтезе азокрасителей и азопигментов на основе нитроани-

линов – продуктов химической трансформации демилитаризованного 2,4,6-тринитротолуола (ТНТ), извлекаемого из снятых с вооружения боеприпасов [1], [2].

Для расширения колористического ассортимента такого рода красителей нами осуществлен синтез серии первичных и вторичных бисазокрасителей 4-8 на основе 3-метокси-5-нитроанилина 1 (продукт химической трансформации ТНТ).

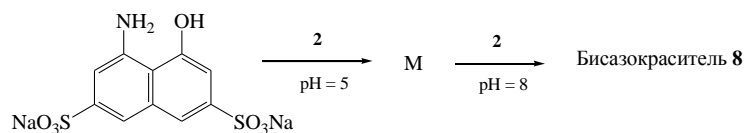
Вторичные бисазокрасители 4-7 были синтезированы из 3-метокси-5-нитрофенилдиазоний хлорида 2, 1-нафтиламина, 1-амино-8-гидрокси-нафталин-3,6-дисульфокислоты (Аш-кислота) и ряда азокомпонент (К) через промежуточное образование моноазосоединения 3 по следующей схеме:



* Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России". Госконтракт № П2221.

Здесь А – азосоставляющая – амин; К – конечная азосоставляющая.

Используя способность Аш-кислоты, в зависимости от рН среды, сочетаться по



где М – промежуточное моноазосоединение.

Структуры ранее неописанных бисазокрасителей 4-8 доказаны методами ЯМР ¹Н-, и ИК- спектроскопии, электронными

разным фрагментам молекулы – в орто-положение к гидроксильной или амино-группе, нами был получен первичный бисазокраситель 8 по схеме:

спектрами поглощения (ЭСП). Выходы и характеристики красителей 4-8 приведены в табл. 1 (ИК-спектры, ЭСП, выходы и R_f красителей 4-8).

Таблица 1

№ кр.			λ_{\max} , нм, (lg ϵ)*	R _f * ¹	ИК-спектр* ² , ν , см ⁻¹	Выход, %
	А	К				
4			690,6 (3,08)	0,80	1528,1344 (NO ₂); 1636 (-N=N-); 2944, 2980 (CH ₃); 3488 (-OH); 1216 (-SO ₃ H)	39
5			687,7 (3,08)	0,49	1528,1344 (NO ₂); 1636 (-N=N-); 2944, 2980 (CH ₃); 3488 (-OH); 1216 (-SO ₃ H)	76
6			595,2 (4,17)	0,69	1528,1344 (NO ₂); 1636 (-N=N-); 2944, 2980 (CH ₃); 3488 (-OH); 1216 (-SO ₃ H)	79
7			593,2 (4,18)	0,73	1528, 1344 (NO ₂); 1636 (-N=N-); 2944, 2980 (CH ₃); 3488 (-OH); 1216 (-SO ₃ H)	42
8			581,4 (3,79)	0,20	1528, 1344 (NO ₂); 1636 (-N=N-); 2944, 2980 (CH ₃); 3488 (-OH); 1216 (-SO ₃ H)	96

Примечание.* – электронные спектры поглощения снимали на приборе Uvidec-610 в воде; толщина слоя 0,5...1,0 см; *¹ – элюент = вода : 25%-ый раствор NH₄OH : этанол – 1:1:1; *² – ИК-спектры регистрировали на спектрометрах Bruker IFS-48, в таблетках KBr с использованием призмы KBr в интервале частот 400÷40000 см⁻¹.

Бисазокрасители 4-8 окрашивают белковые волокна в стандартных условиях крашения кислотными красителями. Установлено, что наиболее равномерное окрашивание получено при крашении образцов шерсти по методике для средневываривающихся красителей. Окраски образцов

имеют яркие и глубокие цвета синей гаммы. Краситель 8 окрашивает шерсть в черный цвет с синим оттенком, что встречается редко в кислотных красителях с небольшой хромофорной системой.

Полученные окрашенные образцы тканей исследовали на устойчивость к

сухому и мокрому трению, мокрой обработке и воздействию пота по ГОСТам 9733.4–83, 9733.6–83, 9733.27–83. Результаты испытаний представлены в

табл. 2 (устойчивость окрашенных материалов к физико-химическим воздействиям).

Т а б л и ц а 2

Краситель	Стирка	Пот	Сухое трение	Мокрое трение
4	5-4/5/5	4/5/5	5	4
5	4/5/4	4/5/4	4	3
6	5-4/5/5	4-3/5/4	4	4
7	4/5/4	3/5/4	4	3
8	4-5/5/5	5/5/5	5-4	5

ВЫВОДЫ

Разработаны методики синтеза перспективных бисазокрасителей для колорирования белковых волокон на основе 3-метокси-5-нитроанилина – продукта химической трансформации ТНТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобраков К.И., Станкевич Г.С., Неборако О.Ю., Грукова О.П. // Химические волокна. – 2005, №2. С. 5...9.
2. Кобраков К.И., Станкевич Г.С., Грукова О.П., Шахнес А.Х., Шевелев С.А. // Химическая технология. – 2004, №1. С. 12...13.

Рекомендована кафедрой органической химии и химии красителей. Поступила 04.06.10.

УДК 677.017:629.4.042.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ
НОВЫХ ДУБЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ НЕТКАНОГО ПОЛОТНА**

О.В. САЧКОВ, Г.И. ЧИСТОБОРДОВ

(ООО "Наукоемкие технологии", г. Москва,
Ивановская государственная текстильная академия)
E-mail: ttp@igta.ru

В работе определялись звукопоглощающие свойства дублированного материала НО-Л-1А в сравнении с применяемым в последние годы для аналогичных задач материалом марки "Огнетекс".

The sound-proof properties of the laminated fabric NOLIA in comparison with the material of the brand "Ogneteks", applied in last years for similar problems, are defined in the article.

Ключевые слова: звукопоглощающие свойства, композиционные материалы, нанометаллическое покрытие, падающая звуковая волна, воздушная полость.

В последнее время при строительстве новых пассажирских вагонов для железных дорог все больше внимания уделяется уровню предоставляемого комфорта, в значительной мере определяемого степенью шума в вагонах [1]. Исследования показывают, что длительный шум неблагоприятно воздействует на организм человека. Он нарушает комфорт пассажиров, под его действием возрастает кровяное и внутричерепное давление, изменяется ритм дыхания и сердечной деятельности, понижается кислотность желудочного сока, замедляется процесс пищеварения и т.д. [2].

Как известно, процесс поглощения звуковой энергии преградой происходит вследствие преобразования механической энергии, переносимой молекулами возду-

ха, в тепловую за счет потерь на трение в порах материала. Поэтому в целях звукопоглощения чаще всего применяют пористые и рыхлые волокнистые материалы [3], [4]. Однако они не позволяют в полной мере обеспечить требуемый уровень звукоизоляции. Наибольший интерес представляют современные композиционные материалы на основе нетканых материалов, дублированных фольговыми материалами с нанометаллическими покрытиями. Ранее нами был разработан дублированный материал НО-Л-1А [5], состоящий из нетканой подложки, на одной из сторон которой с помощью термостойкого труднотопящего клея укреплен алюминиевый фольга. Сверху на нее методом магнетронного распыления нанесен слой покрытия,

выполненного из нержавеющей стали, либо титана, хрома, никеля, нитрида титана или нитрида алюминия (рис. 1 – конструкция дублированного материала НО-Л-1 А: а – схема, б – фотография: 1 – подложка из нетканого материала; 2 – трудногорючий клей; 3 – алюминиевая фольга; 4 – слой защитного покрытия, нанесенный магнетронным распылением).

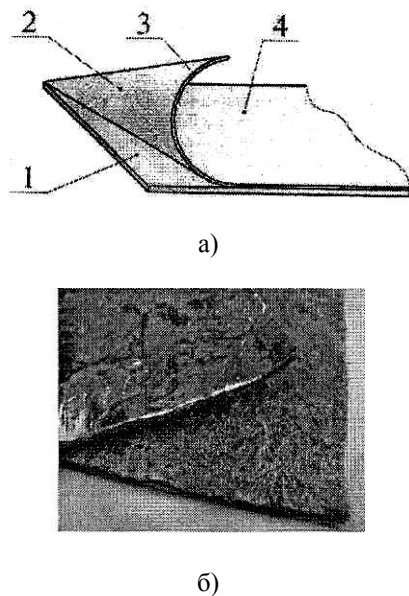


Рис. 1

Преимуществами такого материала являются повышенные теплоотражающие и паронепроницаемые свойства, коррозионная устойчивость и длительный срок эксплуатации. Высокие огнезащитные свойства подложки материала, выполненной из нетканого полотна, обеспечиваются путем его обработки безгалогенным композиционным замедлителем горения "Тезагран-Л". С 2009 г. выпускаются промышленные партии материала НО-Л-1А для вагоностроения по ТУ 8397-006-77518115-07.

Цель данной работы заключалась в определении звукопоглощающих свойств дублированного материала НО-Л-1А в сравнении с применяемым в последние годы для аналогичных задач материалом марки "Огнетекс".

В качестве объектов исследования использовали два образца материала НО-Л-1А, различающиеся между собой поверхностной плотностью и толщиной (522 г/м² при толщине 3 мм и 390 г/м² при толщине 2 мм). Образец сравнения представлял собой нетканый продуваемый материал толщиной 2 мм и поверхностной плотностью 300 г/м² марки "Огнетекс", выпускаемый в соответствии с ТУ 8397-016-47159340-2001.

Определение коэффициентов звукопоглощения исследуемых объектов проводили с помощью низкочастотного интерферометра фирмы Брюль и Кьер (Дания) в диапазоне 100...800 Гц и высокочастотного интерферометра в диапазоне 800...6000 Гц. Диаметр образцов для низкочастотного интерферометра составлял $D_{обр} = 100$ мм, для высокочастотного интерферометра $D_{обр} = 30$ мм.

Очевидно, что звукоизоляционные свойства дублированных материалов НО-Л-1А должны в значительной степени зависеть от размещения их фольгой либо подложкой по отношению к падающей звуковой волне. Интерес представляло исследование обоих вариантов. При проведении эксперимента образцы закрепляли на жесткой стенке. Данные, представленные на рис. 2 (коэффициент звукопоглощения образцов, размещенных на жесткой стенке (материал НО-Л-1А ориентирован фольгой к падающей звуковой волне); а – НО-Л-1А (522 г/м²); б – "Огнетекс"), показывают, что коэффициенты звукопоглощения (а) дублированного материала НО-Л-1А (522 г/м²) и образца "Огнетекс" при размещении их на жесткой стенке волокнистым слоем к падающей звуковой волне в широком диапазоне частот схожи и не превышают значения $\alpha = 0,2$. Только в диапазоне частот $f = 4-6$ кГц величина α достигает величины 0,2...0,4. Это обусловлено тем, что поглощение энергии звуковых волн в данном случае происходит лишь за счет потерь в весьма тонком волокнистом слое.

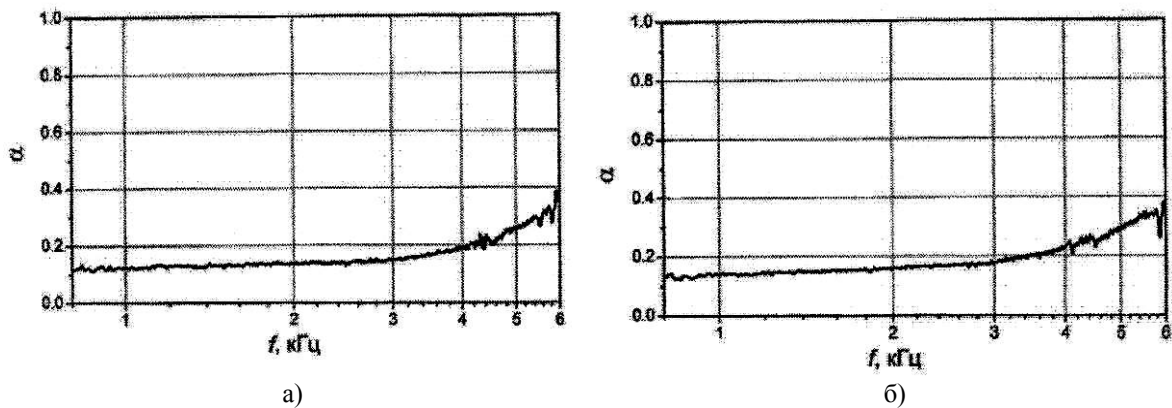


Рис. 2

Напротив, при размещении образца НО-Л-1А (522 г/м^2) на жесткой стенке, но фольгой – к звуковой волне (рис. 3: а – диапазон частот $0,1 \dots 0,8 \text{ кГц}$, б – диапазон частот $0,8 \dots 6 \text{ кГц}$) наблюдается заметное повышение α в области высоких частот $f = 3-6 \text{ кГц}$, где α изменяется в преде-

лах $0,4 \dots 0,9$ (рис. 3-б). В данном случае поглощение энергии звуковых волн обусловлено двумя факторами: колебания непродуваемого слоя фольги (мембранное поглощение) и дополнительные потери в волокнистом слое подложки материала НО-Л-1А.

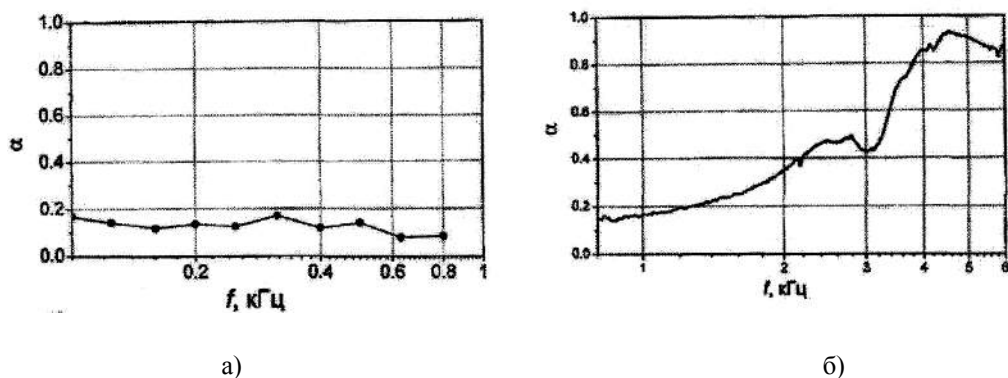


Рис. 3

Важно отметить, что коэффициент поглощения материалом акустических колебаний разной частоты неодинаков. Согласно полученным значениям колебания более высокой частоты поглощаются сильнее (сравн. рис. 3-а и б), что согласуется с результатами из [6].

Из полученных данных следует, что дублированный материал НО-Л-1А при размещении фольгой по направлению к падающей звуковой волне обладает значительно более высокими показателями звукопоглощения по сравнению с материалом "Огнетекс" (сравн. рис. 2-б и рис. 3-б). В случае, когда материал НО-Л-1А направлен подложкой к падающей звуковой волне и для варианта с использованием "Огнетекс" (рис. 2-а и б), низкие значения α

обусловлены тем, что толщина исследуемых образцов ($2 \dots 3 \text{ мм}$) в области низких частот ($100 \dots 1000 \text{ Гц}$) на несколько порядков меньше длины звуковой волны ($\lambda \approx 3,4-0,34 \text{ м}$) и значительно меньше длины волны в высокочастотной области ($1000-6000 \text{ Гц}$), где $\lambda \approx 340-60 \text{ мм}$. Таким образом, сравнение акустических характеристик образцов и выявление лучшего варианта при их размещении на жесткой стенке нетканым материалом по направлению к падающей звуковой волне затруднительно. Учитывая этот факт, с целью надежного сравнения звукопоглощающих свойств образцов было решено за исследуемым образцом создать воздушную полость высотой $h=40 \text{ мм}$ (наиболее приемлемую для обоих интерферометров). Это

обеспечивалось путем фиксации образца на решетке (размер ячеек 10×10 мм, толщина проволоки ≈ 1 мм), прикрепленной в свою очередь к жесткой стенке. Первоначально были определены звукопоглощающие характеристики материала сравнения

"Огнетекс" (рис. 4 – коэффициенты звукопоглощения материала "Огнетекс" при наличии за ним воздушной полости высотой $h = 40$ мм; а – диапазон частот 0,1-0,8 кГц; б – диапазон частот 0,8-6 кГц).

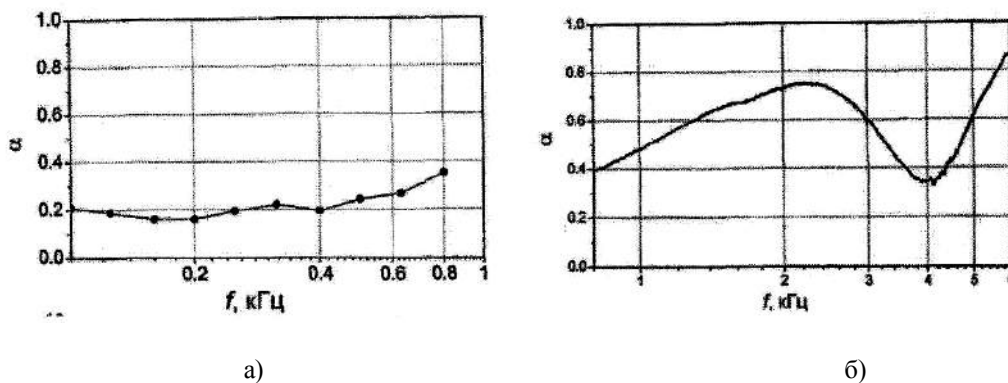


Рис. 4

Размещение материала "Огнетекс" на воздушной полости ($h = 40$ мм) привело к созданию классической резонансной конструкции с максимумом $\alpha \approx 0,7-0,8$ в области частот $f = 2-2,5$ кГц (рис. 4-б). Как правило, частота максимума α в таких конструкциях определяется высотой воздушной полости h . Увеличение h приводит к сдвигу частоты α_{\max} в более низкочастотную область [6].

Несколько отличные характеристики коэффициента звукопоглощения получены при размещении на воздушной полости образцов НО-Л-1А (522 г/м^2) и НО-Л-1А (390 г/м^2) волокнистым слоем к падающей звуковой волне (рис. 5 – коэффициенты звукопоглощения материалов НО-Л-1А при наличии за ними воздушной полости высотой $h = 40$ мм. Подложка направлена к падающей звуковой волне; а – НО-Л-1А (522 г/м^2); б – НО-Л-1А (390 г/м^2)).

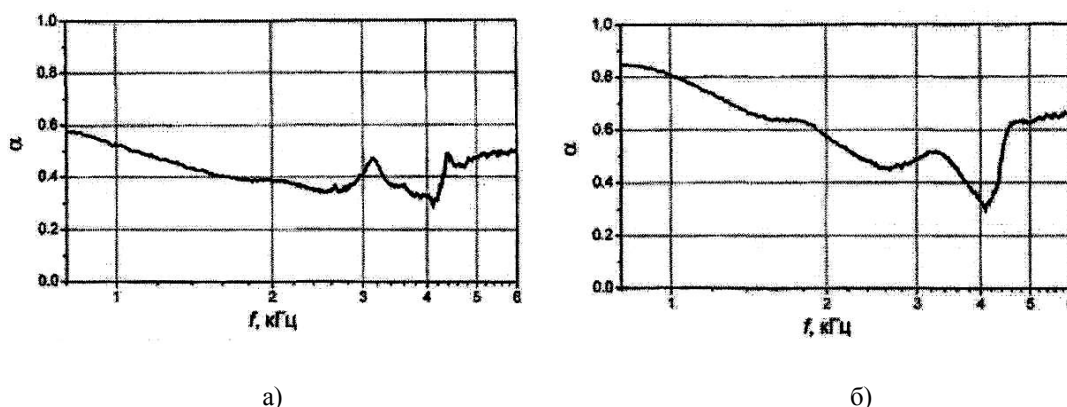


Рис. 5

В этом случае наблюдаются максимумы α в области частот 0,8-1 кГц, несколько различающиеся для исследуемых объектов (сравн. рис. 5-а и б). Это, вероятно, связано с тем, что в процессе поглощения звуковой энергии при таком расположении образцов определенную роль играет сам волокни-

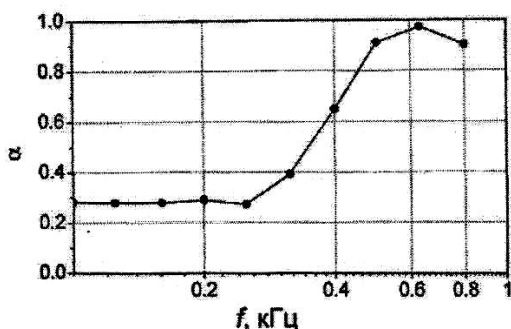
стый слой и дополнительно колебания фольги, задемпфированные волокнистым слоем в разной степени. Менее плотный материал НО-Л-1А (390 г/м^2) допускает более свободные колебания фольги, чем материал НО-Л-1А (522 г/м^2) и тем самым определяет несколько большее значение

$\alpha_{\max} \approx 0,8$ (рис. 5-б) по сравнению с $\alpha_{\max} \approx 0,6$ (рис. 5-а).

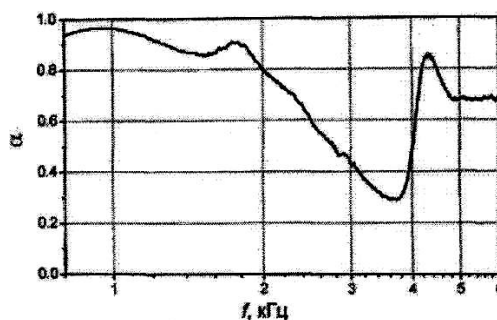
Сравнивая данные рис. 4 и 5, можно сделать вывод о том, что при размещении дублированных материалов НО-Л-1А на воздушной полости подложкой по направлению к падающей звуковой волне уровень звукопоглощения сопоставим с материалом "Огнетекс", но основные максимумы сдвинуты в коротковолновую область.

При размещении материала НО-Л-1А (522 г/м^2) фольгой к падающей звуковой волне (при наличии воздушной полости) наблюдается значительное увеличение ко-

эффициента звукопоглощения, достигающего $\alpha_{\max} \approx 1$, и величины $\alpha \geq 0,8$ в широком диапазоне частот $f = 0,4-2 \text{ кГц}$ (рис. 6-а и б – коэффициенты звукопоглощения материала НО-Л-1А (522 г/м^2) при наличии за ним воздушной полости высотой $h = 40 \text{ мм}$. Фольга направлена к падающей звуковой волне; а – диапазон частот $0,1-0,8 \text{ кГц}$; б – диапазон частот $0,8-6 \text{ кГц}$). Кроме того, имеется дополнительный максимум $\alpha=0,6-0,7$ в области высоких частот $f = 4-6 \text{ кГц}$ (рис. 6-б).



а)

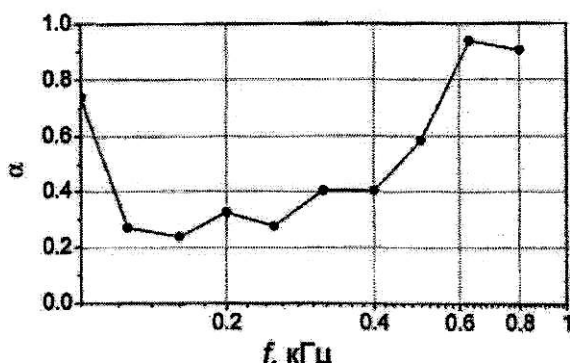


б)

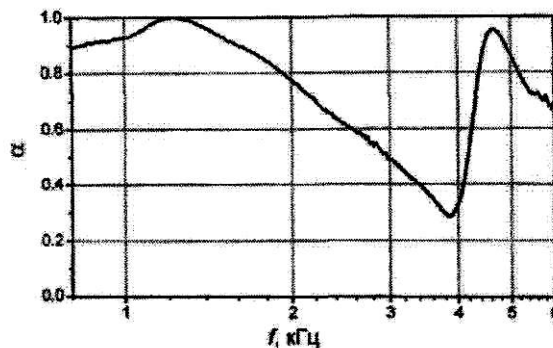
Рис. 6

Аналогичная картина наблюдается для более тонкого образца НО-Л-1А (390 г/м^2), расположенного фольгой к звуковой волне, на воздушной полости высотой $h=40 \text{ мм}$ (рис. 7 – коэффициенты звукопоглощения материала НО-Л-1А (390 г/м^2))

при наличии за ним воздушной полости высотой $h = 40 \text{ мм}$. Фольга направлена к падающей звуковой волне; а – диапазон частот $0,1-0,8 \text{ кГц}$; б – диапазон частот $0,8-6 \text{ кГц}$).



а)



б)

Рис. 7

Представленные результаты свидетельствуют о том, что первый максимум $\alpha_{\max} \approx 1$ и $\alpha \geq 0,8$, также как и в случае с использо-

ванием материала НО-Л-1А (522 г/м^2), наблюдаются в диапазоне частот $f \approx 0,6-2 \text{ кГц}$, второй максимум достигает величины $0,9$ в

высокочастотной области. Такое сходство характеристик α двух материалов НО-Л-1А (522 г/м²) и НО-Л-1А (390 г/м²) позволяет предположить, что основным механизмом, определяющим потери звуковой энергии, в этом случае являются колебания фольги (мембранный эффект), воздействующие на воздушный столб.

На практике воздушная полость необходимой высоты может быть получена путем дублирования материала НО-Л-1А (со стороны нетканого слоя) материалом, имеющим сотовую структуру, например, алюминиевым сотовым наполнителем (рис. 8).

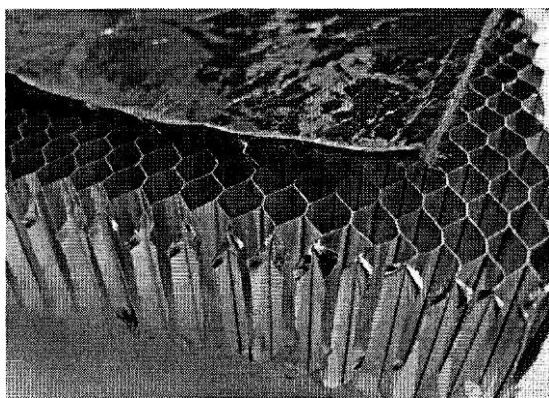


Рис. 8

Проведенные в Тверском институте вагоностроения испытания на натурном фрагменте потолка большого коридора вагона модели 61-4440, установленного на специальном приспособлении, позволяющем имитировать его крепление на вагоне и установку на вибростенд, показали значительное преимущество по звукопоглощающей способности дублированных материалов НО-Л-1А в сравнении с "Огнетекс".

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что значения коэффициента звукопоглощения дублированных материалов НО-Л-1А существенно зависят от их размещения (подложкой либо фольгой) по отношению к падающей звуковой волне.

2. Обоснована целесообразность установки звукоизоляционных материалов НО-Л-1А с наличием воздушной полости, что позволяет повысить α до 0,8...1 в широком диапазоне частот.

3. Показано, что при размещении объектов исследования как на жесткой стенке, так и при наличии воздушной полости между ними и жесткой стенкой, в случае дублированных материалов НО-Л-1А, ориентированных фольгой по направлению к падающей звуковой волне, достигаемые значения α существенно превосходят показатели образца сравнения "Огнетекс".

4. Расчетным путем установлено, что для серийно выпускаемого дублированного материала НО-Л-1А толщиной 3 мм наиболее оптимально использовать подложку из сотовой конструкции толщиной 5...15 мм (обеспечивающую наличие воздушной полости), что легко реализуется с технологической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Kube. Progressive Railroading. – 2000, № 5. P. 50, 52, 54...56.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 1999.
3. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. – М.: Высшая школа, 1999.
4. Бобин Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1973.
5. Пат. 83525 Российская Федерация, МКИ Е 04 В 1/74. Защитный труднотгорючий экран. Сачков О.В., Юдаева О.С. - № 2008151623, заявл. 26.12.2008; опубл. 10.06.2009, Бюл. №16.-5с.
6. Siebald H. et al. Glasers Annalen, Tagungsband. – 2002. S. 154...160.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий ИГТА. Поступила 04.06.10.

УДК 677.025

**ОЦЕНКА ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОЦЕССА ВЯЗАНИЯ МЕТОДОМ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА**

Н.В. БАНАКОВА, В.Р. КРУТИКОВА, А.Г. БЕЗДЕНЕЖНЫХ

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

Разработана методика обработки экспериментальных данных с помощью вейвлет-анализа. Проведены исследования натяжения льняной пряжи различного способа подготовки пряжи к вязанию.

The technique of experimental data processing by means of the wavelet-analysis is developed. Research of the tension of a linen yarn of a various preparation method to knitting are conducted.

Ключевые слова: спектральный анализ, вейвлет-анализ, показатель напряженности процесса вязания, тензограмма льняной пряжи, хаотичная намотка, прецизионная намотка, опаливание.

Повышение эффективности текстильного производства возможно за счет автоматизированного контроля параметров технологических процессов. Отсутствие систем автоматизированного контроля на текстильных предприятиях приводит к тому, что переналадка оборудования при смене ассортимента становится сложной задачей: такие необходимые для технолога данные, как уровень натяжения нити за цикл работы машины и количественная мера оценки напряженности, не фиксируются в процессе вязания.

Процесс вязания, как любой технологический процесс сопровождается изменением натяжения нити в зависимости от выполнения определенных операций. Использование тензограмм нити, как сигнала для автоматизированного управления процессом вязания, требует обработки сигнала известными методами. В качестве крите-

риев оценки тензограмм нити могут быть использованы статистические характеристики или характеристики спектрального анализа. В [1] предложена методика оценки показателя напряженности N процесса вязания на основе быстрого преобразования Фурье. В [2] представлены результаты обработки тензограмм льняных нитей с помощью показателя N . Установлено, что процесс переработки льняных нитей, намотанных на паковки с хаотичной намоткой, в 2...6 раз напряженнее, чем переработка льняных нитей с паковок прецизионной намоткой. Кроме того, опаливание льняной пряжи не ухудшает процесса вязания с точки зрения показателя напряженности N .

Наряду с быстрым преобразованием Фурье в последнее время используют вейвлет-анализ сигналов. Вейвлет-преобразование эффективно применять

для анализа нестационарных во времени и непериодических процессов, а также для выявления локальных частотных составляющих спектра [3]. Методика оценки напряженности процесса вязания [1], разработанная на основе быстрого преобразования Фурье, использована применительно для вейвлет-анализа. Проведена обработка фактических тензограмм льняных нитей, представленных в [2], с помощью вейвлет-анализа.

Перерабатывалась льняная пряжа двух вариантов: мокрого прядения линейной плотности 46 текс после электроопаливания на прецизионной мотальной машине марки МПМО-8 и мокрого прядения линейной плотности 46 текс с мотальной машины марки М-150, выработанной при стандартных технологических режимах.

В результате вейвлет-анализа тензограмм нити получены графики спектральной плотности (рис.1) с помощью быстрого преобразования Фурье и вейвлет-анализа.

Спектрограммы, полученные с помощью вейвлет-анализа, в отличие от преобразования Фурье, обладают большей информативностью (рис. 1), поскольку позволяют выявить локальные частоты с резко отличающейся амплитудой.

Значения натяжения и частотные характеристики процесса вязания, полученные путем обработки тензограмм с помо-

щью вейвлет-анализа, представлены в табл. 1, где F – уровень натяжения нити в цикле вязания; σ^2 – дисперсия натяжения нити; C – коэффициент вариации; N – показатель напряженности процесса вязания:

$$N = \frac{z_{\max} k_{\max} f}{k}$$

Здесь z_{\max} – максимальная относительная амплитуда спектра; k_{\max} – максимальный номер составляющей спектра после отсеивания шума; f – частота процесса вязания; k – число частотных составляющих после отсеивания шума.

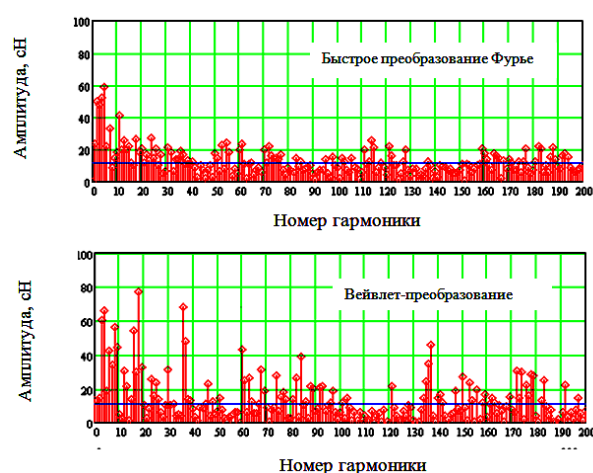


Рис. 1

Таблица 1

Вид намотки	F, сН	σ^2 , сН ²	C	Частотные характеристики			
				N, сН/с	k_{\max}	k	z_{\max} , сН
Хаотичная намотка	24,7	133	0,5	53,4	172	13	2,7
Прецизионная неопаленная	34,2	315	0,5	46,1	217	38	4,5
Прецизионная опаленная	18,2	174	0,7	38,5	104	10	4,8

Как видно из табл.1, согласно статистическим показателям большую неровноту изменения натяжения нити имеет прецизионная опаленная пряжа. Однако (с точки зрения технологии переработки такой пряжи) ожидать ухудшения процесса вязания не приходится, поскольку данная пряжа, как известно, имеет меньший коэффициент трения за счет уменьшения ворсистости.

Соотношения характеристик спектрограмм, полученные с помощью вейвлет-анализа, отражают изменение показателя напряженности N . Уменьшение показателя N при переработке льняной пряжи с паковок прецизионной намоткой можно объяснить улучшением условий сматывания [4], а для опаленной снижением неровностей на поверхности опаленной нити [5]. Полученные данные подтверж-

дают тенденцию изменения показателя напряженности процесса вязания как при обработке спектрограмм для вейвлет-анализа, так и быстрого преобразования Фурье при переработке паковок прецизионного способа наматывания и при опаливании льняной пряжи.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что оценка показателя напряженности процесса вязания может осуществляться с помощью спектрального анализа путем любого преобразования.

2. Подтверждено, что введение в процесс подготовки пряжи к вязанию операции опаливания совместно с использованием паковок прецизионной намотки существенно снижает напряженность процесса вязания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутикова В.Р., Банакова Н.В. Оценка показателя напряженности процесса вязания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 6. С.72...75.

2. Банакова Н.В., Безденежных А.Г., Крутикова В.Р. Анализ показателя напряженности процесса вязания при переработке льняной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 4С. 91...93.

3. Витязев В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2001.

4. Симон Л., Хюбнер М. Технология подготовки пряжи к ткачеству и трикотажному производству. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

5. Безденежных А.Г., Лаучинская М.Н., Москаева Т.Б. Изменение механических свойств льняных нитей после опаливания при получении текстильных паковок сомкнутой крестовой намотки // XII Междунар. научн.-практ. семинар: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы, (SMARTEX-2009). – 2009.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 04.06.10.

УДК 687.016.5

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОДЕЖДЫ
ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВИДОВ СПОРТА**

А.В.КОРНИЛОВИЧ, Л.Ю. КИПРИНА

(Ивановская государственная текстильная академия,
Костромской государственный технологический университет)
E-mail: ankorn-fshi@mail.ru, vt@kstu.edu.ru

Представлены результаты аналитических исследований традиционного подхода к проектированию одежды для экстремальных видов спорта с помощью методологии функционального моделирования. Предлагается авторская концепция последовательности и содержания этапов проектного процесса, базирующаяся на использовании современных информационных технологий.

The results of the analytical research of the traditional approach to designing of clothing for extreme sports by means of methodology of the functional modeling are presented herein. The author's concept of succession and the content of the design process stages, based on the use of modern information technologies is offered.

Ключевые слова: проектирование новых моделей одежды, экстремальные виды спорта, методология функционального моделирования, авторская концепция, информационные технологии.

Современное представление о качестве одежды основано на принципе наиболее полного выполнения требований и пожеланий потребителя, и этот принцип должен быть заложен в основу проектирования любого вида одежды. В основе современных систем управления качеством лежит процессный подход. Одним из первых этапов его реализации является функционально-информационное исследование бизнес-процесса с целью определения его оптимальности, распределения ресурсов между функциями и т.д. Результатом тако-

го обследования является экспертное заключение, в котором отдельными пунктами выносятся рекомендации по устранению "узких мест". Для осуществления поставленной задачи наиболее часто и эффективно применяется методология IDEF0 [1].

Целью данной статьи является совершенствование процесса проектирования одежды для экстремальных видов спорта на основе использования методологии функционального моделирования.

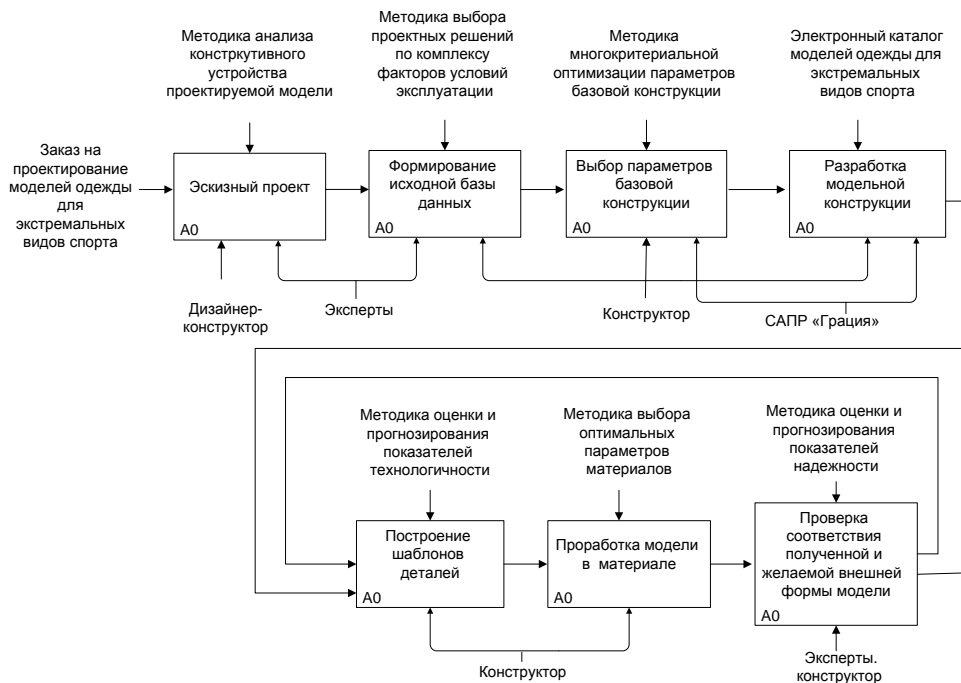


Рис. 1

На первом этапе исследования была построена функциональная модель "As Is" (рис. 1), которая описывает традиционный подход к процессу проектирования спортивной одежды, заключающийся в построении плоских (двухмерных) чертежей конструкций с последующим проведением макетирования и оценкой полученного результата.

Недостатком такого подхода является отсутствие в алгоритме построения параметров и элементов структурно-функционального моделирования, управляющих процессом воспроизведения желаемой внешней формы в чертежах конструкций. Традиционный набор исходных данных (размерные признаки фигуры, величины прибавок, свойства материалов) не обеспечивает многовариантности внешних форм, определенности проектно-конструкторских решений, своевременной оценки эргономического и аэродинамического соответствия моделей одежды для экстремальных видов спорта для достижения наилучших результатов при выполнении спортивных движений.

Повышенные требования рынка к конкурентоспособности и качеству швейных изделий требуют нового подхода к процессу проектирования спортивной одежды с

применением единого метода аналитического описания и оценки параметрической взаимосвязи информационных составляющих.

Учитывая современные тенденции развития ассортимента спортивной одежды, широкий спектр проектных решений в зависимости от целевого назначения изделия, при разработке новых моделей спортивной одежды с заданными аэродинамическими параметрами авторами предложены дополнительные этапы процесса проектирования и определено их содержание. Это позволило построить функциональную модель "To Be" (рис. 2) нового метода проектирования одежды для экстремальных видов спорта в системе "Среда-Фигура-Конструкция" (СФК), в соответствии с которой процесс проектирования включает:

- графоаналитическое задание предпроектных решений системы "СФК";
- анализ и синтез взаимодействия подсистемы "Среда-Фигура" (СФ);
- имитационное моделирование подсистемы "СФ";
- имитационное моделирование системы "СФК";
- определение номенклатуры конструктивных и аэродинамических параметров.

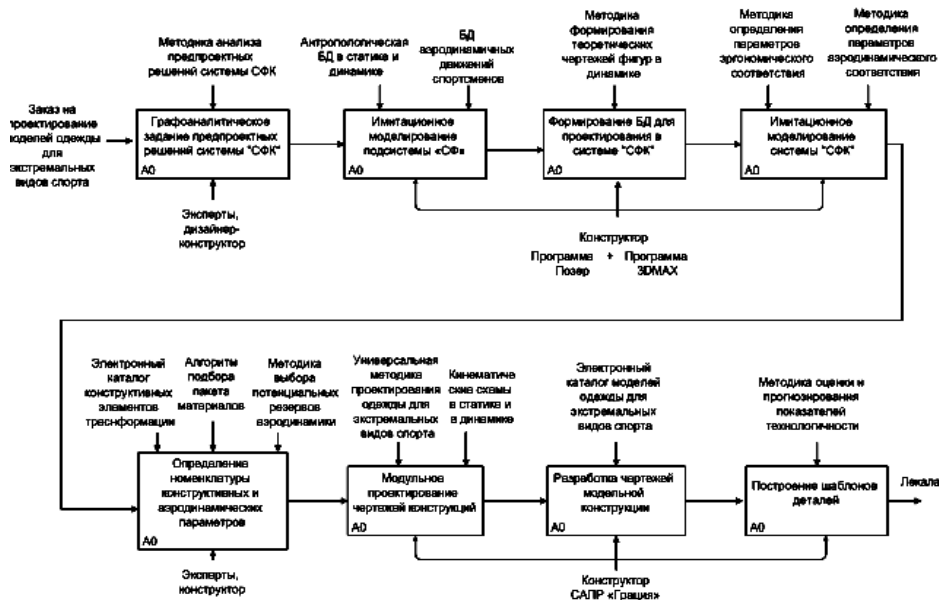


Рис. 2

ВЫВОДЫ

Для расширения технологических возможностей и повышения эффективности применяемых САПР было разработано дополнительное информационное обеспечение, включающее виртуальные модели мужских фигур в динамических позах, каталоги конструктивных элементов трансформации, позволяющих увеличить резерв аэродинамических свойств спортивной одежды.

Использование имитационных моделей "СФ" и "СФК" дает возможность оперативно получать объективные данные о параметрах фигуры в динамических позах и целенаправленной адаптации конструкции во внешней среде, а также изучать влияние факторов, влияющих на изменение параметров системы "СФК" на этапах ее формирования.

Включение дополнительных этапов в традиционный процесс проектирования позволяет достичь высокого уровня качества проектных работ, использовать современные информационные технологии, в частности, 3-D моделирование, при разработке новых моделей одежды для экстремальных видов спорта.

1. Исследование традиционного подхода к проектированию новых моделей одежды для экстремальных видов спорта, заключающегося в построении двухмерных чертежей конструкций с последующим проведением макетирования, и построение функциональной модели "As-Is" позволило выявить проблемные зоны, которые не позволяют достичь заданного уровня надежности, безопасности, эргономического и аэродинамического соответствия.

2. Новый подход, отраженный в функциональной модели "To Be", базирующийся на применении имитационного моделирования и современных информационных технологий, дает возможность целенаправленной адаптации конструкции к внешней среде, что позволяет достичь заданного уровня качества проектных работ при проектировании моделей одежды для экстремальных видов спорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2006.

Рекомендована кафедрой информационных технологий. Поступила 04.06.10.

СКАЗОЧНЫЙ ОБРАЗ СНЕГУРОЧКИ В ДИЗАЙНЕ СУВЕНИРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Ю.А. КОСТЮКОВА, И.С. БАРХАТОВА, Т.С. КОЖЕВНИКОВА

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Работа посвящена развитию и продвижению бренда "Сказочная Кострома – родина Снегурочки". Разработана серия орнаментальных композиций для художественного оформления текстильных изделий способом ткачества или плоской печати.

Results of the design-creative work executed with a view of development and advancement of the brand «Fantastic Kostroma – the native land of the Snow Maiden» are presented herein. The series of ornamental compositions is developed for decorating of textile articles by the weaving or flat printing method.

Ключевые слова: Снегурочка, Новый год, фольклор, Кострома, бренд, лен, орнамент, графика, дизайн, сувенирная продукция.

Сказочный образ Снегурочки чаще всего можно встретить в декоративно-прикладном творчестве и дизайне сувенирной продукции. Это традиционные подарочные наборы, в которые входят фигурки Деда Мороза и Снегурочки, расписные подносы, шкатулки с изображением Снегурочки, новогодние игрушки и сувенирные куклы из дерева, стекла, фарфора или серебра, текстиль для дома (фартуки, прихватки, полотенца) и многое другое. Вся эта продукция в большинстве своем имеет новогоднюю тематику и не отражает мифологических истоков происхождения этого сказочного персонажа.

На сегодняшний день официально признанной родиной Снегурочки является древнерусский город Кострома. В Костроме ежегодно проводятся конкурсы и фестивали, связанные с ее именем. Здесь в 2009 г. был официально зарегистрирован бренд "Сказочная Кострома – родина Снегурочки". Основная задача проекта – оживление предпринимательской активности Костромской области, повышение покупательского спроса на товары с торговой маркой "Костромская Снегурочка", что в свою очередь способствует продвижению традиционных для области народных промыслов и ремесел, более эффективному

использованию производственной и сырьевой базы.

У проекта "Сказочная Кострома – родина Снегурочки" большое будущее. Однако следует отметить, что костромской рынок сувенирной продукции, в том числе с символикой бренда, развит еще недостаточно. Этнографические мотивы Костромской области представлены в основном народными промыслами и ремеслами. Традиционно это мастерски выполненные изделия из льна, кружево, лаковая миниатюра, продукция из дерева, бересты и др. Одной из стратегически важных задач для региона является пропаганда культурного наследия Костромского края средствами дизайна и рекламы. В частности, использование сказочного образа Костромской Снегурочки в разработке современной сувенирной продукции позволит укрепить ассоциативную цепочку "Новый год – Снегурочка – Берендеево царство – Кострома".

Наиболее перспективным и экономически выгодным для Костромы является изготовление декоративных и утилитарно-декоративных текстильных изделий из льна (льняные полотенца, скатерти, салфетки и др.). Опросы показали, что у нас в стране льняные изделия пользуются по-

стоянным спросом. Так, например, штучные льняные изделия отлично подходят как в качестве подарков, так и для повседневного спроса. Здоровье, элегантность, комфорт и уют, ощущение прикосновения к родной культуре – это то, что может дать этот вид сувенирной продукции.

В Костромском государственном технологическом университете разработана серия орнаментальных композиций "Костромская Снегурочка" для штучных текстильных изделий из льносодержащих материалов. На основе исследования образа Снегурочки в различных видах искусства

выполнен творческий поиск стилизованных изображений этого сказочного персонажа и производных от него мотивов (рис. 1 – поиск орнаментального мотива снежинки на основе стилизованного образа Снегурочки и рис. 2 – поиск орнаментального мотива сказочного дерева на основе стилизованного образа Снегурочки). В качестве дополнительных источников использованы образцы традиционных вышивок и орнаментов Костромской области (рис. 3 – графическая переработка мотива Костромской вышивки).

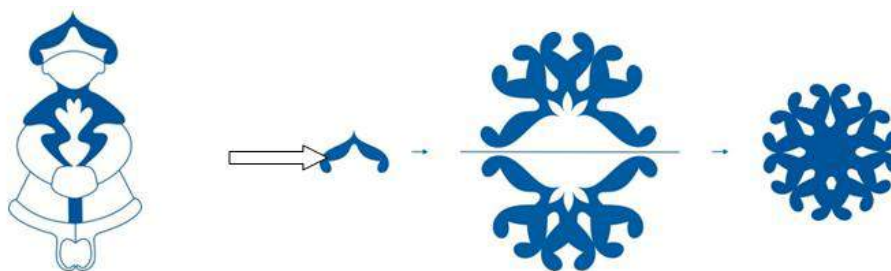


Рис. 1

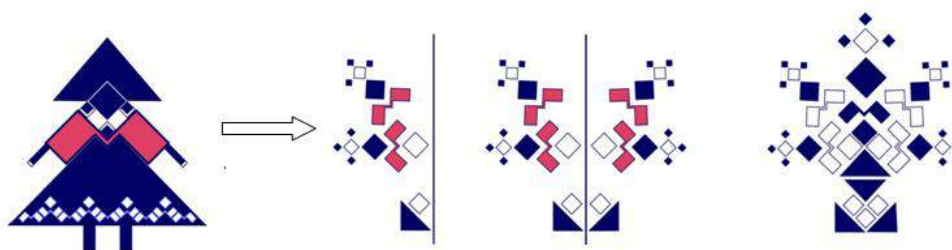


Рис. 2

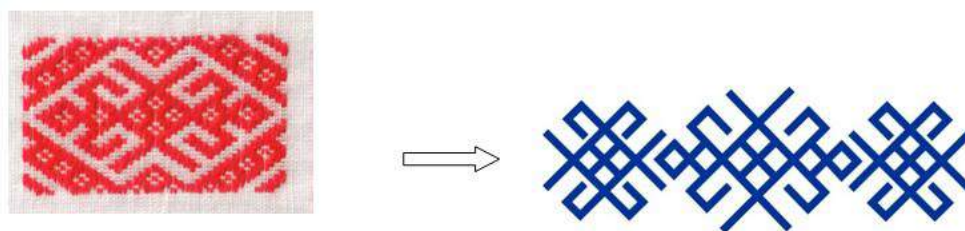


Рис. 3

Работа над орнаментальными композициями выполнялась в графическом редакторе Corel DRAW. По характеру раппортных построений получены ленточные, сетчатые и моноорнаменты. Графический язык трактовки мотивов – пятновые, линейные и линейно-пятновые решения. Сложные, ажурные композиции соседст-

вуют с более лаконичными и четкими. Большое внимание уделялось соподчиненности декоративных элементов. Главные элементы выделены размером, цветом или центральным расположением. Второстепенные элементы дополняют главные и оттеняют их ведущую роль и значение,

при этом пластично соединены с ними в одно целое.

Шрифты, использованные при оформлении текстильных композиций, играют роль орнамента, так как определенным образом подчинены декоративному строю целого. При этом тематика надписей, например, "Кострома – родина Снегурочки" или "Костромская Снегурочка" указывает на адресность сувенирной продукции.

Цветовое решение полотен обусловлено связью с первоисточником – образом Снегурочки – это контраст двух или трех цветов: ахроматического (белого) и хроматических (оттенков синего).

Полученные орнаментальные композиции рекомендованы для производства штучных текстильных изделий из льнодержущих материалов (полотенца, скатерти, салфетки и др.) способом ткачества или плоской печати на ткани, а также могут

быть использованы в дизайн-проектировании швейных изделий из льна (сумки, халаты, туники и др.).

ВЫВОДЫ

Показано, что разработка и внедрение в производство текстильной сувенирной продукции из льна с использованием образа Снегурочки будет способствовать укреплению имиджа региона и продвижению бренда "Сказочная Кострома – родина Снегурочки", что в свою очередь благоприятно отразится на экономической ситуации области.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства КГТУ. Поступила 04.06.10.

УДК 677.021.256

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ РЕМНЕЙ ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ***Н.И. КОВАЛЕНКО, С.Н. РАЗИН, А.В. СОКОЛОВ*

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info @ kstu.edu.ru

Предложено для расчета напряженно-деформированного состояния транспортирующего механизма трепальной машины использовать компьютерное моделирование.

It is offered to use computer modelling for account of the intense-deformed state of the transporting mechanism of a scutching machine.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, метод конечных элементов, транспортирующие ремни, напряжения.

В отрасли первичной обработки лубяных волокон актуальной является задача увеличения выхода длинного волокна. Наибольшее количество потерь длинного волокна приходится на процесс трепания, так как именно при трепании проявляются все недостатки, заложенные предыдущими операциями механической обработки льносырья. Решение проблемы возможно либо за счет подбора технологических параметров обработки сырья, либо за счет изменения конструктивного исполнения рабочих органов трепальных машин.

Одной из причин потерь длинного волокна является неоднородность параметров слоя, поступающего в зажим транспортирующего механизма трепальной машины. Снизить эти потери можно за счет выбора конструктивных параметров элементов, входящих в состав зажимного транспортирующего механизма, которые могли бы обеспечить надежную фиксацию неоднородного слоя.

В настоящее время недостаточно изучен вопрос, связанный с выбором таких параметров узла транспортирующего механизма, как диаметр нажимных роликов, их форма, расстояние между ними, их количество, сила давления на ремень [1]. Эти параметры определяют величину сил зажима слоя в ремнях, от которых зависит надежность его фиксации. В существующих моделях трепальных машин они выбраны в основном опытным путем без необходимого теоретического обоснования. Для ответа на поставленный вопрос необходимо знать распределение сил зажима по линии сопряжения транспортирующих ремней в любом их сечении, в зависимости от различных факторов. К ним относятся давление со стороны нажимных роликов, толщина обрабатываемого слоя, геометрические характеристики механизма.

В данной работе решение поставленной задачи достигается за счет компьютерного

моделирования с помощью программного комплекса ANSYS, основанного на методе конечных элементов. Важным этапом решения задачи является создание компью-

терной модели исследуемого механизма. В ANSYS построена его 3D модель, состоящая из транспортирующих ремней и нажимных роликов рис.1.

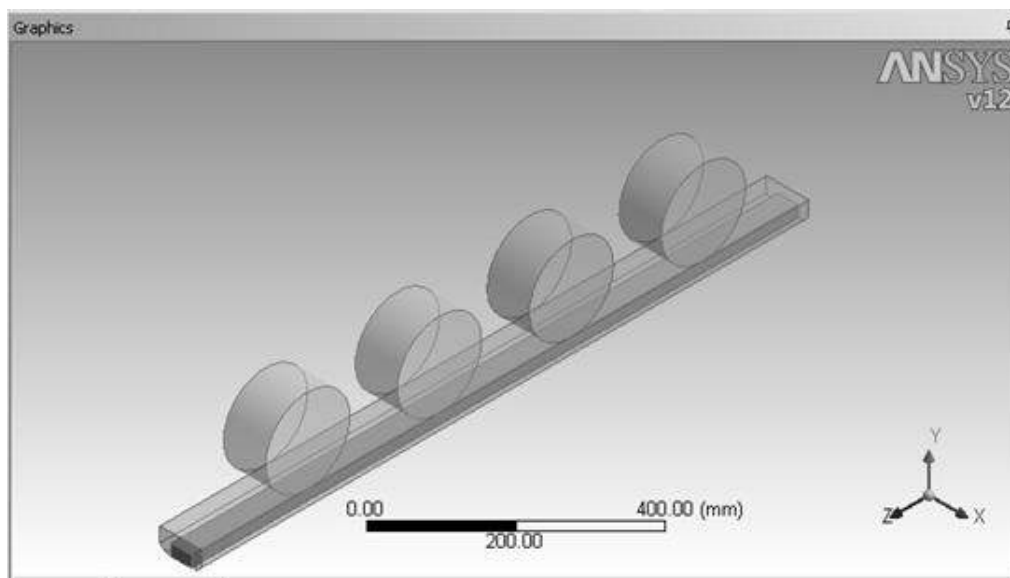


Рис. 1

Компьютерная модель по геометрическим характеристикам соответствует его реальной физической модели. Свойства элементов механизма и его механические характеристики определяются выбором материала, из которого они изготовлены. В данной работе считаем материал элементов стальных роликов и транспортирующего ремня изотропным и однородным. Далее выбирался тип конечного элемента. Для решения задач механики деформируемого твердого тела в среде ANSYS рекомендуются элементы типа Solid, один из которых был использован при расчете напряжений в рассматриваемой задаче. После задания свойств материала и выбора типа элемента на модель наносилась сетка конечных элементов.

Для расчета напряженно-деформированного состояния моделей ремней необходимо задать граничные условия. Для этого надо наложить на исследуемую систему связи. Поскольку нижний ремень свободно лежит на балке транспортирующего механизма, что позволяет ремню перемещаться по поверхности балки, то эту поверхность закрепляем с помощью подвижных шарниров, запрещающих движе-

ние по вертикали и не препятствующих движению по горизонтали. Трение между ремнем и балкой считаем равным нулю. Саму балку считаем неподвижной. Таким образом, рассматриваем решение статической задачи. Внешняя нагрузка, действующая на ролики, соответствующая силе прижима нажимным устройством ролика к ремню, прикладывалась вертикально к оси ролика и изменялась в диапазоне от 140 до 200 Н. При этом определялись напряжения на участке ремня длиной 1133 мм под действием четырех роликов. Диаметр роликов не изменялся. Форма роликов цилиндрическая.

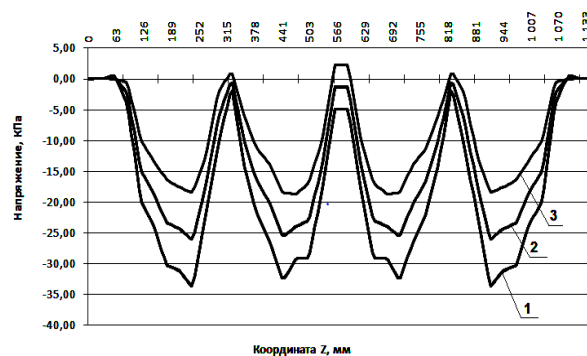


Рис. 2

При решении задачи рассматривались различные варианты расположения роликов по длине ремня. На рис. 2 представлены графики изменения напряжений на верхней грани нижнего ремня по его длине при равномерном расположении роликов и давлении 150 Н. При этом кривая 1 соответствует напряжениям, измеренным в точках, расположенных по краю ремня, кривая 3 – по центру, кривая 2 – по линии между ними рис. 3.

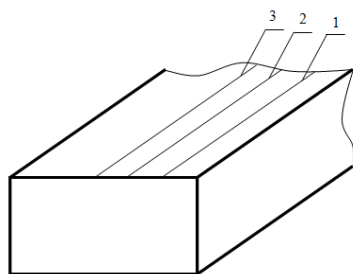


Рис. 3

Анализ графиков показывает, что при подобном расположении роликов на верхней грани нижнего ремня по всей его длине и ширине напряжения принимают отрицательные значения и только между роликами по линии 3 они принимают на участках малой длины положительные значения. Это свидетельствует о том, что ремень на этих участках выгибается, что снижает надежность фиксации слоя. Подобные графики получены и для других сил давления ролика на ремень. Характер изменения напряжений сохраняется, изменяются лишь их численные значения.

В работе рассматривались и другие способы расположения нажимных роликов вдоль ремня, где расстояния между осями роликов изменялись в пределах от 230 до 170 мм с шагом 20 мм. Анализ результатов позволил сделать вывод о том, что уже при расстоянии, равном 210 мм, участок с положительными значениями напряжений исчезает даже в центре ремня. Следовательно, при выборе расстояния между роликами его следует принимать не более 210 мм.

Программный комплекс ANSYS позволяет просматривать результаты расчета напряжений в любом сечении транспортирующих ремней.

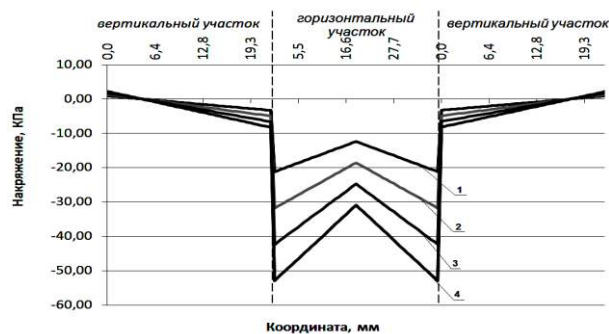


Рис. 4

На рис. 4 представлен график изменения напряжений по линии сопряжения ремней при силе давления от 100 до 250 Н с интервалом 50 Н непосредственно под осью ролика. Анализируя показанные на рис. 4 результаты, можно заключить, что на вертикальных участках линии сопряжения ремней даже под осью ролика величины напряжений невелики и составляют менее 8 КПа. При этом отрицательные напряжения возникают на участке, равном 2/3 его длины. Это говорит о том, что в случае расположения стеблей слоя только на вертикальном участке линии сопряжения ремней силы зажима оказываются недостаточной для его удержания и эти волокна выпадут в отходы трепания.

ВЫВОДЫ

1. При существующем расположении роликов и конструкции ремней имеются участки между осями роликов, на которых силы зажима слоя оказываются недостаточной для его удержания в зажиме транспортирующих ремней.

2. Полученные результаты могут быть использованы для выбора рациональных конструктивных параметров транспортирующего механизма трепальной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Н.И. Совершенствование транспортирующего механизма трепальной машины: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 2005.

Рекомендована кафедрой информационных технологий. Поступила 04.06.10.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТКАЦКОГО СТАНКА

В.В. РОМАНОВ, С.Н. ТИТОВ, В.А. ЛЯСИЧ

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: ttp@igta.ru

Излагается методика определения неравномерности частоты вращения главного вала ткацкого станка при установившемся движении. Расчеты выполнены на основе периодического метода решения дифференциального уравнения Лагранжа II рода.

The technique of determination of non-uniformity of rotation frequency of the loom's main shaft at constant movement is stated herein. Accounts are executed on the basis of a batch method of the solution of the differential equation of Lagrange of the IInd kind.

Ключевые слова: ткацкий станок, частота вращения электродвигателя привода, численные методы.

Исследование взаимосвязи частоты вращения электродвигателя привода, главного вала и характера движения основных механизмов ткацких станков является предметом исследования большого числа работ [1], [2]. В последнее время интерес к данной проблеме пробудился вновь [3], [4]. Это можно объяснить несколькими факторами.

1. С развитием электроники и, в частности ЭВМ, появилась возможность использовать для точного аналитического решения задач динамики численные методы [3].

2. В условиях жесткой конкуренции повысились требования к энергопотреблению привода станка [4].

3. Возникла необходимость в программном согласовании нескольких автономных приводов, характерных для современного ткацкого оборудования.

4. Повысились требования к защите персонала и сооружений.

5. Появилась потребность в обеспечении заданных режимов движения исполнительных механизмов станка для достижения требуемого качества продукции.

Из положений теоретической механики известно, что уравнение движения механизма может быть задано в энергетической или в дифференциальной форме [5].

Уравнение движения в дифференциальной форме может быть представлено в виде [6]:

$$J_0 \ddot{\phi}_n + b_{пр} (\dot{\phi}_n - \dot{\phi}_{дв}) + c_{пр} (\phi_n - \phi_{дв}) - M_{со} (\dot{\phi}_n) = -\tilde{J}(\phi_n) \ddot{\phi}_n - \frac{1}{2} \tilde{J}'_{пр}(\phi_n) \dot{\phi}_n^2 + \tilde{M}_c(\phi_n). \quad (1)$$

где J_0 – постоянная составляющая приведенного момента инерции станка; $M_{со}$ – средний приведенный момент сил сопротивления; $\tilde{J}_{пр}(\phi_n)$ – переменная составляющая приведенного момента инерции; $\tilde{J}'_{пр}(\phi_n)$ – производная от приведенного

момента инерции станка; $\tilde{M}_c(\phi_n)$ – переменная составляющая приведенного момента сил сопротивления; $\phi_n, \phi_{дв}$ – угол поворота главного вала и электродвигателя соответственно; $b_{пр}$ – приведенный коэффициент сопротивления упругого звена; $c_{пр}$ – приведенный коэффициент жесткости ременной передачи.

Известно решение уравнения движения (1), выполненное на стадии установившегося движения главного вала ткацкого станка методом Рунге-Кутты 4-го порядка [3]. Это решение получено с учетом только батанного механизма. Профессором М.З. Коловским предложено решение уравнения (1) в периодической форме [6]. В правой части уравнения (3) стоят величи-

$$J_0 \ddot{\phi}_n^{(0)} + b_{np} (\dot{\phi}_n^{(0)} - \omega_0) + c_{np} (\phi_n^{(0)} - \omega_0 t) - M_{co} (\dot{\phi}_n^{(0)}) = 0, \quad (2)$$

где ω_0 – средняя угловая скорость главного вала.

При нулевом приближении:

$$\ddot{\phi}_n^{(0)} = 0, \quad \dot{\phi}_n^{(0)} = \omega_0, \quad \phi_n^{(0)} = \omega_0 t - \Delta.$$

После подстановок имеем:

$$-c_{np} \Delta - M_{co} (\omega_0) = 0, \quad (3)$$

где Δ – статическая деформация в передаточном механизме.

В первом приближении учитываются возмущения. Тогда

$$\phi_n^{(1)} = \omega_0 t - \Delta + y(t),$$

$$J_0 \ddot{y} + b_{np} \dot{y} + c_{np} y = -\frac{1}{2} \tilde{J}'_{np} (\omega_0 t - \Delta) \omega_0^2 + \tilde{M}_c (\omega_0 t - \Delta) = L_m(t). \quad (4)$$

Величина $L_m(t)$ представляет собой возмущающий момент, вызывающий динамическую ошибку $y(t)$

$$L_m(t) = L_r \left(t - \frac{\Delta}{\omega_0} \right).$$

Раскладывая $L_m(t)$ в ряд Фурье, получим:

$$L_m(t) = \sum_{r=1}^{\infty} L_r \cos(r\omega_0 t + \alpha_r), \quad (5)$$

где L_r – амплитуды гармоник; α_r – фазы гармоник; r – номер гармоники.

ны, которые вызывают возмущения в машинном агрегате, то есть колебания угловой скорости главного вала. Решение его осуществляется методом последовательных приближений. Предполагая, что возмущений нет, вращение главного вала равномерное, правая часть уравнения (1) приравнивается к нулю:

$$\dot{\phi}_n^{(1)} = \omega_0 + \dot{y}(t), \\ \ddot{\phi}_n^{(1)} = \ddot{y}.$$

Здесь $y(t)$ – отклонение закона движения главного вала от равномерного вращения, называемое динамической ошибкой по углу поворота; $\dot{y}(t)$ – динамическая ошибка по скорости. Учитывая, что средний момент сил сопротивления станка $-M_{co}(\dot{\phi}_0) = c_{np} \Delta$ не зависит от скорости, то есть является постоянной величиной, после подстановки в левую часть первого приближения, а в правую часть – нулевого приближения получим:

Периодическое решение уравнения (4) с учетом (5) позволяет определить динамическую ошибку по углу поворота:

$$y = \sum_{r=1}^{\infty} \frac{L_r \cos(r\omega_0 t + \alpha_r + \gamma'_r)}{\sqrt{(c_{np} - J_0 r^2 \omega_0^2)^2 + b_{np}^2 r^2 \omega_0^2}}. \quad (6)$$

Динамическая ошибка по скорости:

$$\dot{y} = \sum_{r=1}^{\infty} \frac{r L_r \omega_0 \sin(r\omega_0 t + \alpha_r + \gamma'_r)}{\sqrt{(c_{np} - J_0 r^2 \omega_0^2)^2 + b_{np}^2 r^2 \omega_0^2}}. \quad (7)$$

Коэффициент неравномерности движения главного вала станка:

$$\delta' = \frac{\dot{y}_{\max} - \dot{y}_{\min}}{\omega_0}. \quad (8)$$

Для нахождения величины δ' разработана программа, реализующая расчеты по формулам (9)...(14), приведенным в работе [7].

Угловые скорости механизмов определялись путем кинематического анализа кулачковых механизмов по координатам профилей соответствующих кулачков. Расчет выполнялся для станка СТБ2-175 с асинхронным электродвигателем 4А80В4У3 мощностью $N=1,5$ кВт; частота вращения главного вала $n = 250$ об/мин. Моменты инерции механизмов, участвующих в расчетах, принимались в соответствии с их 3D-моделями, определен-

$$\begin{aligned} \tilde{J}_{\text{зм}}(\phi_n) = & \left[J_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_0} \right)^2 + J_{s3} \left(\frac{\omega_3}{\omega_0} \right)^2 + m_3 \left(\frac{V_{s3}}{\omega_0} \right)^2 + J_4 \left(\frac{\omega_4}{\omega_0} \right)^2 + J_{s5} \left(\frac{\omega_5}{\omega_0} \right)^2 + m_5 \left(\frac{V_{s5}}{\omega_0} \right)^2 + m_6 \left(\frac{V_{ц6}}{\omega_0} \right)^2 + \right. \\ & \left. + 2J_7 \left(\frac{\omega_7}{\omega_0} \right)^2 + J_{s8} \left(\frac{\omega_8}{\omega_0} \right)^2 + m_8 \left(\frac{V_{s8}}{\omega_0} \right)^2 + m_9 \left(\frac{V_{19}}{\omega_0} \right)^2 \right] p, \end{aligned} \quad (10)$$

где J_2, J_4, J_6 – момент инерции звеньев 2, 4, 6 относительно их осей вращения; J_{s3}, J_{s5}, J_{s8} – моменты инерции относительно осей, проходящих через центры масс звеньев 3, 5, 8; $V_{s3}, V_{s5}, V_{s6}, V_{s8}, V_{s9}$ – линейные скорости центров масс звеньев 3, 5, 6, 8, 9; m_3, m_5, m_6, m_8, m_9 – массы звеньев 3, 5, 6, 8, 9; p – количество движущихся ремиз в данном цикле.

Приведенный момент сил сопротивления:

$$M_c^{\text{пр}} = M_c + M_b \Pi'(\phi_n) + M_3 \Pi'(\phi_n) + M_6 \Pi'(\phi_n), \quad (11)$$

где $M_c = 50,7$ Н·м – момент сопротивления движению, зависящий от трения в кинематических парах механизмов станка и от трения между рабочими органами и элементами системы заправки [3].

Приведенный к главному валу момент от силы прибора батана:

ными в среде проектирования Pro/Engineer.

Переменная составляющая приведенного момента инерции батанного механизма:

$$J_{\text{бм}} = (J_{\text{бв}} + J_6) \left(\frac{\omega_{\text{бв}}}{\omega_0} \right)^2, \quad (9)$$

где $J_{\text{бв}}$ – момент инерции подбатанного вала; J_6 – момент инерции лопастей батана и бруса с бердом; $\omega_{\text{бв}}$ – угловая скорость подбатанного вала.

Переменная составляющая приведенного момента инерции зевобразующего механизма, приведенная к главному валу станка:

$$M_6(\phi_n) = F_6(\phi_n) h \frac{\omega_6}{\omega_0}, \quad (12)$$

где F_6 – сила прибора уточной нити; h – плечо силы прибора; ω – угловая скорость подбатанного вала; ω_0 – средняя угловая скорость главного вала; $\phi_n = \omega_0 t$ – угол поворота главного вала.

Момент от силы F_3 , приведенный к главному валу:

$$M_3(\phi_n) = M_{\text{КВ}}(\phi_{\text{КВ}}) \frac{\omega_{\text{КВ}}}{\omega}, \quad (13)$$

где $V_p(\phi_{\text{КВ}})$ – скорость перемещения ремизы; $\omega_{\text{КВ}}$ – угловая скорость кулачкового вала; ω – заданная угловая скорость главного вала.

Приведенный к главному валу момент сил сопротивления боевого механизма:

$$M_{\sigma}(\phi_n) = M_{ТВ} \frac{\omega_{ТВ}}{\omega}, \quad (14)$$

где $\omega_{ТВ}$ – угловая скорость закручивания торсионного вала.

Анализ величин, входящих в формулу (14), проведен в работе [8]. Момент сопротивления $M_{приб}$, возникающий во время прибора уточной нити к опушке ткани, определяется по формуле:

$$S(t) = k_1 \left[[0,5V_0 t_{ПР} - \frac{P_0}{mp_1(n^2 + p_1^2)} \{ [p_1 - e^{-nt} (p_1 \cos p_1 t + n \sin p_1 t)] - 2(p_1 - e^{-n(t-t_{ПР})} [p_1 \cos p_1 (t - t_{ПР}) + n \sin p_1 (t - t_{ПР})]) \}] \right] \quad (16)$$

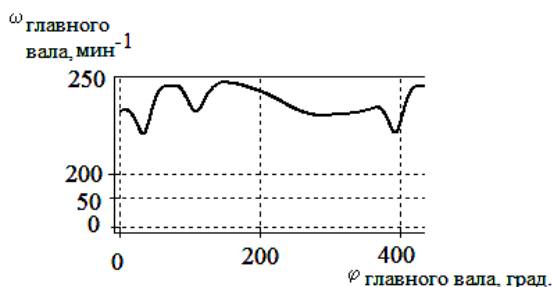


Рис. 1

На рис. 1 показана расчетная зависимость частоты вращения главного вала ω за цикл тканеобразования. Сравнение расчетных значений угловой скорости $\omega = \dot{\phi}_n$ с экспериментальными данными [10] методами математической статистики по критерию Фишера показало адекватность модели.

ВЫВОДЫ

Разработана методика, позволяющая моделировать динамику главного вала ткацкого станка в зависимости от законов движения, задаваемых профилями кулачков.

$$M_{приб} = S(t)h \sin \left(\pi \frac{\phi - \phi_I}{\phi_{II} - \phi_I} \right), \quad (15)$$

где ϕ_I – угол поворота кулачка, соответствующий началу прибора; ϕ_{II} – угол поворота кулачка, соответствующий окончанию прибора; $S(t)$ определяется по методике [8]:

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышев А.П., Воробьев П.А. Механика и конструктивные расчеты ткацких станков. – М.: Машгиз, 1960.
2. Мостейкис В.С., Мартынов А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1967, №3. С. 121...127.
3. Лушиников С.В., Саранчук Г.А., Белый М.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.75..78.
4. Demeulenaere B., Smolders K. // Average speed control of reciprocating machinery. – Paris. IEEE international conference on control and automation, 2005.
5. Теория механизмов и механика машин/ Под ред. Фролова К.В. – М.: Высшая школа, 1998.
6. Коловский М.З. Динамика машин. – Л.: ЛПИ им. М.И. Калинина, 1980.
7. Лясич В.А., Болотный А.П. и др./ Динамический анализ и синтез машинного агрегата. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2007.
8. Романов В.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С.112...114.
9. Терентьев В.И., Казанская И.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.37..39.
10. Романов В.В., Титов С.Н., Померанцев М.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.80..83.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 04.06.10.

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРЕХОДНЫМ ПОВЕРХНОСТЯМ (КРОМКАМ) РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Д.А. ЛЕБЕДЕВ

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

В статье рассматриваются вопросы оценки контактных взаимодействий с волокном при обосновании требований к кромкам рабочих органов машин для переработки натуральных волокон.

The questions of the estimation of contact interactions with a fiber at the substantiation of requirements to the edges of the machine's attachments for reprocessing of natural fibres are considered in the article.

Ключевые слова: волокно, контактное взаимодействие, напряжения, кромки рабочих органов, котонизация.

В процессе переработки натуральных волокон (хлопка, льна и других) такие процессы, как очистка, чесание, штапелирование и прочие, в силу своих особенностей накладывают определенные требования к переходным поверхностям (кромкам) рабочих органов. Это, в первую очередь, следует относить к таким рабочим органам, как зубья джинных и линтерных пил, пильчатая лента очистителей хлопка и льняного волокна, цельнометаллическая пильчатая лента чесальных машин и

игольчатая гарнитура при чесании как хлопка, так и льняного волокна, а также к режущим кромкам ножей резательных машин, применяемых, например, для штапелирования.

В табл. 1 приведены некоторые данные о требованиях к кромкам рабочих органов машин, взаимодействующих с волокном. Так, большие требования предъявляются к состоянию джинных и линтерных пил. Если у джинных пил они должны быть притуплены, то у линтерных пил – наоборот.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Технологическая операция	Хлопок		Лен	
		волокно	линт	трепанный	коротко-штапельный
1	Очистка сырца	-	-		
2	Джинирование и линтерование	-	+		
3	Очистка волокна в свободном состоянии	-	-	-	+
4	Очистка волокна в зажатом состоянии:				
	– захват	+	-	+	+
	– накальвание	-	-	+	+
	– скобление	-	-	+	+
	– расщепление	-	-	+	+
5	Чесание	+/-	-	+	+
6	Резка (штапелирование)	-	-	-	+

П р и м е ч а н и е: (-) – рабочие кромки должны быть притуплены; (+) – рабочие кромки должны быть острыми.

Известно [1], что механическая поврежденность хлопковых волокон в зависимости от сорта волокна составляет от 15 до 40%. Причиной этого в большинстве случаев является неудовлетворительное состояние рабочих кромок зубьев пильчатых рабочих органов очистителей хлопка, джинных пил и волоконоочистительных машин. При линтеровании семян в производстве линта зубьям пил необходимо придавать остроту кромок, так как процесс линтерования зависит от эффективности соскабливания короткого волокна (линта) с семян.

Требования к технологическим поверхностям рабочих органов хлопкоочистительных машин, в том числе и к кромкам, в какой-то мере обоснованы в работах [2] и [3].

Как следует из табл. 1, повышенные требования к остроте рабочих органов должны предъявляться для машин по переработке льняного волокна как при очистке, так и при чесании. Это в первую очередь определяется особенностью строения льняного волокна. Как отмечалось ранее [4], процесс расщепления льняных комплексов может происходить как в результате взаимодействия острия их с волокном, так и за счет различных воздействий, приводящих к деформациям сдвига, изгиба, кручения и др. [5].

Эффективность этих процессов, особенно накалывания и скобления, зависит от состояния кромок гарнитуры, их острия. Для этих целей, как отмечалось в работах [5], [6], необходимы новые конструкции игл с переходными кромками на боковых

поверхностях, что возможно у игл плоской и трехгранной формы.

Для оценки влияния вариантов конструкции рабочих органов на эффективность процессов накалывания и последующего расщепления достаточно провести качественную оценку контактных взаимодействий их с перерабатываемым волокном.

Теоретических разработок контактных явлений твердых тел с натуральным волокном, кроме работ Р.З. Бурнашева нет, поэтому воспользуемся методикой, изложенной в работе [3]. В основе методики лежит теория Герца. Используя все допущения, принятые в этой работе, применим ее для качественных сравнений контактных условий.

Рассмотрим наиболее типовые схемы взаимодействия волокон с кромками рабочих органов.

В процессе котонизации льняного волокна важную роль играет процесс накалывания иглой льняных комплексов. Этот процесс может оцениваться величиной контактных напряжений, возникающих как при контакте цилиндрического тела с поверхностью в виде шара, так и при взаимодействии шаровой поверхности с плоскостью (например, при контакте с матрицей волокна). Кончик острия иглы как при заточке, так и при эксплуатации игл имеет форму, приближенную к сферической. На рис.1 показана схема взаимодействия, где P – сила, сжимающая поверхности тел; r_1 – радиус острия иглы; $r_в$ – радиус волокна.

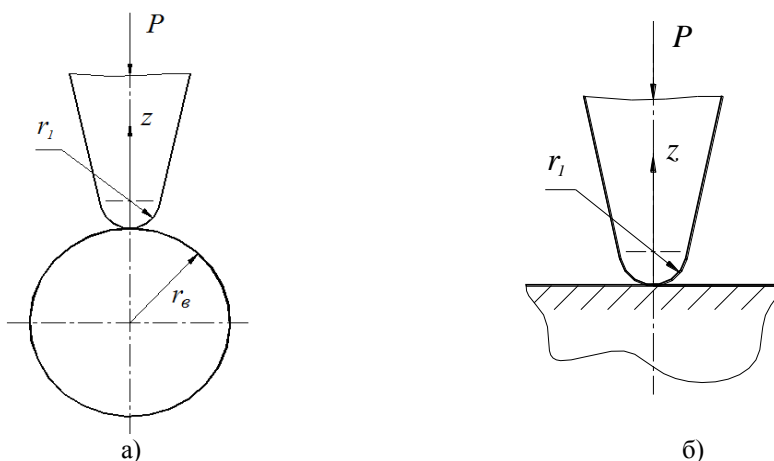


Рис. 1

Максимальные нормальные напряжения для этих случаев вычисляются по формулам [7], [8]:

– для схемы с эллиптической площадкой (рис. 1-а)

$$\sigma_{z_{\max}} = \frac{1,5P}{\pi ab}; \quad (1)$$

– для схемы с круговой площадкой (рис. 1-б)

$$\sigma_{z_{\max}} = \frac{1,5P}{\pi a^2}, \quad (2)$$

где a, b – размеры полуосей контакта, которые вычисляются по формулам:

$$a = n_a \left(\frac{3}{2} \frac{\eta}{\sum \rho} P \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (3)$$

$$b = n_b \left(\frac{3}{2} \frac{\eta}{\sum \rho} P \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (4)$$

где η – комплексная характеристика упругих свойств контактирующих материалов, определяемая как

$$\eta = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}, \quad (5)$$

где ν_1, ν_2 – коэффициенты Пуассона; E_1, E_2 – модули упругости материала волокна и иглы; $\sum \rho$ – сумма главных кривизн поверхностей соприкасающихся тел, $\rho = \frac{1}{r}$; n_a, n_b – коэффициенты, учитывающие кривизну поверхностей и определяемые по таблицам [8].

Для нашего случая контакта волокна с рабочим органом из стали, то есть при $E_2 \gg E_1$, будем иметь:

$$\eta = \frac{1-\nu_1^2}{E_1}, \quad (6)$$

а коэффициенты n_a и n_b могут быть приняты равными единице, так как согласно [8] $n_a = 1,01$; $n_b = 0,98$.

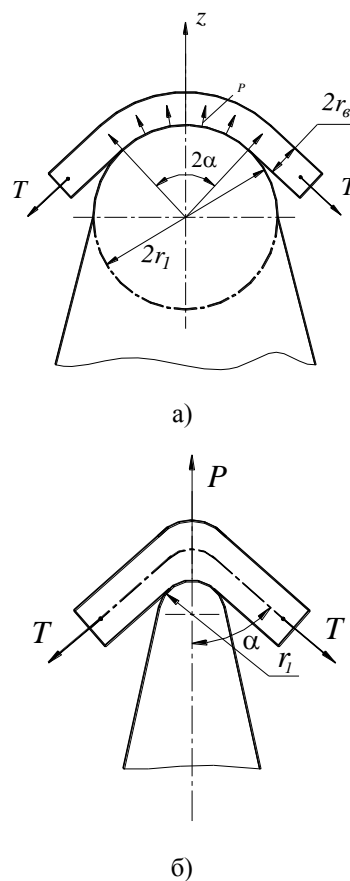


Рис. 2

При взаимодействии волокна с заостренной кромкой по схеме, представленной на рис. 2-а, где волокно огибает цилиндрическую поверхность кромки, наибольшее давление в зоне контакта будет:

$$q_0 = \sigma_{z_{\max}} = \sqrt{\frac{T}{\pi \eta r_l r_b}}. \quad (7)$$

Для случая нагружения по схеме, изображенной на рис. 2-б, заостренная кромка, диск с волокном, будем иметь:

$$P = 2T \cos \alpha. \quad (8)$$

Максимальное давление в зоне контакта будет:

$$q_0 = \sigma_{z \max} = \frac{1,5P}{4,15 \sqrt[3]{P \frac{D_1 D_B}{D_1 + D_B} \eta}} = \frac{3T \cos \alpha}{4,15 \sqrt[3]{2T \cos \alpha \frac{D_1 D_B}{D_1 + D_B} \eta}}, \quad (9)$$

где $D_1 = 2r_1$; $D_B = 2r_B$; α – угол огибания кромки.

Для оценки максимальных давлений в зоне контакта и влияния на них величины заостренности кромки произведем расчет давлений при следующих параметрах: $P=1,0$ кгс; $D_1=0,01 \div 1,0$ мм; $D_B=0,02$ мм; $\nu_1=0,3$; $E_1 = 0,4 \cdot 10^2 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$.

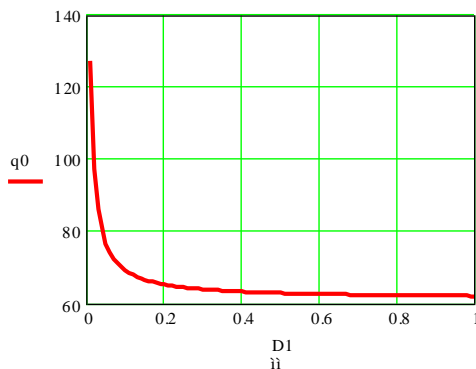


Рис. 3

На графике (рис. 3 – зависимость контактных давлений от размера кромки) показана такая зависимость. Острота кромок является важнейшим параметром, влияющим на напряжение в зоне контакта. Это напряжение существенно усиливается при перемещении волокна по кромке.

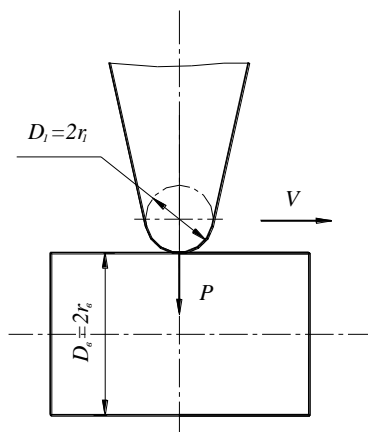


Рис. 4

Для случая взаимодействия кромки с волокном при скоблении (рис. 4) максимальное напряжение в зоне контакта может быть определено по следующей формуле [8]:

$$q_0 = \sigma_{z \max} = 188,48 n_\sigma P^{\frac{1}{3}} \left(\frac{r_1 + r_B}{r_1 r_B} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (10)$$

где

$$n_\sigma = f(\Omega); \quad (11)$$

$$\Omega = \frac{r_1 - r_B}{r_1 + r_B}. \quad (12)$$

Согласно расчетам для нашего случая $n_\sigma = 0,98$.

В случае смещения контакта вдоль волокна появляется трение. Эквивалентное напряжение в волокне согласно [5] будет:

$$\sigma_{\text{эkv}} = q_0 \left[(1 - 2\nu_1)^2 + 4\mu^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (13)$$

где μ – коэффициент трения кромки о волокно.

Возникающие при взаимодействии кромок игл с волокном напряжения приведут к расслоению комплексов в случае превышения ими предела текучести клеяющего материала между элементарными волокнами.

Таким образом, предложена методика оценки контактных напряжений при взаимодействии кромок рабочих органов с волокном, которые необходимо учитывать при формировании требований к переходным поверхностям (кромкам) рабочих органов машин для очистки натуральных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирошниченко Г.И.* Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972.
2. *Махкамов Р.Г.* Основы процесса взаимодействия поверхностей твердых тел с волокнистой массой. – Ташкент: ФАН, 1979.
3. *Бурнашев Р.З.* Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца: Дис.... докт. техн. наук. – Ташкент, 1983.
4. *Корабельников А.Р., Вихарев С.Н., Корабельников Р.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 3. С.24...26.
5. *Корабельников А.Р., Вихарев С.Н., Корабельников Р.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 5. С.31...33.

6. *Вихарев С.Н.* Совершенствование оборудования и методов получения и очистки короткоштапельного льняного волокна: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, 2008.

7. Справочник машиностроителя (в шести томах) / Под ред. С.В. Серенсена. – Т. 3. – М., 1969.

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

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.

УДК 677.058

РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОГО УСИЛИЯ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБЫ НА ОСИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ШПАРУТКИ

С. В. БУКИНА

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

В статье приводится расчет минимально необходимого усилия затяжки резьбового соединения на оси дифференциальной шпартутки с целью снижения напряжений растяжения и изгиба оси и, как следствие, преждевременного выхода ее из строя.

In article account of is minimum necessary effort of an inhaling of the threaded joint on an axis differential loom temple roller for the purpose of a decrease of stresses of tension and an axis bend, and as consequence, its premature exit out of operation is resulted.

Ключевые слова: дифференциальная шпартутка, подколечник, усилие затяжки, напряжения.

В процессе сборки шпартутки усилие затяжки резьбы на оси обычно не контролируется. Это приводит к значительному повышению напряжений растяжения и изгиба в ней, перегрузке резьбы сопряжения ось–гайка и к преждевременному выходу

оси из строя. Минимально необходимое усилие затяжки оси шпартутки [1], достаточное для ее надежной работы, можно определить из условия отсутствия проворота подколечников.

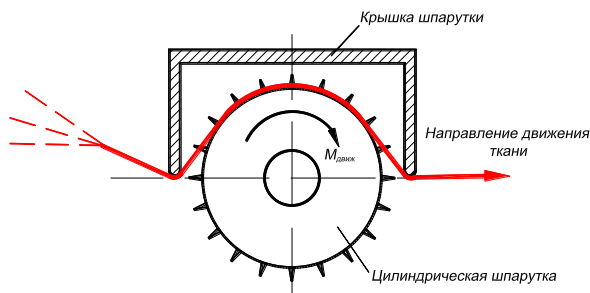


Рис. 1

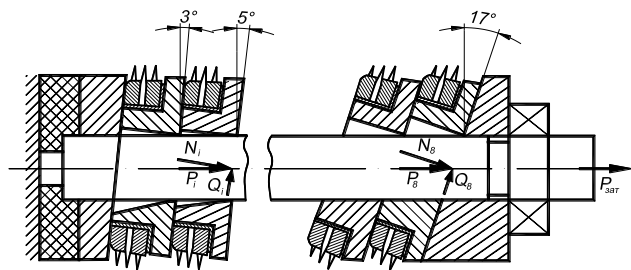


Рис. 2

Движущий момент, приложенный к кольцу шпартутки, со стороны движущейся ткани (рис.1 – схема движения ткани на шпартутке, 2 – схема монтажа подколечников и игольчатыми кольцами для расчета усилия затяжки оси) составляет:

$$M_{\text{движ}} = S_{\text{основы}} b Z_y R, \quad (1)$$

где $S_{\text{основы}}$ – натяжение нитей основы в момент прибора ($S_{\text{основы}} = 80 \text{ сН}$ по данным ЦНИИШерсти для арт.7Н-14) [2], [3]; b – расстояние между соседними кольцами, мм; Z_y – плотность по утку, нитей/см ($Z_y = 16$ для арт.7Н-14); R – радиус кольца, мм;

$$M_{\text{движ}} = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 16 \cdot 11 = 105,6 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Момент трения на цилиндрической поверхности в сопряжении втулка-подколечник:

$$M_{\text{тр.цил}} = f N d_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где N – радиальная нагрузка на подколечник, направленная вдоль оси центральной иглы кольца, кг;

$$N = R_{\text{Fai}} + (2S_0 b Z_y \cos \alpha), \quad (3)$$

где R_{Fai} – проекция усилия ширения на ось центральной иглы кольца, Н; S_0 – натяжение нитей основы, сН; b – расстояние между двумя соседними кольцами шпартутки,

мм; α – угол наклона подколечника, град.; f – коэффициент трения сталь по стали; $f = 0,72$ (по данным лаборатории игольно-планочной оснастки, завод ОАО "Красная Маевка", г. Кострома) [4]; $d_{\text{тр}}$ – диаметр сопряжения, мм.

Для $\alpha = 17^\circ$;

$$N = 4,1 + (2 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 16 \cdot \cos 17^\circ = 22,43 \text{ Н}$$

$$M_{\text{тр.цил}} = 0,27 \cdot 22,43 \cdot 14,5 = 87,8 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Видно, что $M_{\text{движ}} > M_{\text{тр.цил}}$, то есть обеспечивается свободное вращение кольца.

Примем запас отсутствия проворота подколечника $n = 1,5$. Тогда момент трения на торце подколечника (рис. 2) составит:

$$M_{\text{тр.торц}} = n M_{\text{движ}} = 1,5 \cdot 105,6 = 158,4 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Вычислим исходя из этого момента нормальную к торцу подколечника составляющую N_i усилия затяжки, приходящуюся на один подколечник:

$$N_i = \frac{M_{\text{тр.торц}}}{fd}, \quad (4)$$

где $f = 0,72$; $d = 11$ мм.

Для $\alpha = 0^\circ, 3-19^\circ$ и т.д.

$$N_i = \frac{158,4}{0,72 \cdot 11} = 20 \text{ Н}.$$

Сдвигающая сила Q (рис. 1):

$$Q_i = N_i \operatorname{tg} \alpha. \quad (5)$$

$$P_i = \frac{N_i}{\sin(90^\circ - \alpha^\circ)}. \quad (6)$$

Усилие затяжки, приходящееся на один подколечник:

Расчет составляющих усилия затяжки оси представлен в табл. 1 для всех подколечников и сухарей.

Т а б л и ц а 1

α°	$N_i, \text{ Н}$	$M_{\text{тр.торц}}, \text{ Н}\cdot\text{мм}$	$Q_i, \text{ Н}$	$P_i, \text{ Н}$	Материал пары
0°	20,0	81,0	-	20,0	Полиамид-сталь
3°	20,0	158,4	1,048	20,04	Сталь-сталь
5°	20,0	158,4	1,75	20,08	Сталь-сталь
8°	20,0	158,4	2,45	20,16	Сталь-сталь
9°	20,0	158,4	3,17	20,26	Сталь-сталь
11°	20,0	158,4	3,88	20,38	Сталь-сталь
13°	20,0	158,4	4,62	20,53	Сталь-сталь
15°	20,0	158,4	5,36	20,72	Сталь-сталь
17°	20,0	158,4	6,15	20,92	Сталь-сталь
19°	20,0	158,4	6,88	21,16	Сталь-сталь

Из анализа табл. 1 видно, что момент трения на торце стального сухаря и металлополимерной оси составляет всего:

$$M_{\text{тр.торц}} = Nfd = 20 \cdot 0,27 \cdot 15 = 81 \text{ Н}\cdot\text{мм},$$

$$d = \frac{22 + 8}{2} = 15 \text{ мм}.$$

Чтобы не было проворота первого сухаря, который контактирует с торцом полиамидной детали, увеличим момент трения до минимально необходимого на торце подколечника:

$$M_{\text{тр.торц}} = 158,4 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Тогда

$$N_i = \frac{158,4}{0,27 \cdot 15} = 39,11 \text{ Н}.$$

Определяем усилие затяжки для второго сухаря, находящегося под углом $\alpha = 19^\circ$:

$$P_i = \frac{N}{\sin(90^\circ - \alpha^\circ)} = \frac{39,11}{0,945} = 41,38 \text{ Н}.$$

Перерасчет составляющих N_i и Q_i усилия затяжки оси представлен в табл. 2.

Суммарное усилие затяжки при количестве подколечников с игольчатыми кольцами $k=10$:

$$P_{\text{общ}} = k \sum_{i=1} P_i = 10 \cdot 41,38 = 413,86 \text{ Н} = 42 \text{ кг}.$$

Т а б л и ц а 2

α°	$N_i, \text{ Н}$	$M_{\text{тр.торц}}, \text{ Н}\cdot\text{мм}$	$Q_i, \text{ Н}$	$P_i, \text{ Н}$	Материал пары
0°	39,11	158,4	-	39,11	Полиамид-сталь
3°	39,11	309,75	2,05	39,18	Сталь-сталь
5°	39,11	309,75	3,42	39,26	Сталь-сталь
8°	39,11	309,75	4,8	39,42	Сталь-сталь
9°	39,11	309,75	6,19	39,62	Сталь-сталь
11°	39,11	309,75	7,6	39,83	Сталь-сталь
13°	39,11	309,75	9,03	40,15	Сталь-сталь
15°	39,11	309,75	10,5	40,48	Сталь-сталь
17°	39,11	309,75	11,96	40,9	Сталь-сталь
19°	39,11	309,75	13,47	41,38	Сталь-сталь

ВЫВОДЫ

Установлено, что рекомендуемое усилие затяжки резьбы на оси дифференциальной шпартушки, равное 42 кг, позволит облегчить силовой режим нагружения ее элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник машиностроителя (в шести томах / Под ред. С.В. Серенсена. – Том 3. – М., 1969.

2. Отчет по теме №63. – М., ЦНИИШерсть, 1989.

3. Механические свойства и износостойкость текстильных материалов // Докл. VII Всесоюз. научн. конф. по материаловедению. – Вильнюс-Каунас: изд-во Каунасского политехнического института, 1971.

4. Шпартушки для ткацких станков. Технические условия, ТУ 9671-003-00300529-98. – ОАО "Красная Маевка", 1998.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.

УДК 677.052.96-752

ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ТЕЛЕ НАМОТКИ ПРИ ИЗГИБЕ ОПРАВКИ

П.Н. РУДОВСКИЙ, С.В. ПАЛОЧКИН, А.Ю. КОЛЯГИН, Н.Ю. ЛАБАЙ

(Костромской государственный технологический университет,
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

E-mail: ksu@ksu.edu.ru,
E-mail: office@msta.ac.ru

Рассмотрен вопрос демпфирования колебаний в текстильной паковке. Дана теоретическая зависимость для определения рассеяния энергии за цикл колебаний. Приведены результаты расчетов.

The question of vibrations damping in a body of winding is considered. For definition of dispersion of energy for a cycle of vibrations the theoretical formula is received. Results of calculations are brought.

Ключевые слова: колебания, демпфирование, рассеяние энергии, трение, паковка, намотка, веретено, шпиндель.

Демпфирование колебаний в мотальных механизмах оказывает существенное влияние на виброустойчивость текстильных машин.

Экспериментально доказано [1], что в формируемом на машинах с консольно-расположенным шпинделем веретена теле намотки (паковке) рассеяние энергии колебаний происходит, в основном, вследствие трения между витками нити при их относительном смещении, связанном с изгибом шпинделя веретена с патроном (оправки).

Для количественной оценки величины рассеянной за цикл энергии колебаний в цилиндрическом теле параллельной намотки при малом угле подъема витков разработана теоретическая модель, в основе которой лежат следующие допущения:

- нить по всей длине имеет постоянное круглое поперечное сечение;
- поперечные сечения нити в процессе намотки не деформируются;
- нить является гибкой;
- слои нити в теле намотки не перекрещиваются;

- давление между слоями витков тела намотки постоянно;
- трение между витками нити определяется законом Кулона-Амонтона;

- смещение слоя витков нити, прилегающего к поверхности оправки, относительно нее отсутствует;
- деформация оправки мала.

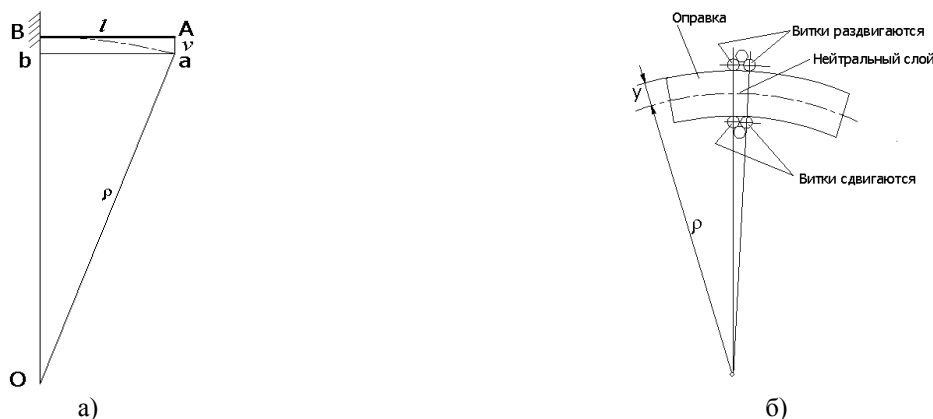


Рис. 1

При изгибе оправки (рис. 1-а) сечения витков тела намотки, расположенные на выпуклой стороне оправки (верхние сечения), раздвигаются, а сечения витков, расположенные на вогнутой стороне оправки (нижние сечения), сдвигаются друг относительно друга (рис. 1-б). Сечения витков, совпадающие с нейтральным слоем изогнутой оправки, не перемещаются.

Очевидно, что величина взаимного смещения витков определяется относительной деформацией слоя оправки, на котором располагаются центры их сечений.

Относительная деформация ε любого слоя оправки при чистом изгибе [2] равна

$$\varepsilon = y/\rho, \quad (1)$$

где y – расстояние до нейтрального слоя; ρ – радиус кривизны нейтрального слоя.

При известном значении прогиба v свободного конца оправки длиной l (рис. 1-а) определяем величину ρ :

$$\rho^2 = (\rho - v_A)^2 + l^2, \quad (2)$$

Решив это уравнение, получаем:

$$\rho = 0,5(v^2 + l^2) / v. \quad (3)$$

После подстановки (3) в (1) имеем:

$$\varepsilon = 2yv/(v^2 + l^2). \quad (4)$$

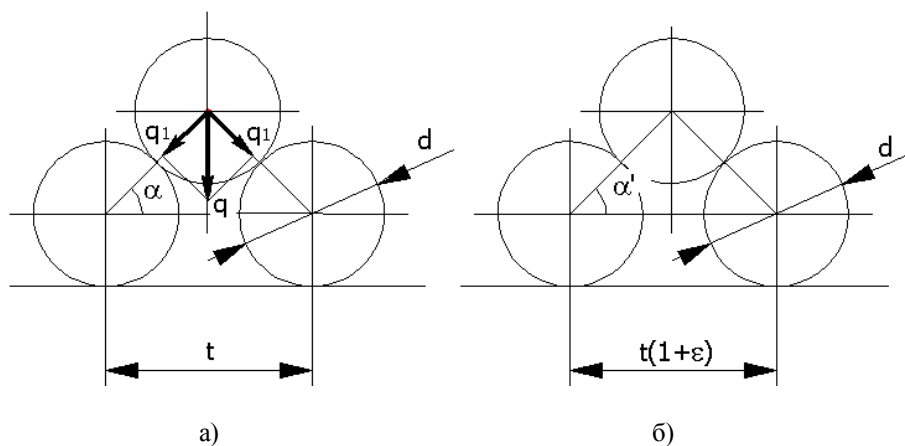


Рис. 2

Считаем, что витки в слое (рис.2 – схема относительного смещения витков намотки), прилегающем к поверхности оправки, до ее деформации (рис. 2-а) уложены с шагом t ; после деформации шаг верхних сечений витков (рис. 2-б) равен $t(1+\varepsilon)$,

$$\Delta\alpha_1 = \alpha - \alpha' = \arccos(0,5t/d) - \arccos(0,5t(1+\varepsilon)/d), \quad (5)$$

а изменение $\Delta\alpha_2$ начального угла α кон-

$$\Delta\alpha_2 = \alpha'' - \alpha = \arccos(0,5t(1-\varepsilon)/d) - \arccos(0,5t/d), \quad (6)$$

где d – диаметр нити.

Значения $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2$ при этом зависят от величины y и изменяются от нуля при $y_{\min} = 0$ до максимальных значений при $y_{\max} = 0,5D$.

Максимальные значения $\Delta\alpha_{1\max}$ и $\Delta\alpha_{2\max}$ соответствуют наибольшей дефор-

$$s = 0,5d \left(\frac{\Delta\alpha_{1\max} + \Delta\alpha_{2\max}}{2} \right) = 0,25d(\Delta\alpha_{1\max} + \Delta\alpha_{2\max}), \quad (8)$$

или с учетом (5), (6) и (7):

$$s = 0,25d \left[\arccos \left(0,5t \left(1 - \frac{Dv}{v^2 + l^2} \right) / d \right) - \arccos \left(0,5t \left(1 + \frac{Dv}{v^2 + l^2} \right) / d \right) \right]. \quad (9)$$

Линейная нагрузка q на виток (рис. 2-а) от силы натяжения нити T согласно [3] равна:

$$q = T / y_{\max} = 2T / D. \quad (10)$$

Соответственно нормальную линейную нагрузку в контакте между витками рас-

$$F_n = q_1 \pi D = \frac{2T}{D} \pi D \sin(\alpha) = 2\pi T \sin \left(\arccos \left(\frac{t}{2d} \right) \right) = 2\pi T \sqrt{1 - \left(\frac{t}{2d} \right)^2}. \quad (12)$$

Тогда рассеянная в одном контакте двух соседних витков тела намотки за цикл изгибных колебаний оправки с ам-

а шаг нижних сечений витков соответственно, равен $t(1-\varepsilon)$.

Тогда изменение $\Delta\alpha_1$ начального угла α контакта верхних сечений при деформации оправки составляет:

такта нижних сечений равно:

мации, равной согласно (4)

$$\varepsilon_{\max} = Dv / (v^2 + l^2), \quad (7)$$

где D – внешний диаметр оправки.

Дуга относительного скольжения (путь трения) в одном контакте двух соседних витков в ходе прогиба оправки от 0 до v составляет:

считываем как

$$q_1 = q \sin \alpha. \quad (11)$$

Следовательно, нормальная нагрузка на виток в пределах всей его окружности с учетом (10), (11) и $d \ll D$ составляет:

плитудой v энергия W_1 будет равна суммарной работе A сил трения в контакте:

$$W_1 = A = F_{\text{тр}} 4s = 4f F_n s, \quad (13)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения в контакте витков, f – коэффициент трения между витками нити.

Число витков в одном слое тела намотки длиной $L \leq \ell$ равно:

$$n_B = 1 + (L - d) / t. \quad (14)$$

Число контактов между витками двух соседних слоев составляет:

$$z_C = 2(n_B - 1) = 2(L - d) / t. \quad (15)$$

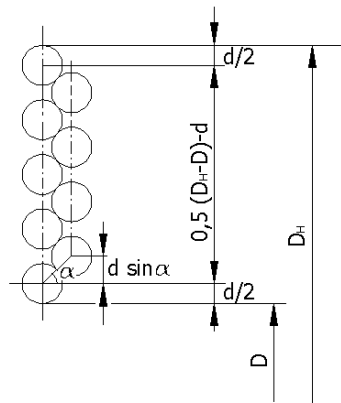


Рис. 3

где

$$K_\alpha = \left[\arccos \left(\frac{t \left(1 - \frac{Dv}{v^2 + \ell^2} \right)}{2d} \right) - \arccos \left(\frac{t \left(1 + \frac{Dv}{v^2 + \ell^2} \right)}{2d} \right) \right]. \quad (20)$$

Результаты численных расчетов, выполненных на базе полученных зависимостей (19) и (20) при постоянных значениях $T = 1$ Н, $f = 0,3$, $D_H = 40$ мм и $L = 200$ мм, представлены на рис. 4 (графики зависимостей $W = W(v, t)$): а – при $D = 16$ мм, $d = 0,5$ мм, $\ell = 250$ мм; б – при $D = 16$ мм, $d = 0,5$ мм, $t = 0,55$ мм; в – при $\ell = 250$ мм, $d = 0,5$ мм, $t = 0,55$ мм; г – при $\ell = 250$ мм, $D = 16$ мм, $t = 0,75$ мм).

Анализ расчетных зависимостей (19) и (20) и результатов вычислений показывает,

с учетом числа слоев тела намотки (рис. 3 – схема расположения слоев тела намотки), равного

$$n_C = [0,5(D_H - D - d) / d / \sin(\alpha) + 1], \quad (16)$$

определяем общее число контактов витков в теле намотки:

$$z = z_C(n_C - 1) = \frac{2(L - d)[0,5(D_H - D) - d]}{td \sin \alpha}. \quad (17)$$

Тогда полную рассеянную в теле намотки за цикл изгибных колебаний оправки энергию W рассчитываем как

$$W = zW_1. \quad (18)$$

Окончательная расчетная зависимость для определения величины W с учетом (9), (12), (13) и (17) имеет следующий вид:

$$W = 2\pi f T (D_H - D - 2d)(L - d) K_\alpha / t, \quad (19)$$

что рассеяние энергии в теле намотки за цикл колебаний:

- возрастает с увеличением силы натяжения наматываемой нити, коэффициента трения между витками и шага их намотки, внешнего диаметра и длины паковки, а также амплитуды ее колебаний;

- уменьшается с ростом диаметра нити;

- в диапазоне малых амплитуд колебаний практически не зависит от изменения внешнего диаметра оправки.

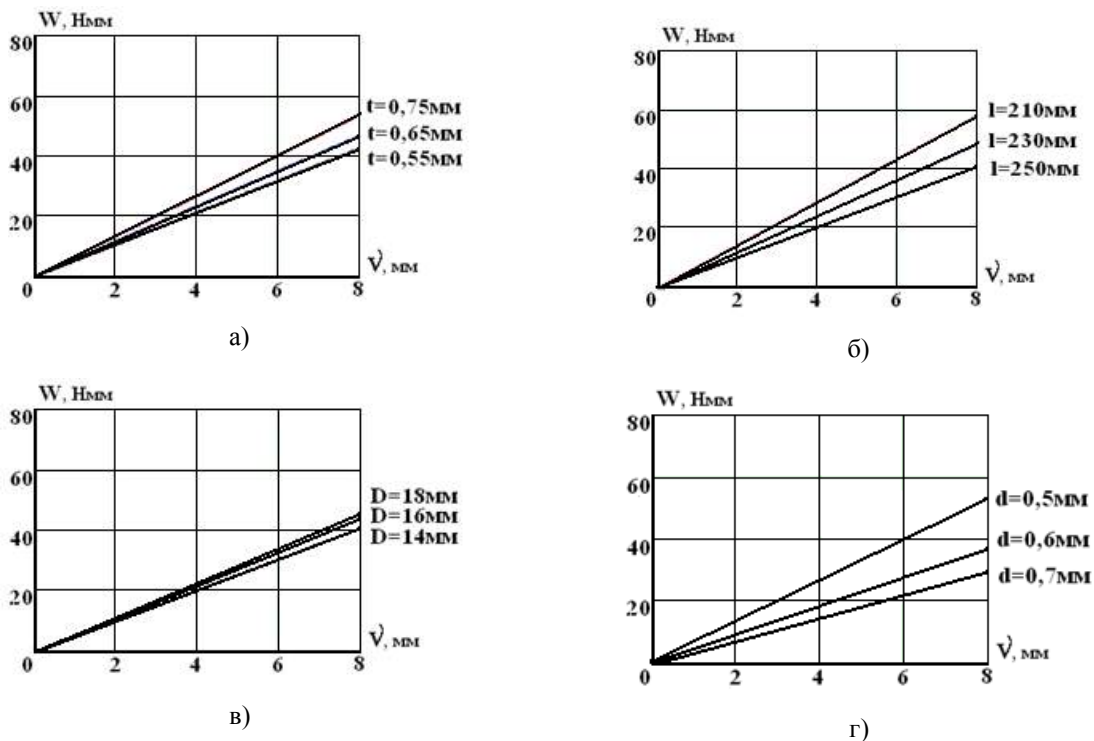


Рис. 4

Результаты теоретических расчетов по предложенной модели достаточно хорошо совпадают с экспериментальными данными [1].

ВЫВОДЫ

1. Разработана теоретическая модель рассеяния энергии колебаний в цилиндрическом теле намотки при изгибе оправки, позволяющая определять рассеяние энергии колебаний за цикл в теле намотки, а также относительное смещение, силы трения и потери энергии в единичном контакте витков.

2. Адекватность модели подтверждена качественным и достаточно хорошим количественным совпадением расчетных данных с результатами экспериментов.

3. Вместе с тем, разработанная модель описывает процесс демпфирования колебаний в теле намотки лишь в первом приближении и требует уточнения в ходе проведения дальнейших исследований поставленной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колягин А.Ю., Палочкин С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 2С.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.
3. Минаков А.П. Основы теории наматывания и сматывания нити // Текстильная промышленность. – 1944, № 10.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 04.06.10.

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РУБАШКИ ВАЛКОВОГО МОДУЛЯ ПД-140*

А.Н. КИСЕЛЁВ

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

В статье рассмотрены результаты применения метода конечных элементов (МКЭ), реализованного в САЕ-системе ANSYS, при анализе деформированного состояния рубашки валкового модуля ПД-140.

The results of application of the finite element method (FEM), realised in CAE-system ANSYS are considered in the article, at the analysis of the deformed state of the facing element of the roll module PD-140.

Ключевые слова: плюсовка, валы, рубашка, деформации.

Основным требованием к валковому модулю является обеспечение заданного равномерного давления в жале валов. Каждая новая конструкция вала появлялась именно в результате стремления к уменьшению неравномерности давления в жале валов. Использование валов с изменяемой формой рубашки ("гибкий" вал) за счет наличия индивидуальных зон внутреннего давления (гидравлика, пневматика, электромагнит) позволяет получить практически равномерное распределение давления в жале. Однако конструкция таких валов весьма сложна, имеет проблемы взаимодействия рубашки с сердечником и высокую стоимость. В связи с этим практически все российские текстильные предприятия оснащены валковыми модулями отечественного производства с классическими валами.

По причине простоты всего валкового модуля наибольшее распространение получили двухопорные валы, примером которых являются отжимные валы плюсовки ПД-140. Это валы с двумя заглубленными опорами. Ранее [1] показано, что, несмотря на простоту, при оптимальной геометрии они способны обеспечить неравномерность распределения давления в жале валов на уровне 1,0...1,5% в диапазоне нагрузок на цапфу 15...70 кН/м, что является

вполне достаточным для осуществления качественного технологического процесса.

Наибольшее влияние на равномерность обработки, наряду с расположением опор, оказывают деформации рубашек валов валкового модуля. Рассмотрим особенности деформированного состояния валов ПД-140.

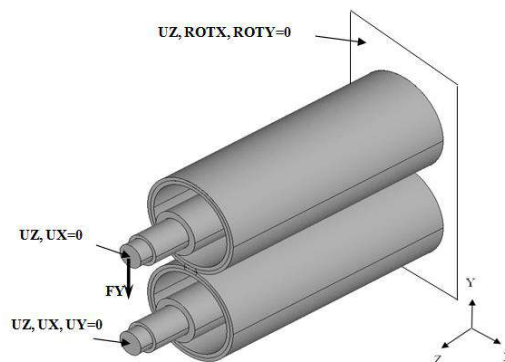


Рис. 1

Расчеты выполнены с использованием САЕ-системы ANSYS 12.0 Модуль упругости первого рода материала валов $1,93 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,29. Покрывтие вала: модуль упругости 16 МПа, коэффициент Пуассона 0,3, коэффициент трения скольжения 0,2. При построении модели учтена симметрия расчетной области, что позволило уменьшить количество элементов и время счета. Ко-

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

нечно-элементная сетка состояла из 251000 элементов (в том числе 5100 контактных элемента на каждой поверхности контакта) и 205000 узлов. Расчетная схема валов ПД-140 приведена на рис. 1.

В результате расчета определены деформации рубашки в продольном и поперечном сечениях валов ПД-140 (рис. 2). Интересной особенностью деформированного состояния рубашки является вдавли-

вание внутрь ее участков, примыкающих к области контакта валов, в результате которого поперечное сечение принимает характерную форму "яблока". Этот эффект в наибольшей степени проявляется на концах рубашки и способствует выравниванию давления по длине валов. Цилиндрический участок рубашки на рис. 2 соответствует месту крепления опор.

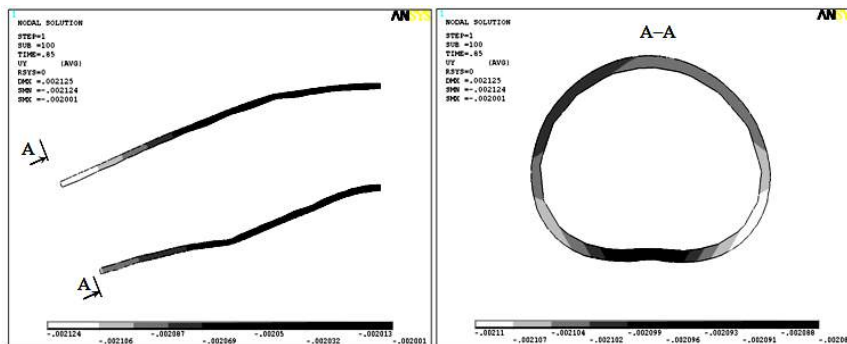


Рис. 2

Результаты расчета зависимости разности прогибов верхней и нижней частей сечения рубашки, а также упругого покры-

тия, представляющей ее деформацию на концах вала, от нагрузки на цапфу представлены на рис. 3.



Рис. 3

Из графиков видно, что для рассматриваемой конструкции в диапазоне нагрузок на цапфу 2,5...24 кН, что соответствует удельной погонной нагрузке 3,6...34 кН/м,

максимальная деформация сечения рубашки составляет 7,3...13,7% от деформации упругого покрытия.

Таким образом, анализ пространственного деформированного состояния рубашки валов ПД-140 с упругим покрытием показывает, что деформации рубашки в поперечном сечении должны учитываться при уточненном расчете валковых модулей.

ВЫВОДЫ

Произведенный расчет пространственного деформированного состояния валов ПД-140 показал, что максимальные деформации рубашки вала в поперечном се-

чении составляют существенную часть деформации покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселёв А.Н., Подъячев А.В., Киселёв Н.В. О снижении неравномерности распределения давления в жале валов ПД-140 // Вестник КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2010.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 04.06.10.

УДК 677.052

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ ДВУХМЕСТНОГО ПРЯДИЛЬНОГО МОДУЛЯ В ПУСКОВОМ РЕЖИМЕ

Н.И. ФИЛАТОВА, А.А. ТЕЛИЦЫН, Ю.А. ХАРЗИН

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

В статье представлены результаты испытания червячных передач с выпукло-вогнутым (ZT) профилем в нестационарно-пусковом режиме.

The test results of the worm gears with a convexo-concave (ZT) profile in a transient-starting condition are presented in the article.

Ключевые слова: червячная передача, выпукло-вогнутый профиль, самокруточный прядительный модуль.

В работе [1] приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований по определению долговечности (срока службы) червячных передач эвольвентного (ZA) и выпукло-вогнутого (ZT) профилей при стационарном режиме, соответствующем реальным условиям работы самокруточного прядительного модуля, которые показали, что ресурс работы пары ZT в 2,6...3,2 раза превышает ресурс работы ZA. Однако в результате остановок прядительного самокруточного модуля из-за необходимости его обслуживания (обрыв пряжи, мычки, ровницы) быстроходные червячные колеса в приводе вытяжного

прибора при последующем пуске непродолжительное время будут находиться в условиях смазки, сильно отличных от условий смазки при установившейся скорости. При пуске в зацеплении возникают дополнительные динамические нагрузки, что может привести к более интенсивному изнашиванию зубьев червячных колес. Поэтому решено было сделать серию испытаний в переходном режиме, при этом экспериментам подвергались только червячные передачи ZT.

Время пуска по известным рекомендациям должно составлять не менее 1,5 секунд [1]. Исследования проводились при

скорости скольжения, составляющей 70% критической скорости возникновения жидкостного трения [2], при максимальных нагрузках пускового режима, возникающих при времени пуска 1,5; 2,0, 3,0, 4,0 и 5,0 с. Частота вращения на валу червяка при испытаниях в режиме пуска стенда составила:

$$n = 0,7 \frac{1000V_s}{\pi d_1},$$

где V_s – скорость скольжения в передаче, соответствует скорости выпуска пряжи 200 м/мин; d_1 – делительный диаметр червяка, $d_1 = 40$ мм.

Тарировка вариатора в режиме пуска проводилась аналогично тарировке вариатора в стационарном режиме [1]. Показания амперметра и вольтметра представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общая вытяжка (ОВ)	Статический момент на червячном колесе $T_{стат5}$, Н*м	Скорость скольжения в передаче V_s , м/мин	Частота вращения червяка n , мин ⁻¹	Вес груза G , кг	Ток в обмотках двигателя I , А	Напряжение V , В
8	4,013	224,94	1100	69,5	2,07	120
30	2,426			42	1,875	114

Время, в течение которого червячная передача в приводе вытяжного прибора будет работать в режиме полужидкостного трения за час работы:

$$t = k_1 k_2 t_{пуска},$$

где $t_{пуска}$ – время пуска, с; k_1 – количество остановок двухместного модуля за час работы, $k_1=3$ – это соответствует максимальному количеству остановок в час при производстве пряжи из ПАН-волокон; k_2 – количество пусков модуля при устранении каждого технологического обрыва; $k_2 = 1$, поскольку процесс проброса мычек через камеры АКУ происходит при очень малых скоростях (порядка 30 метров в минуту), и возникающие при этом динамические нагрузки нами не учитывались.

Чтобы оценить износ поверхностей зубьев в нестационарном режиме, длительность испытаний на стенде должна составлять:

$$t_d = t T_{год} n_{год} n_{смен} t_{смен} / 3600,$$

где $T_{год}$ – регламентируемый срок службы червячной передачи, лет [1]; $n_{год}$ – количество рабочих дней в году, $n_{год} = 265$ дней; $n_{смен}$ – количество смен, $n_{смен} = 2$; $t_{смен}$ – количество часов в смену, $t_{смен} = 8$ час.

Назначенные в результате расчетов значения времени испытаний червячных колес в режиме граничного трения приведены в табл. 2. Общее время испытаний составило 391 час.

Таблица 2

Время пуска $t_{пуска}$, с	Время работы t в режиме полужидкостного трения при пуске, с	Регламентированный срок службы $T_{год}$, лет	Длительность испытаний t_d , ч
1,5	4,5	7	40
2	6		50
3	9		75
4	12		100
5	15		126

Результаты эксперимента приведены в табл. 3 (значение величины износа $\Delta\delta_d$ зубьев червячного колеса ZT-профиля в режиме граничного трения), из которой

видно, что в интервале времени пуска от 1,5 до 5 секунд корреляционной связи между временем пуска и величиной износа не обнаруживается.

Т а б л и ц а 3

Наименование параметров	Значения параметров				
Общая вытяжка (ОВ)	30				
Время пуска $t_{\text{пуска}}$, с	1,5	2	3	4	5
Статический момент на червячном колесе $T_{\text{стат5}}$, Н·м	0,988				
Динамический момент на червячном колесе $T_{\text{дин5}}$, Н·м	1,438	1,078	0,719	0,539	0,431
Суммарный момент в пусковом режиме на червячном колесе T_5 , Н·м	2,426	2,066	1,707	1,527	1,419
Время работы станда t_d , ч	40	50	75	100	126
Величина износа $\Delta\delta_d$, мм	0,048	0,052	0,052	0,058	0,050

Максимально допустимый износ зубьев червячного колеса составляет $\Delta\delta_{\text{max}}=1,55$ мм [1]. Величина износа при стационарном режиме с учетом износа при пуске при общей вытяжке ОВ= 30 в этом случае составит:

$$\Delta\delta_{\text{Сmax}} = \Delta\delta_{\text{max}} - \Delta\delta_d = 1,55 - 0,048 = 1,502 \text{ мм.}$$

Интенсивность износа в пусковом режиме при времени пуска $t_{\text{пуска}}=1,5$ с составит:

$$J_d = \frac{\Delta\delta_d}{t_d} = 0,048/40 = 0,0012 \text{ мм/ч.}$$

Срок службы при двухсменном режиме работы и 265 рабочих днях в году, при пуске $t_{\text{пуска}}=1,5$ с и общей вытяжке ОВ=30 составит:

$$t = \frac{\Delta\delta_{\text{Сmax}}}{J_c} + \frac{\Delta\delta_d}{J_d} = 1,502/0,0000612 + 0,048/0,0012 = 24527,12 \text{ ч,}$$

где J_c – интенсивность износа при стационарном режиме [1].

ВЫВОДЫ

Экспериментально установлено, что для двухместных модулей червячная передача ZT достигнет предельного износа при общей вытяжке ОВ=30 за 5,78 года эксплуатации при скорости выпуска пряжи 200 метров в минуту и количестве остановок модуля за час работы, равном 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филатова Н.И., Телицын А.А., Миндовский С.К., Кожевников Д.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4С. С.96...99.
2. Кривенко И.С. Новые типы червячных передач на судах. – Л.: Судостроение, 1967.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.

ПОДГОТОВКА ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ВЫТЯЖНОЙ ПАРЫ*

С.Ю. МУРАВЬЕВ

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: msu85@rambler.ru

Рассмотрена проблема выбора оптимального шага гранично-элементной модели вытяжной пары. Предлагается, с целью повышения быстродействия процесса моделирования при сохранении точности, проводить расчеты с переменным шагом, для чего разработан соответствующий алгоритм.

The problem of a choice of the boundary-element model optimum step of a drafting pair is considered herein. For the purpose of increasing of the modelling process speed at accuracy preservation, it is offered to carry out accounts with a variable step and the appropriate algorithm is developed for that.

Ключевые слова: метод конечных элементов, шаг моделирования, точность, вытяжная пара, точка контакта, пятно контакта, напряжение, деформация.

Для моделирования взаимодействия эластичного покрытия нажимного валика с рифленным цилиндром используется метод граничных элементов [1], который требует разбиения границы объекта на некоторое число элементов. Оптимизация их числа и размеров является важнейшей задачей подготовки модели.

Как правило, с ростом числа элементов растет и точность вычисления деформации, но при этом возрастает и время вычисления, доходящее в известных пакетах конечно-элементного моделирования (например, ANSYS) до нескольких часов. Поэтому вопрос об определении оптимального числа элементов является чрезвычайно важным, особенно для задачи обеспечения моделирования в режиме, близком к режиму реального времени.

Так как геометрические размеры моделируемых частей вытяжного прибора могут изменяться в достаточно широких пределах, то минимально необходимое число элементов (при одинаковой их длине) будет варьироваться в зависимости от размеров. Если учесть, что только малая часть

поверхности эластичного покрытия находится в контакте с рифленным цилиндром, то возникает возможность увеличения размеров элементов в зависимости от их удаленности от зоны контакта.

Точность воспроизведения границы окружности при разбиении ее на прямолинейные элементы равна:

$$T = R - R \cos(\alpha/2), \quad (1)$$

где R – радиус окружности, очерчивающей границу; α – угол граничного элемента (рис. 1 – точность воспроизведения границы).

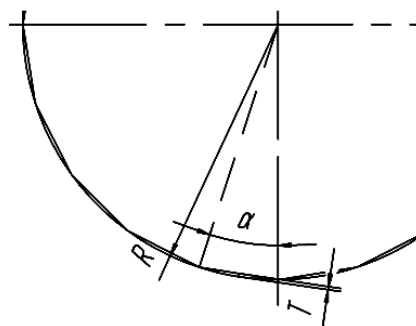


Рис. 1

* Работа выполнена под руководством профессора, докт. техн. наук С.Н. Титова.

Очевидно, что для повышения точности воспроизведения границы необходимо стремиться к уменьшению параметра T , который должен быть меньше предполагаемой величины деформации границы. Так как величина предполагаемой деформации D_n определяется приблизительно, то установим, что точность воспроизведения границы должна быть на порядок выше величины предполагаемой деформации:

$$T \leq \frac{D_n}{10}. \quad (2)$$

Отсюда следует, что для зоны контакта число элементов можно уменьшать с увеличением нагрузки.

Для остальной части покрытия валика можно уменьшить число элементов за счет снижения точности воспроизведения границы. Естественно, что при этом возникнет проблема сглаживания резкого перехода между элементами, которую можно решить, например, путем аппроксимации границы некоторой, заранее заданной, функцией или применением сплайнов.

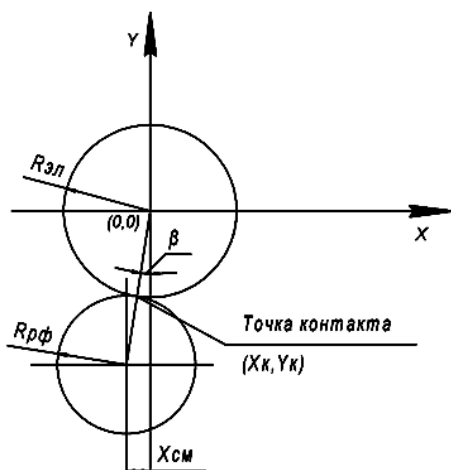


Рис. 2

Рассмотрим плоскую модель выпускной пары (рис 2). Ось эластичного цилиндра разместим в начале координат. $R_{эл}$ – радиус эластичного цилиндра, $R_{рф}$ – радиус рифленого цилиндра. Заменим рифленый цилиндр гладким. В идеальном случае точка контакта имеет координаты $(0, R_{эл})$. Введем величину $X_{см}$, которая определяет величину смещения центра рифленого ци-

линдра относительно центра эластичного покрытия по оси X . Исходя из геометрических параметров, координаты точки контакта будет вычисляться следующим образом:

$$X_к = \frac{R_{эл} X_{см}}{R_{эл} + R_{рф}}, \quad (3)$$

$$Y_к = \sqrt{R_{эл}^2 - \left(\frac{R_{эл} X_{см}}{R_{эл} + R_{рф}} \right)^2}. \quad (4)$$

Зная координаты точки контакта, мы задаем "центральный" граничный элемент (центр элемента лежит в точке контакта). Его длина задается из условия (2). Именно к нему будет приложена первоначальная нагрузка $P_{нач} = P/M$ [2], [3]. Угол между осью симметрии, проходящей через середину центрального граничного элемента и начало координат, и осью Y равен $\arccos(R_{эл}/Y_к)$. Обозначим его через β . Последующие элементы задаются зеркально относительно этой оси. Разбивая границу на элементы, мы увеличиваем длину каждого последующего элемента. Соответственно длина n -го элемента будет вычисляться по формуле:

$$V_n = V_{ц} K^n, \quad (5)$$

где $V_{ц}$ – длина центрального элемента; K – коэффициент увеличения длины элемента.

За счет постепенного увеличения длины мы, с одной стороны, уменьшим число граничных элементов, а с другой – избежим резкого снижения точности вычисления (по сравнению с простым уменьшением числа элементов).

Точка контакта разделяет нижнюю часть границы на две дуги, ограниченные осью X . Если $X_{см} = 0$, то соответственно дуги будут одинакового размера. При $X_{см}$, отличном от нуля, длина дуг различна. "Теневой" дугой будем называть более длинную дугу. Длинная дуга потребует большего количества элементов.

Коэффициент K вычисляется с тем условием, чтобы длина последних элементов

"теневой" дуги давала необходимую точность.

В итоге предлагается следующий алгоритм подготовки и разбиения границы эластичного покрытия.

1. Определение минимально необходимой точности воспроизведения.
2. Определение координат точки контакта и задание центрального элемента.
3. Определение величины коэффициента k .
4. Задание граничных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравьев С. Ю. Аспекты моделирования вытяжного прибора прядильной машины // Вестник КГТУ. 2009, № 17. С. 102.
2. Фарушкин В.В. Совершенствование методов расчета вытяжных механизмов для мокрого прядения льна: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 1999.
3. Фарушкин В.В., Аносов В.Н., Проталинский С. Е. // Сб. науч. тр. КГТУ. — Кострома: Изд-во КГТУ. – 1997. С. 102.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.

УДК 677.051.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАЖИМНОГО ВАЛИКА С РИФЛЕНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ВЫТЯЖНОГО ЦИЛИНДРА ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПМ-88-Л8

Д.В. РОКОТОВ, В.В. СМЕЛЬСКИЙ

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Предлагается оригинальный метод измерения площади пятна контакта нажимного валика и рифленной поверхности вытяжного цилиндра с применением современных программных средств обработки результатов эксперимента, подробно изложена методика измерений и их обработки.

The original method of a face measure of a contact stain of a pressure and grooved runaway surface of the drafting cylinder with application of modern software of the results processing of the experiment is offered, the measurement and processing technique is amplified.

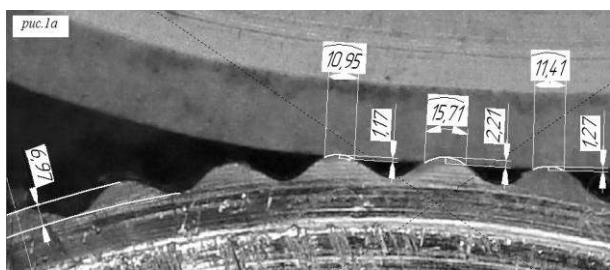
Ключевые слова: прядильная машина, вытяжной цилиндр, нажимной валик, эластичное покрытие, деформация, вдавливание, величина нагружения, площадь, пятно контакта, исследование, современные средства, точность измерений.

Основной задачей технологического процесса получения пряжи на прядильной машине является вытягивание ровницы и утонение потока волокон после вытяжной пары до заданной линейной плотности. В процессе вытягивания важно не только

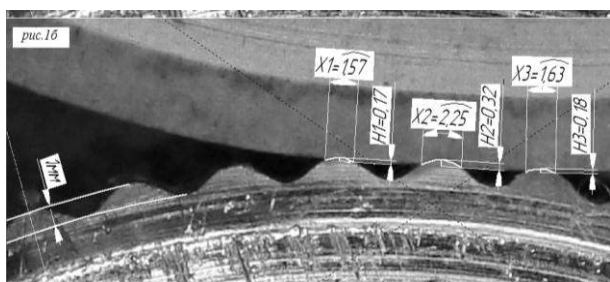
утонить продукт, но и получить одновременно равномерный поток волокон. Для обеспечения надлежащего зажима волокна и создания необходимого поля сил трения поверхность цилиндров делается рифленной. Под действием нагруз-

ки эластичное покрытие нажимного валика вдавливается в канавки между рифлями цилиндра, обеспечивая надежность зажима волокна и достижение линейной скорости выпуска мычки равной окружной скорости цилиндра [1].

Существенное влияние на технологический процесс вытягивания и получения равномерной по линейной плотности пряжи на прядильной машине оказывает площадь пятна контакта эластичной поверхности нажимных валиков с рифленным цилиндром. На прядильной машине ПМ-88-Л8 используются рифли со скругленной по радиусу рабочей поверхностью. Вычисление площади пятна контакта при разных величинах нагружения выпускной пары традиционными способами механического контакта (например, с использованием копировальной бумаги) представляет собой не точный и трудоемкий процесс.



а)



б)

Рис. 1

Нами предложено использовать современные вычисления осуществляемые с применением САПР Компас 3D V11 и Mathcad 14 в следующей последовательности.

1. Делается фотография взаимного контакта рифленной тумбочки цилиндра с эластичным покрытием нажимного валика при определенной величине нагружения,

и отснятое изображение переносится в САПР Компас 3D V11.

2. Осуществляются предварительные измерения длины дуг в местах контакта валика с рифлями цилиндра. Для наглядности обводятся контуры соприкосновения валика с рифлями (рис. 1-а).

3. Определяется масштаб увеличения изображения взаимного контакта валика с рифлями и проставляются полученные значения (в миллиметрах) длины дуг (X_1 , X_2 , X_3) и глубины (H_1 , H_2 , H_3) взаимодействия рабочих поверхностей эластичного покрытия нажимного валика с рифлями цилиндра.

Величина масштаба принятого увеличения и размеры деформации поверхности валика на рифлях цилиндра позволяют определить с высокой точностью истинные величины вдавливания в сотых долях миллиметра (рис. 1-б).

4. По найденным значениям рассчитывается фактическая площадь (S_1 , S_2 , S_3 и общая площадь $S_{об}$) пятна контакта валика с рифленой поверхностью цилиндра и глубина вдавливания эластичного покрытия нажимного валика.

На рис.1-а и б представлен в увеличенном масштабе вариант контакта рифлей цилиндра с нажимным валиком с замеренными значениями длины хорд контакта (X_1 , X_2 , X_3) и глубины вдавливания (H_1 , H_2 , H_3); общая силовая нагрузка $P = 474,6$ Н; а – величины без масштабирования, б – величины в масштабе.

Пример последовательности измерения и расчета исследуемых параметров для общей величины нагружения нажимного валика $P = 474,6$ Н.

1) $B = 27$ мм – ширина эластичного покрытия нажимных валиков,

2) $X_1=1,57$ мм, $X_2=2,25$ мм, $X_3=1,63$ мм – длины дуг контакта валика с рифлями,

3) $X_1 + X_2 + X_3 = X_{об}$ – суммарная длина дуг контакта валика с рифлями,

4) $S_1 = X_1 B = 42,39$ мм, $S_2 = X_2 B = 60,75$ мм, $S_3 = X_3 B = 44,01$ мм – расчетные величины площади контакта валика с рифлями,

5) $S_{об} = S_1 + S_2 + S_3$ – суммарная площадь контакта валика с рифлями.

Длина контакта валика с рифлями цилиндра по дуге				Ширина валика	Площадь контакта валика с рифлями цилиндра				Нагрузка на валик	Глубина вдавливания валика на рифлях			Расчетное среднее давление в зоне контакта
X1, мм	X2, мм	X3, мм	X _{об} , мм		S ₁ , мм ²	S ₂ , мм ²	S ₃ , мм ²	S _{об} , мм ²		H1, мм	H2, мм	H3, мм	
1,57	2,25	1,63	5,45	27	42,39	60,75	44,01	147,15	474,60	0,17	0,33	0,19	1,61
1,69	2,44	1,89	6,02	27	45,63	65,88	51,03	162,54	489,00	0,18	0,33	0,20	1,50
1,85	2,56	2,22	6,63	27	49,95	69,12	59,94	179,01	494,70	0,19	0,34	0,27	1,38
2,04	2,81	2,73	7,58	27	55,08	75,87	73,71	204,66	497,70	0,23	0,38	0,41	1,22
2,32	3,02	2,91	8,25	27	62,64	81,54	78,57	222,75	499,60	0,31	0,45	0,41	1,12
2,60	3,23	3,08	8,91	27	70,20	87,21	83,16	240,57	500,90	0,37	0,46	0,489	1,04
2,81	3,51	3,33	9,65	27	75,87	94,77	89,91	260,55	501,80	0,42	0,59	0,643	0,96
3,16	3,62	3,48	10,26	27	85,32	97,74	93,96	277,02	502,50	0,49	0,59	0,630	0,91
3,23	3,70	3,55	10,48	27	87,21	99,90	95,85	282,96	503,10	0,51	0,67	0,633	0,89

Расчетные значения площади контакта и величины силового нагружения нажимного валика с рифленой поверхностью представлены в табл. 1.

Анализ представленных материалов позволяет сделать вывод, что контактными поверхностями в вытяжной паре являются выступающие профильные элементы трех рифлей, из которых наибольшее давление воспринимается скругленной поверхностью среднего рифля. На крайние рифли действует меньшее давление, что подтверждается разностью в длинах дуг контакта с нажимным валиком. Суммарная

площадь контакта с повышением нагрузки увеличивается в большей пропорции, чем растет величина общего нагружения. В результате средняя расчетная величина давления в зоне контакта снижается. Фактическая же величина давления в вершинной части рифля должна превышать расчетные величины и отличаться от средних значений ввиду максимальной деформации эластичного покрытия. Это требует дополнительных исследований контактных напряжений на рифлях и исследований закона распределения действующих нагрузок.

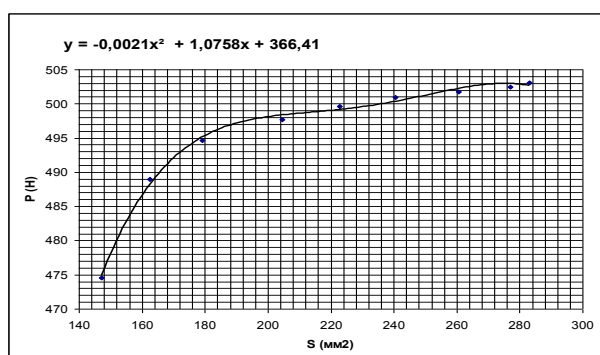


Рис. 2

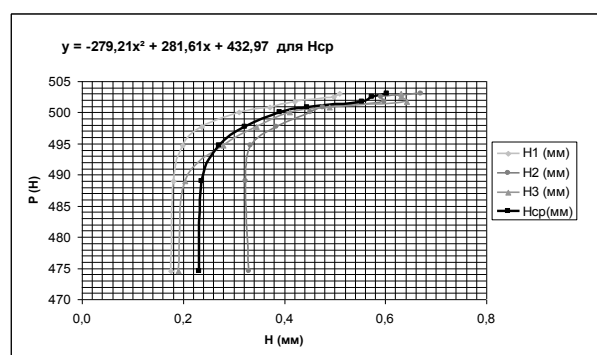


Рис. 3

По результатам исследований построены графики изменения общей площади контакта нажимного валика с рифлями цилиндра (рис. 2) и изменения глубины вдавливания рифлей в эластичное покрытие

нажимного валика (рис. 3) при увеличении нагрузки на ось валика. Найдены аппроксимирующие зависимости расчетных кривых построенных графиков.

Таким образом, описанный метод обеспечивает достаточно высокую точность нахождения глубины вдавливания и площади контакта эластичного покрытия нажимного валика вытяжной пары прядильной машины. Указанная последовательность измерений позволяет определить условия упругой деформации рабочей поверхности нажимного валика также и при условии нахождения волокнистого материала в зонах контакта с рифлями, что позволит оптимизировать процесс силового

нагружения вытяжной пары прядильной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет и конструирование машин прядильного производства: Учебное пособие для студентов спец. вузов/ Макаров А.И. и др. – М.: Машиностроение, 1964. С. 512.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.

УДК 681.532.1

**ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ПОЛУЧЕНИЯ
И ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ
О СЛОЕ СТЕБЛЕЙ ЛЬНОТРЕСТЫ
ПЕРЕД ЕГО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

В.Г.ДРОЗДОВ, Ю.В.ДРОЗДОВ

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

В статье обоснована возможность оперативного контроля льнотресты. Входной информационный блок предлагается реализовать с блока механических датчиков и блока получения видеоизображения слоя стеблей.

The possibility of an operative control of flax straw is proved in the article. The entrance information block is offered to be realised from the block of mechanical gauges and block of production of the video image of a stalks layer.

Ключевые слова: параметры льнотресты, комплекс оперативного контроля, преобразователи управляющего информационного потока, видеоинформация, алгоритм.

Для управления комплексом оперативного контроля параметров льнотресты (ККПЛ) предполагается ЭВМ с управляющим пакетом программ (УПП), поддерживающей USB-интерфейс версии 2.0. На УПП возложены задачи приема входящего информационного потока; определения средневзвешенных значений цвета и пестроты для изображения стеблей слоя и значения растянутости стеблей в слое; выявления их технологической ценности и геометрии расположения относительно граничных линий, определяющих минимальные потери сырья при непопадании в зажим транспортеров трепальных секций мяльно-трепального агрегата (МТА); формирования управляющего информационного потока на приводные узлы МТА и индикаторы работы УПП. Входной информационный поток УПП образован:

1) информацией с блока механических

датчиков геометрических параметров слоя стеблей перед слоеформированием, поступающей с платы сопряжения по шине PC1 [1];

2) информацией с блока получения видеоизображения слоя стеблей после слоеутонения, поступающей с USB-концентратора [2].

Общая схема алгоритма УПП с двупоточным измерением состояния сырья на входе в МТА представлена на рис. 1. Первый модуль УПП выполняет процедуру последовательного опроса видеокамер, подключенных к USB-концентратору, таким образом, чтобы временной сдвиг между захваченными для обработки кадрами каждого входящего видеопотока был не более 2..3 кадров. Частота сканирования зависит от инерционности управляемого объекта и быстродействия измерительной и вычислительной частей ККПЛ: в нашем случае частота составляет 25 измерений в

секунду для каждой видеокамеры, что обусловливается максимальным быстродействием отдельной видеокамеры, с усреднением каждых 5...10 последователь-

ных кадров изображения в зависимости от выбранных настроек точности УПП и быстродействия ЭВМ.

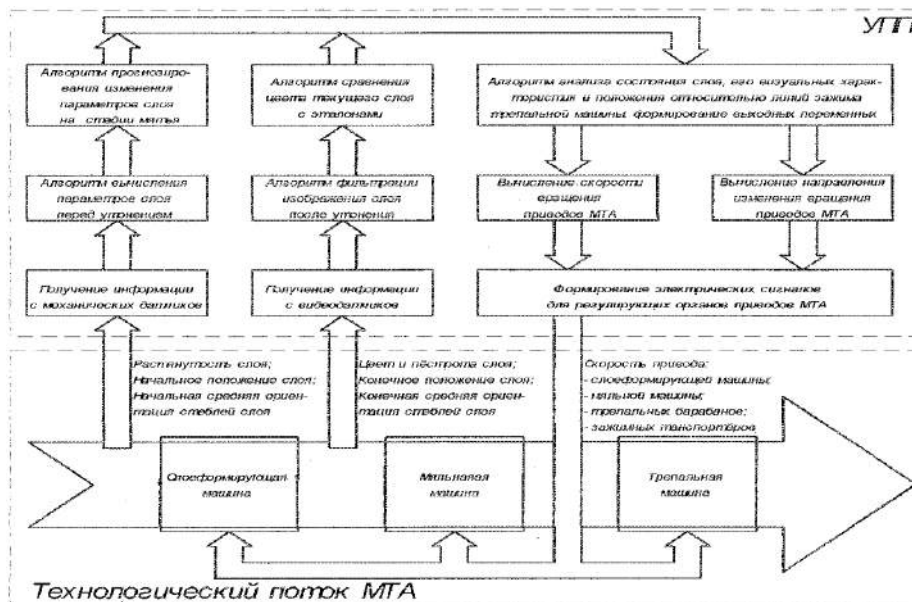


Рис. 1

Второй модуль определяет среднее значение цвета и пестроты для изображения стеблей, и путем сравнения с аналогичными параметрами слоев-эталонов выявляется его технологическая ценность. Эталоны цвета УПП получают предварительно путем сканирования слоев стеблей урожая текущего года, для которых специалистами-приемщиками сырья на пред-

приятии ПОЛВ определена одна группа цвета и минимальная пестрота (она может изменяться в зависимости от преобладающих цветовых оттенков стеблей тресты урожая текущего года). Это позволит накапливать информацию о слое в промежутке между смежными регулирующими воздействиями.

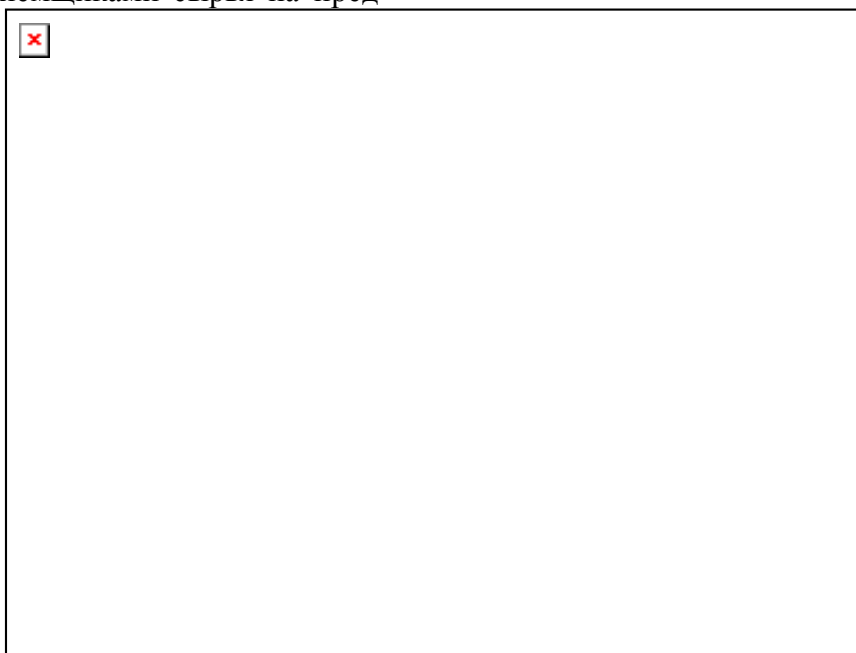


Рис. 2

Полученная информация влияет на величину и направление потоков регулирующего воздействия на привод МТА. Блок-схема алгоритма обработки видеoinформации о стеблевом слое (второго модуля УПП) представлена на рис. 2.

Принцип определения среднего значения цвета основан на выявлении цветовых координат наиболее ярких и протяженных участков изображения. Так как каждое изображение, принимаемое УПП с камер, представлено в виде трехмерной конечной матрицы $Img(r,c,E)$, то самые яркие пиксели имеют наибольшее значение параметра (цвет) $E[RGB]$. При этом при открытии файла изображения УПП получает сведения о размерности изображения $m \times n$ (пиксе), величине тонового квантования Dt (бит/канал) и других данных, необходимых для дальнейшей обработки изображения. Яркость и цвет пикселя E_p в системе цветности RGB определяется следующим выражением:

$$E_p = \left[\sqrt{R^2 + G^2 + B^2} \cos \alpha_R \cos \beta_G \right], \quad (1)$$

где R, G и B – значения цветовых координат текущей точки яркостью E_p ; $\cos \alpha_R$ и $\cos \beta_G$ – направляющие цветовые косинусы текущей точки.

Для поиска таких пикселей программа рекурсивно ($y=1..n$) проверяет значение этого параметра по каждой строке c матрицы $Img(r,c,E)$ согласно условию $c=Qu$, где Q – параметр точности определения среднего значения цвета изображения слоя, устанавливается в настройках УПП.

Каждый пиксель изображения имеет свою комбинацию трехмерных цветовых координат R, G и B , однозначно определяющих значение параметра i данного пикселя – это неудобно для анализа, поэтому координаты RGB приводятся в двумерные по следующим выражениям:

$$x = \frac{2,769R + 1,752G + 1,13B}{S_{RGB}}, \quad (2)$$

$$y = \frac{R + 4,591G + 0,06B}{S_{RGB}},$$

где $S_{RGB} = [(2,769R + 1,752G + 1,13B) + (R + 4,591G + 0,06B) + (0,057g + 5,594B)]$; R, G и B – значения цветовых координат текущей точки яркостью E_p .

Полученные координаты позволяют представить произвольный цвет любой яркости, причем такой цвет не зависит от типа видеоприемника/индикатора, то есть является объективной величиной. Вся дальнейшая обработка изображения ведется в этих цветовых координатах [3].

С целью получения результирующего цвета эталона рассчитывается среднее матрицы значений $Img[x, y]$. Для определения показателя пестроты сканированного изображения стеблевого слоя анализируется область каждого значащего пикселя, содержащегося в результирующей матрице по рекуррентной формуле октета соседствующих пикселей:

$$GX = \frac{\sum x_{r,c}}{8}, \quad (3)$$

$$GY = \frac{\sum y_{r,c}}{8},$$

где $r \in [X-4, X+4]$, $c \in [Y-4, Y+4]$ для точки изображения с текущими координатами (X, Y) .

Если значения GX и GY отличаются от x и y не более чем на 20% – они значимы и участвуют в определении результирующей пестроты изображения, иначе – просто игнорируются и приравниваются к нулю.

Среднее значение цвета изображения слоя определяется суммированием значений всех пикселей изображения с учетом значений пестроты:

$$x_{cp} = \frac{1}{X} (x_{r,c} - GX_{r,c}), \quad (4)$$

$$y_{cp} = \frac{1}{Y} (y_{r,c} - GY_{r,c}).$$

Полученные значения сопоставляются с матрицей цветов эталонов урожая текущего года, УПП получает соответствующую

щее значение качества стеблей сканируемого слоя, на основании которого рассчитываются параметры настройки привода МТА.

Для определения границ сканируемого слоя стеблей введенное изображение приводится к бинарному виду и фильтруется от ВЧ-помех [4]: каждому пикселю изображения с яркостью не менее $0,2E_{max}$ присваивается вектор бинарных координат белого цвета $E_w[255,255,255]$, остальным – нулевые значения черного цвета $E_b[0,0,0]$. Порог бинаризации динамически определяется с помощью программы как половина общей суммы средней яркости пикселя стебля верхнего и яркости пикселя фона применительно ко всему изображению слоя стеблей. После бинаризации получаем матрицу размерностью $m \times n$ вида:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где значение 0 соответствует фону, 1 – стеблю.

Для определения положения слоя относительно линий зажима трепальных секций УПП анализирует полученные с крайних видеокамер бинаризованные изображения по следующему выражению:

$$A = \begin{cases} 1, & \text{если } E_{r+B,c} = E_b \\ 0, & \text{если } E_{r+B,c} = E_w \end{cases}, \quad r=1 \dots m; c=1 \dots n, \quad (6)$$

где В – номер строки матрицы $m \times n$, выход границы слоя m за которую недопустим.

Параметр А диктует УПП направление и скорость сдвига слоя стеблей для его возвращения в зону, обеспечивающую наибольший выход трепанного волокна.

Возможно также распознавание угла наклона отдельных стеблей к оси мяльных

вальцов (изображение распознанных стеблей подвергается скелетизации) и определение среднего диаметра стеблей слоя согласно методикам, представленным в [1].

Таким образом, получаем на выходе УПП следующую информацию:

- средние цветовые составляющие для всего изображения слоя;
- неоднородность цвета для изображения;
- отличие от эталона по цвету;
- отличие от эталона по неоднородности;
- название выбранного эталона;
- средний диаметр стеблей для всего изображения;
- угол дезориентации.

В состав предлагаемого нами комплекса включены преобразователи управляющего информационного потока оперативно контролирующей работу приводов МТА, что позволит автоматически перестраивать его режим работы с учетом инерционности основных рабочих органов МТА – барабанов трепальных секций. Вывод всей текущей информации о функционировании комплекса и состоянии слоя на экран монитора позволит работникам, обслуживающим технологический процесс, управлять работой МТА и непосредственно влиять на выход трепанного волокна.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дроздов В.Г., Дроздов Ю.В. Автоматический контроль структурных параметров слоя стеблевого материала: Учебное пособие. – Кострома: Изд-во Костромского государственного технологического ун-та, 2003.
2. Интернет-ресурс <http://www.technovision.com>.
3. Фор А. Восприятие и распознавание образов / Пер. с фр. А.В. Серединского; под ред. Г.П. Катыса. – М.: Машиностроение, 1989.
4. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 04.06.10.

БЕССТУПЕНЧАТЫЙ ТОВАРНЫЙ РЕГУЛЯТОР С ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ*

И.С. НИКИФОРОВ

(Костромской государственный технологический университет)
E-mail: vanassmeister@gmail.com

Предложена модифицированная конструкция товарного регулятора станка СТБ2-175 с приводом от индивидуального асинхронного электродвигателя, управляемого от электронного преобразователя частоты типа КЕВ Combivert F5.

The acetylated design of a cloth beam regulator of the machine tool STB2-175 with a driver from the individual asynchronous electric motor operated from the electronic converter of frequency of type КЕВ is offered herein.

Ключевые слова: товарный регулятор, преобразователь частоты, компенсация деформации зевообразования.

В работах [1], [2] показано, что обрывность нитей основы зависит не столько от величины нагружения нити, сколько от его длительности. В [3] предлагается способ компенсации деформации нити при зевообразовании. В настоящей работе рассматривается иной подход к решению этой задачи.

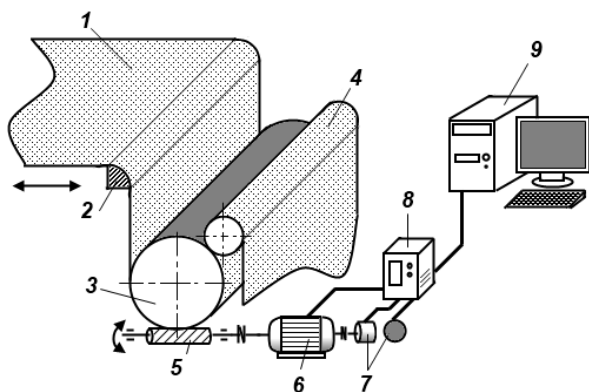


Рис. 1

Принцип работы модифицированного товарного регулятора иллюстрирует рис. 1. Ткань 1, огибая грудницу 2, вальшан 3 и прижимной ролик 4, наматывается на то-

варный валик (на схеме не показан). Вальшан приводится в движение индивидуальным асинхронным электродвигателем 6 (АД) через червячную передачу 5. Углы поворота ротора двигателя и главного вала станка контролируются фотоимпульсными датчиками 7, подключенными к преобразователю частоты 8. Для настройки регулятора и контроля его работы используется компьютерный терминал 9. При раскрытии зева вальшан отводит ткань в зону формирования, компенсируя рост натяжения системы заправки. При закрытии зева происходит обратный процесс – излишки ткани отводятся из зоны формирования. Скорость вращения вальшана определяется суммой постоянной скорости, задающей плотность ткани по утку, и знакопеременной компенсирующей скорости.

Для определения динамических свойств регулятора определим закон движения ротора АД и приведенный к ротору двигателя момент инерции механизма. Допустим, что на станке СТБ2-175 вырабатывается ткань полотняного переплетения. Скорость вращения главного вала

* Работа выполнена под руководством доц., канд. техн. наук В.В. Романова в соответствии с проектом № НК-632П/38(3) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

250 мин⁻¹. Зевобразовательный механизм ткацкого станка работает по синусоидальному закону с выстоями. Исходя из геометрических параметров зева определена зависимость угла поворота ротора двигателя от времени $\varphi_{\text{eng}}(t)$, необходимая для компенсации деформации системы заправки в процессе зевобразования (рис. 2).

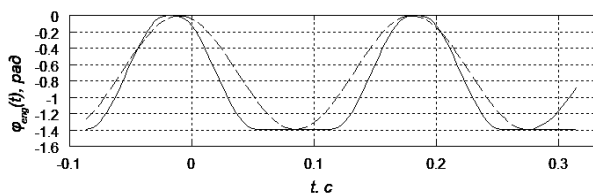


Рис. 2

Сплошная линия на рис. 2 соответствует полной компенсации. С практической точки зрения полная компенсация выглядит трудноосуществимой, поскольку в моменты стыковки синусоиды с прямой (начало и окончание выстоев) имеют место скачкообразные изменения скорости и ускорения ремиз. При точном следовании закономерности, представленной сплошной линией, требуются резкие разгон и торможение регулирующего органа (вальяна), что потребует избыточной мощности от электропривода. Потому за основу взят синусоидальный закон (штриховая линия), обеспечивающий плавность изменения скорости и ускорения.

Момент инерции механизма, приведенного к ротору двигателя, определяется:

$$J_{\Sigma}^{\text{ПП}} = J_1 + J_2 + J_3 \frac{\omega_3}{\omega_1} + J_4 \frac{\omega_4}{\omega_1}, \quad (1)$$

где J_1 – момент инерции ротора двигателя; J_2 – момент инерции червяка; J_3 – момент инерции вальяна; J_4 – момент инерции прижимного валика; ω_1 – угловая скорость ротора; ω_3 – угловая скорость вальяна; ω_4 – угловая скорость прижимного валика. По результатам расчетов величина $J_{\Sigma}^{\text{ПП}}$ составила $2,17 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Вычислим момент от сил натяжения ткани, действующий на вальян. Примем заправочное натяжение одиночной нити $F_{z0}=25$ сН/нить. При заправочной ширине 175 мм и числе нитей 2464 равнодействующая сил натяжения заправки F_z будет равна 616 Н. Коэффициент трения ткани по стали $\mu=0,3$. Угол охвата грудницы тканью $\phi \approx \pi/2$ радиан. Рассчитанная по формуле Эйлера сила $F_{ze} = 384,5$ Н, а момент от силы F_{ze} , приведенный к ротору, $M_{ze,r}=1,025$ Н·м. Таким образом, из условия квазистатического равновесия моментов можно получить следующее выражение для момента электродвигателя:

$$M_{\text{eng}} = 0,0217\varepsilon_{\text{eng}} + 1,025, \quad (2)$$

где ε_{eng} – угловое ускорение ротора двигателя. Закон изменения $\varepsilon_{\text{eng}}(t)$ получен двойным численным дифференцированием $\varphi_{\text{eng}}(t)$ (рис. 2). Дифференцированием определено пиковое значение ускорения $\varepsilon_{\text{eng}}=750$ рад·с⁻². Подставляя это значение в выражение (2), получим пиковое значение момента двигателя $M_{\text{eng,max}}=18,325$ Н·м. Такой момент способен развивать асинхронный электродвигатель мощностью 1,5 кВт при питании от преобразователя частоты (современные преобразователи частоты обеспечивают перегрузочную способность по моменту до 250%). Средняя потребляемая мощность составит менее 1 кВт.

Средствами программного пакета MatLab была построена динамическая модель САУ (рис.3). Модель состоит из двух апериодических звеньев первого порядка, соединенных последовательно и охваченных 100%-ной отрицательной обратной связью.

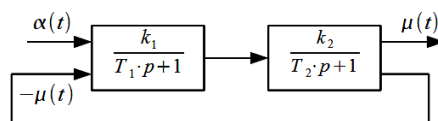


Рис. 3

Первое звено характеризует преобразователь частоты. Его постоянная времени

$T_1=0,01$ с – минимальное время установления частоты (по паспортным данным). Второе звено имитирует двигатель с исполнительным механизмом. Электромеханическая постоянная времени T_2 для второго звена, определенная по формуле (3), составила 0,025 с [5]:

$$T_2 = J_{\Sigma}^{пп} \frac{\Omega_0}{M_0}, \quad (3)$$

где Ω_0 – скорость холостого хода; M_0 – пусковой момент двигателя.

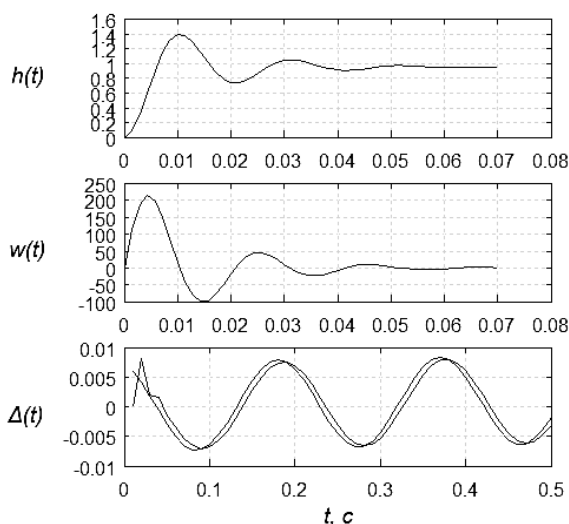


Рис. 4

В процессе симуляции работы системы с реальным входным сигналом подобран оптимальный коэффициент внутриспетлевого усиления $k=20$, при котором система сохраняет стабильность и показывает достаточную точность. Переходная $h(t)$ и весовая $w(t)$ функции системы, а также поведение $\Delta(t)$ (дуга поворота вальяна) при ре-

альном задающем воздействии $\varphi_{eng}(t)$ изображены на рис. 4. Анализ параметра $\Delta(t)$ показывает, что ошибка воспроизведения задающего воздействия регулирования не превышает 15%, что говорит об удовлетворительной точности системы регулирования.

ВЫВОДЫ

1. Предложена конструкция бесступенчатого товарного регулятора с индивидуальным асинхронным электроприводом, позволяющая снизить нагрузку на нити основы в процессе зевообразования.

2. Исследование динамической модели системы показало, что система устойчива и обладает удовлетворительной точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев А.С., Оников Э.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №6. С.83...86.
2. Проталинский С.Е., Болотный А.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С.81..83.
3. Соловьев В.А. Электротехнические системы с непрерывным токовым управлением вентильными двигателями: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МГТА, 2006.
4. Дорф Р., Бишон Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
5. Бессекерский В.А., Попов Е.П. // Теория систем автоматического регулирования. – М: Наука, 1975.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 04.06.10.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЯТЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ И ОТДЕЛЯЕМОСТИ

А.С. ЕФРЕМОВ, Л.В. МОЧАЛОВ, В.Г. ДРОЗДОВ

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Обоснована возможность создания системы автоматического управления глубиной захождения рифлей в процессе мятья в зависимости от отделяемости и влажности льнотресты, при этом алгоритм управления формируется нейронной сетью на основании логических правил определения.

Possibility of creation of the automatic control system by the depth of groovings in the process of smashing depending on separation and humidity of a flax straw is proved herein, thus the algorithm of management is formed by the neural net on the basis of the determination logic rules.

Ключевые слова: мьяльно-трепальные агрегаты, глубина захождения рифлей, неоднородность слоя льнотресты, влажность, отделяемость, математические модели.

В процессе мятья на современных мьяльно-трепальных агрегатах необходима дифференциация глубины захождения рифлей и усилия прижима верхних вальцов. Это обусловлено неоднородностью слоя льнотресты по влажности и отделяемости. Во-первых, отделяемость варьируется по длине рулона, различные условия вылежки влекут за собой разную степень разрушения химических связей. Во-вторых, отделяемость меняется по длине стебля, что обусловлено различным диаметром комлей и вершин. Значение отделяемости у комлевой части стебля выше, чем у вершинной. В-третьих, влажность также имеет значительные вариации по длине рулона, более существенно сказывается при обработке сырья высокой влажности [1]. В соответствии с указанными причинами возникает необходимость регулирования глубины захождения мьяльных вальцов.

Существующие математические модели и рекомендации по обработке льнотресты в процессе мятья носят локальный характер. Они распространяются исключительно на заданные узкие диапазоны свойств исходного сырья. Условно исход-

ную льнотресту можно разделить на 3...4 группы по отделяемости или на 12...16 групп с учетом влажности. В каждой области будут иметь место свои рекомендации, которые зачастую носят противоречивый характер.

Параметром, характеризующим качество промина стеблей, является показатель умина обрабатываемого слоя стеблей:

$$Y = \frac{M_{тр} - M_c}{M_{тр}} \cdot 100\%,$$

где $M_{тр}$ – масса тресты до промина слоя, кг; M_c – масса промятого сырца, кг.

Необходимое значение Y в пределах 30...40% достигается регулированием глубины захождения рифлей и нагрузки верхнего вальца. При этом величина Y зависит от показателя отделяемости, и при одинаковой нагрузке P_n с ростом значения отделяемости пропорционально увеличивается и значение умина. При $Y > 40\%$ наблюдается процесс разрушения волокнистых комплексов стеблей.

Для обеспечения хорошего промина тресты необходимо подбирать оптимальное значение глубины захождения рифлей. С ростом влажности глубину захождения надо увеличивать, при низкой влажности или низкой отделяемости – необходимо уменьшать [2, с. 200].

В силу существования большого числа факторов и множества рекомендаций для создания единой системы управления процессом мятья лучше всего использовать аппарат нейронных сетей.

Использование классических нейронных сетей [3, с.130] в данном случае затруднено. Нет точных числовых зависимостей для определения глубины захождения рифлей в зависимости от совместного влияния влажности и отделяемости. Кроме того, границы разбиения тресты на группы по свойствам тоже условные. В задаче с такими условиями и исходными данными прибегнем к аппарату нечеткой логики и нечетких множеств.

В ходе анализа справочной литературы, учебных материалов, экспериментальных наработок и промышленных рекомендаций можно описать следующие зависимости между влажностью, отделяемостью, глубиной захождения рифлей, умином, выходом длинного волокна и заостренностью:

- с увеличением глубины захождения рифлей растет показатель умина;
- с увеличением влажности льнотресты умин уменьшается;
- с ростом отделяемости льнотресты умин увеличивается;
- при повышенной отделяемости рекомендуется уменьшать глубину захождения;
- при увеличении влажности глубину захождения рифлей увеличивают.

По имеющимся зависимостям получили таблицу для создания нейронной сети – табл. 1 – зависимость глубины захождения от влажности и отделяемости льнотресты. Данные в табл. 1 приведены для валков с шагом в 20 мм (16 рифлей). Значения глубины захождения для других валков можно рассчитать с помощью равенства:

$$i_1 z_1 = i_2 z_2 = \dots = i_k z_k \quad [5].$$

Т а б л и ц а 1

Отделяемость, ед	Влажность, %	Глубина захождения, мм
4	8	7
	12	8
	16	8
	20	9
6	8	6
	12	7
	16	7
	20	6
8	8	5
	12	5
	16	6
	20	5

Значения для отделяемости льнотресты условно разделены на три группы, которые соответствуют недолежалой тресте, тресте нормальной вылежки и перележалой. По влажности льнотреста разбита на четыре группы с интервалом в 4%. Значение глубины захождения рифлей выбирали при помощи критерия оптимальности [4] без учета величины недоработки:

$$K_{\text{опт}} = 0,6B + 0,43 \rightarrow \max .$$

На основе полученных данных разработана нейронная сеть на нечетких множествах с использованием алгоритма Mamdani (рис. 1).

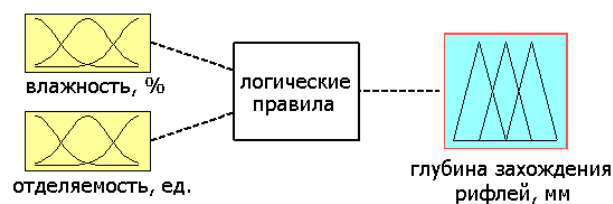


Рис. 1

При поступлении данных на вход нейронной сети определяются веса принадлежности к той или иной группе значений. Затем при использовании логических правил определяются веса принадлежности к группам выходных параметров, то есть к группам глубины захождения рифлей.

Губина захождения рифлей условна разбита на пять групп, через каждый миллиметр. В данном случае укрупнение

групп резко снижает гибкость управления, а разбиение на более мелкие группы не будет давать существенной разницы при переходе от группы к группе.

Работу нейронной сети можно продемонстрировать так (рис. 2):

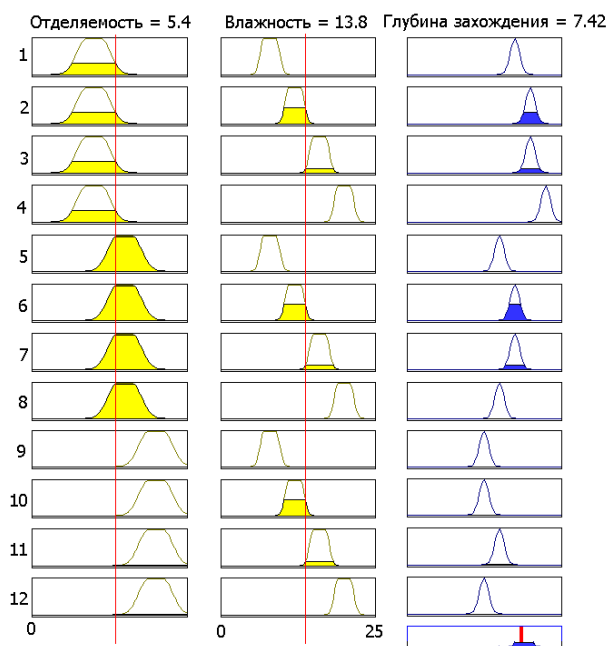


Рис. 2

Результат вычислений глубины захождения рифлей нужно округлить до целых значений. Нейронная сеть обладает свойствами аппроксимации, что позволяет провести вычисления глубины захождения рифлей во всем диапазоне изменений влажности и отделимости льнотресты. В результате это дает возможность построить результирующую поверхность (рис. 3).

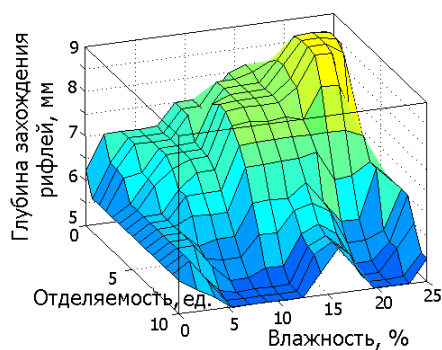


Рис. 3

Как следует из рис. 3, наибольшая глубина захождения необходима при низкой отделимости и высокой влажности льнотресты, а область наименьшей глубины захождения приходится на зону высокой отделимости и повышенной влажности льнотресты. Полученная поверхность полностью соответствует имеющимся рекомендациям по выбору режимов работы мяльной машины в зависимости от свойств льнотресты [5]. При комплектации системой датчиков и исполнительных механизмов возможна организация автоматизированной системы управления глубиной захождения рифлей.

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для создания системы управления глубиной захождения рифлей в процессе мятья в зависимости от отделимости и влажности льнотресты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцева И. А. Совершенствование системы контроля параметров качества льняной стланцевой тресты: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2007.
2. Марков В.В., Сулов Н.Н., Трифонов В.Г., Ипатов А.М. Первичная обработка лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.
3. Дроздов В.Г., Ефремов А.С., Катков А.А. //Сб. тр. молодых ученых. – Кострома: КГТУ, С.130...134.
4. Ефремов А.С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от влажности и отделимости: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2008.
5. Справочник по заводской первичной обработке льна / Под общ. ред. В.Н. Храмова. – М.: Легкая и пищевая промышленность 1984.

Рекомендована кафедрой автоматики и микропроцессорной техники. Поступила 04.06.10.

УДК 331

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА
ПОТЕРИ СЛУХА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ШУМА
НА РАБОЧИХ МЕСТАХ НА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Е.А. БЕЛЯЕВА, Г.К. БУКАЛОВ, И.В. СУСОЕВА

(Костромской государственный технологический университет)
E-mail: bukalov@kosnet

В статье предлагается математическая модель профессионального риска потери слуха от воздействия шума на рабочих местах на текстильных предприятиях.

The mathematical model of professional risk of hearing loss because of the noise influence at the textile enterprises' workplaces is offered in the article.

Ключевые слова: профессиональный риск, шум, потеря слуха, текстильные предприятия, математическая модель.

Для повышения эффективности работы системы социального страхования от профессиональных заболеваний на производстве, в том числе на текстильных предприятиях [1], предусмотрен переход от определения профессионального риска в зависимости от вида экономической деятельности к оценке его уровня по фактическому состоянию условий труда. Предполагается устанавливать страховые тарифы на этот вид социального страхования индивидуально для конкретной организации в зависимости от фактических условий труда на рабочих местах и профессиональной заболеваемости.

Достаточно объективно оценить условия труда позволяет аттестация рабочих мест (АРМ), так что размер страхового тарифа можно поставить в зависимости от ее результатов. Однако во многих организациях АРМ по условиям труда не проведе-

на, например, в 2008 г. по данным [2] в четырех из семи федеральных округов аттестовано менее 10% рабочих мест.

В процессе оценки профессионального риска условно можно выделить четыре этапа:

- выявление вредных и опасных факторов профессионального риска с позиции их потенциальной опасности для здоровья работников,
- сбор данных о частоте и тяжести последствий профессиональной заболеваемости,
- экономическая оценка последствий профессиональной заболеваемости,
- расчет профессиональных рисков и выбор соответствующей модели страхования.

В России в текстильной промышленности значительное количество рабочих мест связано с воздействием шума [3]. Акту-

альность проблемы воздействия шума на работающих возрастает в связи со значительными сроками эксплуатации оборудования в данной отрасли.

Для целей социального страхования важно учитывать, что имеются отрасли и предприятия, где большинство профессиональных заболеваний не вызывают серьезных последствий, и такие, где значительное число профессиональных заболеваний влекут за собой серьезные последствия для работающих (частичная или полная утрата трудоспособности). Кроме того, встречаются предприятия с почти одинаковыми условиями труда, но с сильно различающимся уровнем профессиональной заболеваемости. Соответственно, это вызывает более высокие размеры компенсационных выплат, объемы медицинских и реабилитационных услуг. Кроме того, даже при одинаковой утрате трудоспособности (в зависимости от вида профессионального заболевания) пострадавшим требуются различные по характеру и стоимости услуги, связанные с лечением, медицинской, профессиональной и социальной реабилитацией. Поэтому экономические и натуральные показатели профессиональных рисков существенно разнятся.

Объектом изучения профессиональных рисков служит рабочее место, где проявляется себя рисковая ситуация. Например, на рабочих местах на текстильных предприятиях с различной долей вероятности могут воздействовать факторы риска химической, физической и биологической природы, а также факторы риска трудового процесса (тяжесть и напряженность труда).

В текстильной промышленности существует высокий уровень профессионального риска, что обусловлено воздействием опасных и вредных производственных факторов. Например, на рабочем месте оператора ровничного оборудования на предприятии Костромском обособленном подразделении ОАО "Московская шерстопрядильная фабрика" наиболее негативное влияние на организм оказывает шум – 85 дБА. Аналогичная картина существует и на большом количестве других предприятий текстильной промышленности.

В практике управления безопасностью и охраной труда существует ряд методов определения численных значений уровней воздействия опасных аспектов трудовой деятельности на здоровье работников. Определение рисков повреждения здоровья увязывается с конкретными технологическими процессами на текстильных предприятиях. В нашем случае необходимо учитывать специфику труда на текстильных предприятиях в условиях повышенного уровня шума.

В соответствии со стандартом ИСО 1999.2 "Акустика. Определение профессионального воздействия шума и оценка нарушений слуха, вызванная шумом" [4] можно рассчитывать риск поражения слуха в зависимости от экспозиции и прогнозировать риск возникновения профессионального заболевания. На основе математической модели [4] определены риски развития профессиональной тугоухости [5, табл. 11.1]. Табл. 11.1 из [5] послужила основой для построения графиков зависимостей вероятности потери слуха от стажа работы и уровня шума на рабочих местах (рис. 1 – критерий потери слуха 20 дБА).

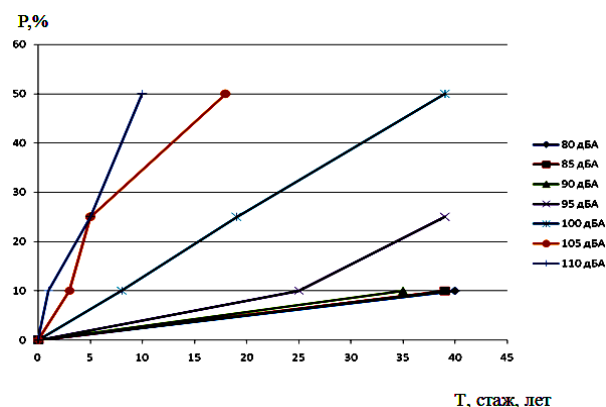


Рис. 1

При построении графиков зависимостей на рис. 1 допускалось, что вероятность потери слуха равна нулю при нулевом стаже работы. Данная особенность позволяет определять вероятность потери слуха при малых стажах работы во вредных условиях труда, что является важным при определении риска потери слуха, особенно при небольших превышениях дейст-

вующего ПДУ шума, для которых на графике имеется только одна точка, отличная от 0, например, для уровней шума 80, 85 и 90 дБА.

Из рис. 1 видно, что зависимость вероятности потери слуха P от стажа работы T можно приближенно описать линейной функцией:

$$P = a_i T, \quad (1)$$

где a_i – постоянная, зависящая от i -го уровня шума на рабочем месте.

Известно, определение профессионального риска R , как произведение вероятности P и последствий U возникновения определенного опасного события, например, профессионального заболевания – потери слуха:

$$R = PU. \quad (2)$$

С учетом (1) выражение (2) преобразуется к виду:

$$R = a_i T U. \quad (3)$$

Последствия U определенного опасного события могут измеряться в денежном выражении, а могут измеряться в баллах по определенной шкале. Рассчитывается U в соответствии с нормативными документами [6], [7].

Используя зависимость (3), можно определить профессиональный риск R_k для рабочего коллектива из j работников. Для этого преобразуем (3) к виду:

$$R_k = \sum a_{ij} T_j U_j,$$

где a_{ij} – постоянная, зависящая от i -го уровня шума на рабочем месте j -го работника; T_j – стаж работы во вредных условиях по шумовому фактору j -го работника; U_j – последствия в денежном выражении от профессионального заболевания j -го работника, в качестве примера для расчета $U_j = 300000$ руб.

В качестве примера рассчитаем риск поражения от акустического фактора оператора ровничного оборудования ОАО "Московская шерстопрядильная фабрика", стаж работы которого 4 года, уровень шума на рабочем месте 85 дБА. Для этого в (2) подставим в соответствии с рис. 1, $P = 1,75\%$, $U = 300000$ руб.

Отсюда профессиональный риск для оператора ровничного оборудования:

$$R = 0,0175 \cdot 300000 \text{ руб.} = 5250 \text{ руб.}$$

ВЫВОДЫ

Получена математическая модель профессионального риска потери слуха в зависимости от стажа работы и уровня шума на рабочих местах на текстильных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минздравсоцразвития России от 23 октября 2008 г. №586 "Программа действий по улучшению условий и охраны труда на 2008-2010 г.".
2. Доклад Минздравсоцразвития России "О реализации государственной политики в области охраны труда в Российской Федерации в 2008 г.".
3. *Коритынский Я.И. и др.* Вибрации и шум в текстильной промышленности (измерения, характеристики и методы борьбы). – М.: Легкая индустрия, 1974.
4. Стандарт ИСО 1999.2. Акустика. Определение профессионального воздействия шума и оценка нарушений слуха, вызванная шумом.
5. Гигиена труда / Под ред. акад. РАМН, проф. Н.Ф. Измерова, проф. В.Ф. Кириллова: Учебник для вузов. – М.: Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа", 2008.
6. www.complexdoc.ru. Стандарт предприятия СТП 17.2008 ССБТ. Оценка экономической эффективности работ по безопасности труда.
7. *Баскаков В.Н., Андреева О.Н., Баскакова М.Е., Карташов Г.Д., Крылова Е.К.* Страхование от несчастных случаев на производстве: актуарные основы / Под ред. В. Н. Баскакова. – М.: Academia, 2001.

Рекомендована кафедрой промышленной экологии и безопасности. Поступила 04.06.10.

УДК 64.29.8

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ТКАНИ**В.А. ИВАНОВСКИЙ*

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Работа посвящена разработке системы технического зрения для дистанционного обнаружения дефектов ткани в реальном времени на ткацком станке.

The work is devoted to the technical sight system engineering for the distance detection of fabric defects in real time at a loom.

Ключевые слова: система технического зрения, волновой алгоритм, обнаружение дефектов ткани.

Повышение качества продукции при минимальных затратах человеческого труда – это одна из главных задач в развитии любой отрасли производства, в том числе и текстильной. Актуальной задачей при этом является разработка средств оперативного контроля качества. Контроль качества ткани, вырабатываемой на ткацком оборудовании, с использованием электронной техники предложен более 20 лет назад [1]. Однако, пожалуй, единственное техническое решение, которое нашло широкое применение на практике, – это система распознавания дефектов ткани "Siclops" фирмы "Picanol" [2]. Использование данной системы в промышленности России сдерживается высокой стоимостью при отсутствии аналогичных отечественных промышленных разработок.

Анализ зарубежных исследований в этой области [3], [4] показывает, что более перспективным является компьютериза-

ция контроля пороков ткани непосредственно на станке.

Цель работы заключается в создании системы технического зрения для оперативного обнаружения дефектов ткани, в частности, определения таких дефектов, как недосека и забоина. Для решения задачи предлагается система технического зрения (СТЗ), включающая в себя видеокамеру, компьютер и плату сопряжения с приводом двигателя станка. Видеокамера возвратно-поступательно перемещается перпендикулярно направлению движения ткани. Камера захватывает изображение и передает сигнал на компьютер, который должен, проанализировав изображение, определить наличие брака. После этого на станок подается сигнал остановки и выдается сообщение оператору.

Программное обеспечение СТЗ включает следующие этапы.

1. Захват и оцифровка изображения.
2. Выделение контура.

* Работа выполнена под руководством доц., канд. техн. наук В.В. Романова.

3. Анализ изображения с помощью волнового метода.

4. Этап принятия решений.

5. Формирование управляющего сигнала в случае отклонения по плотности.

6. Вывод сообщения оператору.

Для выделения контура изображения используется метод вычисления частных производных в зависимости от яркости по одной из координат. Величина первой производной использована для обнаружения наличия границ контура, а знак второй производной – для определения того, на темной (объект) или на светлой (фон) стороне кромки располагается анализируемая

$$G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = [f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)] - [f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)] = (g + 2h + i) - (a + 2b + c), \quad (2)$$

$$G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = [f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1)] - [f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)] = (c + 2e + i) - (a + 2d + g), \quad (3)$$

где буквы от а до і обозначают соседние по отношению к центру точки (x,y).

Оператор Лапласа является оператором

$$L[f(x, y)] = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y). \quad (5)$$

Волновой алгоритм включает в себя преобразование потока информации с видеокамеры в функциональную зависимость суммы яркостей от номера строки и анализ полученной функции.

На рис. 1-а представлена ткань без брака, а на рис. 2-а – с браком недосека. Со-

ответствующие графики волнового преобразования представлены на рис. 1-б и 2-б. На рис. 1-в и 2-в показаны колебания расстояний между нитями Δ в пикселях (ось ординат).

$$G[f(x, y)] = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad (1)$$

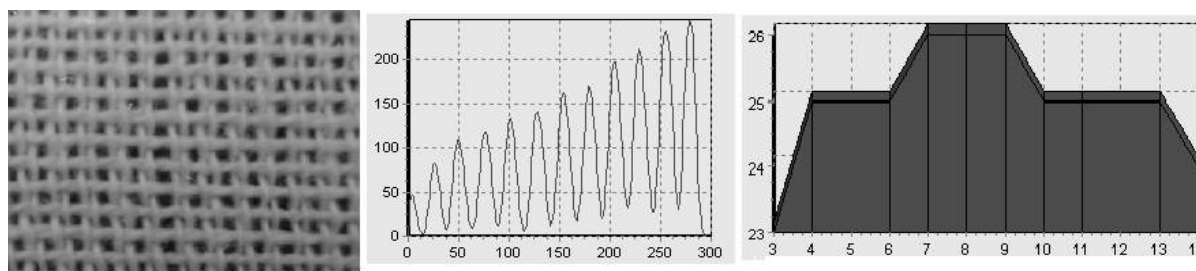
где $G[f(x, y)]$ – градиент; $f(x, y)$ – входное изображение.

На практике градиент вычисляется по следующим формулам:

производных второго порядка вида

$$L[f(x, y)] = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}. \quad (4)$$

Для дискретных изображений оператор Лапласа вычисляется по зависимости:



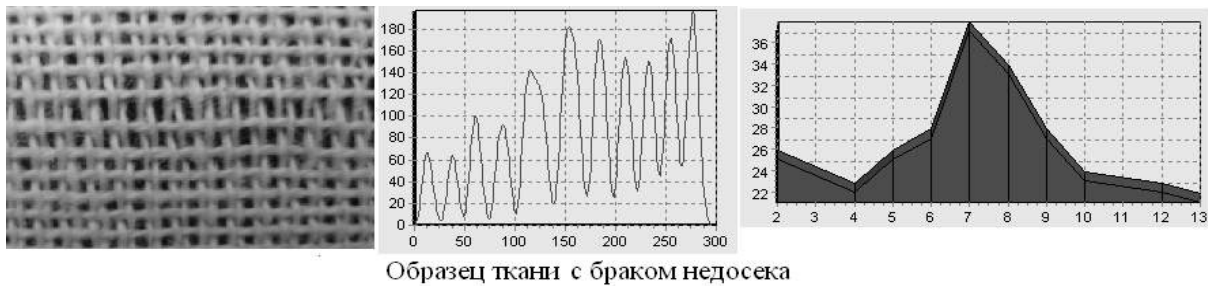
Образец ткани без брака

а)

б)

в)

Рис. 1



а)

б)

в)

Рис. 2

Из графиков видно, что у ткани без дефекта величина Δ не превышает 3 единиц, в то время, как на ткани с дефектом величина Δ достигает 13 единиц. Это говорит о неравномерности колебания расстояния между нитями. Отсюда следует вывод о наличии брака на этом фрагменте ткани.

Применение данного метода позволяет определять не только недосеки и забоины, но и число нитей на единицу площади ткани, а также такие дефекты, как пролет утка, близна, утолщение основной и уточной нити, слет. Для расширения области применения данного метода предлагается использовать встроенные математические функции пакета MatLab.

C++. На рис. 3 показана схема разработанного исполняемого модуля.

ВЫВОДЫ

1. Объединение аппаратного комплекса и разработанного программного обеспечения позволило создать систему технического зрения, способную на основе волнового метода определить такие виды брака, как недосека и забоина, и формировать сигналы останова ткацкого станка для предупреждения наработки брака.
2. Предложена схема создания автономного исполняемого модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев В.Н. Автоматизация контроля в технологии поверхностной обработки текстильных материалов. – Иваново, Изд-во ИВТИ, 1990.
2. <http://www.picanol.be> Данные 2002 года.
3. Dorrity J.Lewis, Vachtsevanos G., Warren J. Real-time fabric defect detection and control in weaving processes. Project №G94-2/National Textile Center Annual Report. 1996.
4. Li L., Huang X. Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // Journal of Dong Hua University. – Vol. 19, 2002, P. 35...39.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 04.06.10.

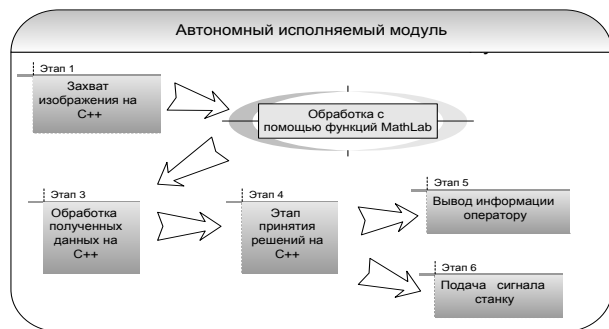


Рис. 3

Для работы комплексной системы технического зрения пакет MatLab необходимо совместить с модулями, написанными на языках программирования типа

УДК 65.014:677

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ МАРКЕТИНГА НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ РЕГИОНА

А.М. ТКАЧЁВА

(Ивановский филиал Российского государственного торгово-экономического университета)
E-mail: ivrgteunir@mail.ru

В работе изложены методические приемы, ставшие основанием для разработки принципиально новых методов практического освоения концепций маркетинга, которые учитывали бы современные подходы к системам качества. Эти методы разработаны нами на примере потребительского рынка.

The methodical methods, which have become the basis for exploitation of essentially new methods of practical development of the marketing concepts which would take into account modern approaches to quality systems, are stated herein. We have developed these methods on the example of the consumer market.

Ключевые слова: всемирное качество, маркетинг, сфера услуг, зарубежный опыт, тенденции развития.

Эффективное и надежное функционирование современного предприятия, в том числе и текстильного, должно учитывать повышенные риски и неопределенность при принятии решений, характерные для новейшей экономики. Сегодня увеличение прибыли и доли рынка – основных целей маркетинговой деятельности предприятий – невозможно достичь только оптимизацией распределения и экономией производственных ресурсов. К оперативным проблемам (распределение ресурсов) и управленческим (организация приобретения и распределение ресурсов) добавилась стратегическая (выбор товаров и рынков и распределение по ним ресурсов) [1].

Система маркетинговой информации применена нами как методический подход

для исследования взаимной связи потребительского рынка в целом и коммерческих организаций, работающих на потребительском рынке [2]. Из известных пяти основных подходов (концепций): концепция совершенствования производства; концепция совершенствования товара; концепция интенсификации коммерческих усилий; концепция маркетинга; концепция социально-этичного маркетинга в нашем исследовании принята концепция социально-этичного маркетинга. Она ориентируется на создание потребительской удовлетворенности в качестве основы для достижения целей организации. При этом оценивается соотношение интересов производителей, потребителей и общества в целом, поскольку довольно часто эти интересы вступают в противо-

речие друг с другом. Таким образом, учитывается новая философия предпринимательства, ориентированная на удовлетворение разумных, здоровых потребностей носителей платежеспособного спроса. Ее цель состоит в обеспечении долговременного благосостояния не только отдельного предприятия, но и общества в целом.

Наиболее эффективным подходом к оценке взаимосвязей потребителей и поставщиков на потребительском рынке считается концепцию всеобщего качества. Сущность этих взаимосвязей в рамках всеобщего качества описывают три руководящих принципа: 1) признание стратегической важности поставщиков и потребителей; 2) разработка взаимовыгодных взаимосвязей поставщиков и потребителей; 3) формирование взаимосвязей на основе доверия. Традиционно потребители обращались к множеству самых разных поставщиков за одним и тем же закупаемым продуктом и обычно заключали с ним краткосрочные контракты. Эта практика способствует созданию конкурентной ситуации, когда поставщики стремятся обогнать в своих предложениях друг друга, из-за чего, стараясь снизить затраты, могут пожертвовать качеством. Взаимоотношения на основе командной работы приводят к меньшему числу поставщиков и к ситуациям, когда большой объем продуктов заказывается в одном источнике. При меньшем числе поставщиков с заказчиком заключаются долгосрочные контракты. Это повышает мотивацию работать согласованно друг с другом и добиваться взаимных выгод. Кроме того, это способствует духу постоянного совершенствования (инновационному развитию). Взаимосвязи на основе доверия формируются в течение определенного времени, а доверие зависит от поведения обеих взаимосвязанных сторон. Формирование доверия при взаимодействии поставщиков с потребителями трансформируется в приемы постоянного сбора информации об ожиданиях потребителей, широкого распространения собранной информации непосредственно в организациях и использования этой информации для проектирования, производства и

доставки товаров и услуг организации. На рис. 1 приведен цикл качества, ориентированный на потребителя.

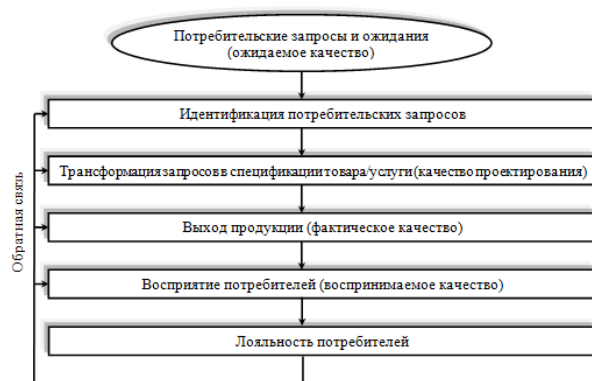


Рис. 1

Информацию мы собирали и анализировали с помощью четырех подсистем, которые в совокупности своей составляют систему маркетинговой информации: подсистемы внутренней отчетности, подсистемы сбора внешней текущей маркетинговой информации, подсистемы маркетинговых исследований и подсистемы анализа маркетинговой информации. Поток информации, поступающий к управляющим по маркетингу, помогает им в проведении анализа, планировании, претворении в жизнь и контроле за исполнением маркетинговых мероприятий. Обратный поток в сторону рынка состоит из принятых управляющими решений и прочих коммуникаций.

Современной методологией, которая применяется для гарантирования того, что потребительские ожидания не изменятся в течение всего процесса проектирования продукции, проектирования технологических систем и их работы, и которая учитывает показатели конкурентоспособности продукции на конкретном рынке, является распределение функции качества (quality function deployment, QFD).

QFD – это и философия, и набор инструментов для планирования и коммуникаций, позволяющих уделять должное внимание потребительским требованиям и координировать вопросы проектирования, производства и маркетинга продукции. Документационные процедуры QFD зада-

ют методы контроля, размеры выборок и другие составляющие, которые необходимы для достижения заданного уровня качества и конкурентоспособности. Функции и задачи QFD, способы и методы их реализации закрепляются в комплексе стандартов предприятия (СТП).

В круг функций и задач СТП включаются следующие: прогнозирование потребностей, технического уровня и качества продукции; планирование повышения качества продукции; нормирование требований к качеству продукции; специальная подготовка и обучение кадров; обеспечение стабильности запланированного уровня качества продукции при ее разработке, изготовлении, складировании, транспортировке, сбыте и эксплуатации (потреблении); стимулирование повышения качества продукции; контроль качества и испытание продукции; информационное обеспечение системы управления качеством продукции и др.

Эти стандарты использовались нами как методические требования при формировании баз данных для системы маркетинговой информации. После сбора маркетинговой информации о потребительских запросах, эта информация доводилась до сотрудников организаций-поставщиков. Далее потребительская информация должна трансформироваться в характеристики товаров и услуг, предлагаемых организацией. При этом организация-поставщик устанавливает для своих сотрудников единственное правило: дайте потребителю то, что он хочет. Методический прием для трансформации потребительских запросов в характеристики продукта применен в нашей работе к потребительскому рынку региона.

Как маркетинговая информация, так и качество зависят от конкретной отрасле-

вой принадлежности предприятий и организаций, выпускающих конкретную продукцию. Нами предложено объединить различные факторы в общую систему на основе рыночных механизмов. Мы показали, что применение дискретной статистической информации для такой систематизации недостаточно. Необходимо оценить динамику статистической информации с помощью временного фактора.

ВЫВОДЫ

Нами показано, что недостатком подавляющего большинства существующих научных исследований как маркетинга, так и всеобщего качества является их описательный характер. Устранение этого недостатка предложено через установление фиксированных показателей для каждой отдельно взятой отрасли народного хозяйства.

Изложенные в работе методические приемы стали основанием для разработки принципиально новых методов практического освоения концепций маркетинга, которые бы учитывали современные подходы к системам качества. Эти методы разработаны нами на примере потребительского рынка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / Пер. с англ. / Под ред. Ю.Н. Каптуревского. – СПб.: Питер, 1999.
2. Свечина Н.Н., Ткачёва А.М. Маркетинг территориальных рынков. – Иваново, 2010.

Рекомендована кафедрой экономики управления предприятиями торговли. Поступила 04.06.10.

КОЗЛОВА ТАТЬЯНА ВАСИЛЬЕВНА

(К 80-летию со дня рождения)

31 августа 2010 года исполнилось 80 лет доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой художественного проектирования костюма Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина, заслуженному деятелю науки Российской Федерации Козловой Татьяне Васильевне.

Т.В.Козлова окончила Московский текстильный институт в 1954 году. В 1959 году – защитила кандидатскую диссертацию в Высшей школе прикладного искусства г. Праги, а в 1983 году – докторскую диссертацию. В 1984 году ей присвоено ученое звание профессора. Под ее руководством и при ее непосредственном участии сформирована кафедра моделирования костюма, ныне кафедра художественного проектирования костюма. Кафедра осуществляет подготовку художников-стилистов.

Т.В.Козлова – видный ученый, первая в области дизайна костюма, основоположник теории дизайна в одежде и обуви. Ее труды широко известны в России и за рубежом. Она – автор более 300 научных трудов, 5 учебников.

Проф. Т.В.Козлова – создатель научной школы в области художественного проектирования костюма, под ее руководством защищены около 35 диссертаций. Ее ученики возглавляют сегодня аналогичные кафедры других вузов, являются руководителями творческих коллективов. Выпускники факультета – это ведущие модельеры страны –



В. Зайцев, Е. Зайцев, В. Ан- дреянова, А. Ингманд, В. Зу- бец и многие другие.

Татьяна Васильевна Коз- лова около 30 лет эффективно и плодотворно руководила факультетом прикладного искусства.

Она – прекрасный худож- ник, она создатель более 200 моделей одежды, которые с большим успехом демонстри- ровались на многочисленных выставках и показах.

Проф. Т.В. Козлова руко- водит многочисленными твор- ческими конкурсами и показами моделей одежды в России и за рубежом

Татьяна Васильевна является активным инициатором внедрения новых прогрес- сивных форм обучения студентов в тесном содружестве с текстильной промышленно- стью. Она – инициатор и создатель новых специальностей, в том числе по ювелир- ному делу.

Профессор Т.В. Козлова неоднократно принимала участие в международных на- учных конференциях и симпозиумах по текстильной технологии, выступала с док- ладами и читала лекции в университетах Франции, Японии, Польши, Венгрии, Бол- гарии.

За выдающиеся успехи в научной и пе- дагогической деятельности проф. Т.В.Козлова награждена орденом "Знак Почета", медалями, нагрудным знаком "Почетный работник высшего профессио- нального образования Российской Федера- ции", многими почетными грамотами и дипломами. Она является академиком

Международной академии наук о природе и обществе.

Сегодня Татьяна Васильевна полна замыслов и как всегда находится на пути к новым разработкам и свершениям. Она умеет предвидеть перспективность развития той или иной разработки, того или иного события и увлечь за собой коллектив.

Ректорат и профком Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина сердечно поздравляют видного ученого, талантливого педагога, требовательного и внимательного коллегу с Юбилеем и желают ей крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов, удачи во всех делах, благополучия, радости и счастья.

Ректорат и профком Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина.

Редколлегия и редакция журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

25 июля 2010 года скоропостижно скончался Р.В. Корабельников, доктор технических наук, профессор кафедры теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин Костромского государственного технологического университета.

Р.В. Корабельников – известный ученый в области механики текстильных машин и механической технологии волокнистых материалов.

Ростислав Васильевич Корабельников родился 13 августа 1939 г. в с. Аранхана Самаркандской области. После окончания школы, службы в рядах Советской Армии он закончил Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (ТИТЛП) и прошел путь от стажера-исследователя до профессора этого вуза. С 1995 г. Ростислав Васильевич – профессор и заведующий кафедрой в КГТУ, а с 1997–2009 гг. – проректор по научной работе КГТУ.

Главным в научной деятельности Р.В. Корабельникова являлась разработка приоритетного направления в науке и технике – развитие теории и совершенствование процессов, рабочих органов и создание новых текстильных машин с учетом свойств перерабатываемого продукта. Новизна разработок профессора Р.В. Корабельникова нашла отражение в 6 монографиях, более чем в 200 научных статьях и подтверждена 85 авторскими свидетельствами СССР и патентами Российской Федерации на изобретения по созданию высокоэффективного оборудования для очист-



ки волокнистого материала, в том числе изобретениями, получившими практическое использование при создании новых машин, за что Р.В. Корабельников награжден нагрудным знаком "Изобретатель СССР".

Профессором Р.В. Корабельниковым основана научная школа в ТИТЛП и КГТУ по созданию более современных текстильных машин. Научное направление по совершенствованию машин с учетом свойств перерабатываемого сырья в на-

стоящее время развивается применительно к технологии переработки льна в свете развития федеральных и региональных программ "Русский лен", "Перспективные материалы" и др. Ученики профессора Р.В. Корабельникова активно продолжают развитие теории и методов совершенствования текстильных машин.

Общественным признанием заслуг профессора Р.В. Корабельникова явилось назначение его заместителем главного редактора журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", избрание в 1998 г. членом-корреспондентом Российской академии инженерных наук, а в 2000 г. – академиком РАИН. Р.В. Корабельников – Заслуженный работник народного образования Республики Узбекистан (1992 г.), Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации (2000 г.). В 2006 г. ему присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники. Под руководством профессора Р.В. Корабельникова подготовле-

но шесть докторов технических наук и 22 кандидата технических наук.

Профессор Р.В. Корабельников являлся председателем диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по четырем техническим специальностям при Костромском государственном технологическом университете.

В феврале 1997 г. профессор Р.В. Корабельников назначен проректором по научной работе КГТУ. За это время им разработана и внедрена система рейтинговой оценки эффективности деятельности преподавателей, кафедр и факультетов, что способствовало повышению научной активности преподавателей, создан профессорский семинар для заслушивания докторских диссертаций и решения важнейших научных проблем университета, усовершенствована система НИРС (НИДС) в КГТУ, разработана контрактная система подготовки докторов наук, создан и издается периодический журнал "Вестник КГТУ" и др.

Особое внимание Р.В. Корабельников уделял совершенствованию системы подготовки научно-педагогических кадров. С 1997 по 2009 гг. в университете защищены 51 докторская и более 180 кандидатских диссертаций. За это время открыты новые специальности в докторантуре и аспирантуре. Эффективность аспирантуры и докторантуры в КГТУ за последние 5 лет значительно возросла и составила 52%.

В своей деятельности Р.В. Корабельников демонстрировал характерный стиль в

решении многих проблем, опирающийся на аналитический склад ума, уважительно-доверительные отношения с коллегами и отцовскую ответственность.

За время работы в системе высшего образования Ростислав Васильевич создал надежный базис для будущих больших дел, был полон энергии и новых идей. Лучшие свои силы он отдавал воспитанию молодых специалистов и ученых, которые достойно работают в КГТУ, в промышленности, научных организациях и учебных заведениях.

Глубокие знания, широкая эрудиция, принципиальность, требовательность, а также доброжелательность и человеческая чуткость – вот те качества, за которые его уважали и любили студенты, сотрудники и преподаватели.

Многогранная общественная и научно-педагогическая деятельность профессора Р.В. Корабельникова, бескорыстие и преданность университету вызывали и вызывают у всех нас чувство уважения и признательности.

Ростислав Васильевич Корабельников по праву останется гордостью нашего университета.

Опытный руководитель, много сделавший для развития текстильной науки, большой ученый, талантливый педагог, заботливый отец, прекрасный семьянин и надежный товарищ, он навсегда останется в сердцах близких и всех, кому посчастливилось работать и общаться с ним.

Администрация Костромской области, Областная дума.

Коллектив Костромского государственного технологического университета.

Коллектив Ивановской государственной текстильной академии.

Редколлегия и редакция журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

- Тихонова Е.Ю., Пантелеева Н.Д.* Техническое перевооружение льняных предприятий – важнейшее направление выхода их из кризиса 5

Текстильное материаловедение

- Чебунькина Т.А., Землякова И.В., Гусев В.А., Буров М.С.* Имитационное моделирование расположения металлических частиц на поверхности тканей 8
- Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Вершинина А.В.* Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен 10
- Киселев А.М.* Математическое моделирование процесса сжатия волокнистых материалов в массе 14
- Шапочка Н.Н., Койтова Ж.Ю., Борисова Е.Н.* Анализ диаграмм растяжения различного овчинного полуфабриката 17
- Секованова Л.А., Рыбакова Н.А.* Стохастическое моделирование неровноты пряжи по толщине ... 20
- Егоров Н.В., Щербаков В.П.* Новый метод расчета жесткости нити при изгибе 23

Первичная обработка. Сырье

- Васильев Ю.В., Киселёв Н.В., Пашин Е.Л.* Компьютерная модель сушки слоя льняной тресты 28
- Маянский С.Е., Пашин Е.Л., Смирнов А.В.* Вероятностная оценка угловой дезориентации стеблей при слоеугонении 32
- Вихарев С.М., Федосова Н.М.* Влияние технологических параметров процесса трепания на его интенсивность 36
- Енин М.С.* Изменение параметров прядей льняного сырца после их распрямления перед трепанием 41
- Корабельников А.В., Алимова Х.А., Усманова Ш.А.* Автоматизированное сортировочное устройство коконов по оттеночности цвета оболочки на базе МКК-1 43

Прядение

- Кузнецова Н.С., Телицын А.А., Ильин Л.С.* Исследование процесса формирования СК-продукта из однородных компонентов в несимметричном АКУ при разных давлениях в рабочих камерах 46

Ткачество

- Брут-Бруляко А.Б., Антипина Е.А., Таратин М.Ю.* Влияние положения груза противовеса на плотность намотки цилиндрической бобины 49
- Гречухин А. П., Селиверстов В. Ю.* Способ построения профиля нити в ткани 52
- Королева М.Л., Рудовский П.Н., Мининкова И.В., Лапшин В.В.* Определение оптимальных параметров наладки основных и уточных механизмов при формировании растяжимых льносодержащих тканей 56
- Саввин О.А., Герасимова С.Ф.* Определение приведенной длины ткани в рабочей зоне ткацкого станка 59

Отделка

- Кобраков К.И., Станкевич Г.С., Грукова О.П., Караваева Е.Б., Кузнецов Д.Н.* Синтез и свойства новых бисазокрасителей для текстильных материалов 63

Технология нетканых материалов

- Сачков О.В., Чистобородов Г.И.* Исследование звукоизоляционных свойств новых дублированных материалов на основе нетканого полотна 66

Трикотажное производство

<i>Бананова Н.В., Крутикова В.Р., Безденежных А.Г.</i> Оценка частотных характеристик процесса вязания методом вейвлет-анализа	72
--	----

Швейное производство и дизайн

<i>Корнилович А.В., Киприна Л.Ю.</i> Применение процессного подхода при проектировании одежды для экстремальных видов спорта	75
<i>Костюкова Ю.А., Бархатова И.С., Кожевникова Т.С.</i> Сказочный образ Снегурочки в дизайне сувенирной продукции	78

Текстильные машины и агрегаты

<i>Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В.</i> Моделирование напряженно-деформированного состояния транспортирующих ремней трепальной машины	81
<i>Романов В.В., Титов С.Н., Лясич В.А.</i> Совершенствование метода динамического анализа ткацкого станка	84
<i>Корабельников Р.В., Корабельников А.Р., Лебедев Д.А.</i> Обоснование требований к переходным поверхностям (кромкам) рабочих органов машин для переработки натуральных волокон	88
<i>Букина С.В.</i> Расчет минимально необходимого усилия затяжки резьбы на оси дифференциальной шпартутки	92
<i>Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Колягин А.Ю., Лабай Н.Ю.</i> Демпфирование колебаний в цилиндрическом теле намотки при изгибе оправки	95
<i>Киселёв А.Н.</i> Особенности деформированного состояния рубашки валкового модуля ПД-140	100
<i>Филатова Н.И., Телицын А.А., Харзин Ю.А.</i> Сравнительные испытания высокоскоростных червячных передач двухместного прядильного модуля в пусковом режиме	102
<i>Муравьев С. Ю.</i> Подготовка гранично-элементной модели вытяжной пары	105
<i>Рокотов Д.В., Смельский В.В.</i> Экспериментальные исследования силового взаимодействия нажимного валика с рифленой поверхностью вытяжного цилиндра прядильной машины ПМ-88-Л8	107

Автоматизация технологических процессов

<i>Дроздов В.Г., Дроздов Ю.В.</i> Построение алгоритма программы получения и обработки видеoinформации о слое стеблей льнотресты перед его механической обработкой	111
<i>Никифоров И.С.</i> Бесступенчатый товарный регулятор с индивидуальным частотно-регулируемым электроприводом	115
<i>Ефремов А.С., Мочалов Л.В., Дроздов В.Г.</i> Автоматизация технологического процесса мятья в зависимости от влажности и отделяемости	118

Экология и промтеплоэнергетика

<i>Беляева Е.А., Букалов Г.К., Сусоева И.В.</i> Математическая модель профессионального риска потери слуха от воздействия шума на рабочих местах на текстильных предприятиях	121
--	-----

Информационные технологии

<i>Ивановский В.А.</i> Дистанционное обнаружение дефектов ткани	124
---	-----

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Ткачёва А.М.</i> Аналитические инструменты маркетинга на потребительском рынке региона	127
<i>Козлова Татьяна Васильевна (К 80-летию со дня рождения)</i>	130
<i>Памяти Ученого</i>	132

CONTENTS

Economics and Production Planning

<i>Tikhonov E.Ju., Panteleeva N.D.</i> Modernisation of the Linen Enterprises – the Major Direction of the Crisis Overcoming	5
--	---

Textile Materials

<i>Chebunkina T.A., Zemljakova I.V., Gusev V.A., Burov M.S.</i> Imitative Modelling of the Metallic Particles Arrangement on the Fabrics Surface	8
<i>Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V.</i> Research and Account of Deformation Properties at the Designing of Clothing from Linen Knitted Fabrics	10
<i>Kiselyov A.M.</i> Mathematical Modelling of the Fibrous Materials Compression Process in a Mass	14
<i>Shapochka N.N., Kojtova Zh.J., Borisova E.N.</i> Analysis of the Diagrammes of Stretching of a Various Sheepskin Semi-Manufactured Article	17
<i>Sekovanova L.A., Rybakova N.A.</i> Stochastic Modelling of Yarn Irregularity by Thickness	20
<i>Egorov N.V., Shcherbakov V.P.</i> New Method of Calculation of Rigidity of the Bent Threads	23

Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Vasilev Yu.V., Kiselyov N.V., Pashin E.L.</i> Computer Model of Drying of a Flax Straw Layer	28
<i>Majansky S.E., Pashin E.L., Smirnov A.V.</i> Likelihood Estimation of an Angular Disorientation of Stalks at Layer Formation	32
<i>Viharev S.M., Fedosova N.M.</i> Influence of Technological Parametres of a Scutching Process on its Intensity	36
<i>Enin M.S.</i> Change of Parametres of the Linen Raw Material Strands after their Straightening before Scotching	41
<i>Korabelnikov A.V., Alimova H.A., Usmanova Sh.A.</i> The Automated Sorter of Cocoons on the Colours' Shades of a Coating on the Basis of MKK-1	43

Spinning

<i>Kuznetsova N.S., Telitsyn A.A., Ilyin L.S.</i> Research of the Process of the Sk-Product Forming from Homogeneous Components in the Asymmetrical ATD at Different Pressure in Working Chambers	46
---	----

Weaving

<i>Brut-Bruljako A.B., Antipina E.A., Taratin M.Ju.</i> Influence of the Position of a Weight Equalizer Freight on a Winding Density of a Cylindrical Bobbins	49
<i>Grechuhin A.P., Seliverstov V.Ju.</i> Method of Construction of the Filament Profile in a Fabric	52
<i>Koroleva M.L., Rudovsky P.N., Mininkova I.V., Lapshin V.V.</i> Determination of Optimum Parametres of the Warp and Weft Mechanisms Adjustment at the Extensible and Linen-Containing Fabrics Forming	56
<i>Savvin O.A., Gerasimova S.F.</i> Determination of the Fabric Given Length in the Working Zone of a Loom	59

Finishing

<i>Kobrakov K.I., Stankevich G.S., Grukova O.P., Karavaeva E.B., Kuznetsov E.B.</i> Synthesis and Properties of New Bisazodyes for Textile Materials	63
--	----

Technology of Non-Wovens

<i>Sachkov O.B., Chistoborodov G. I.</i> Research of the Sound-Proof Properties of New Laminated Fabrics on the Basis of a Nonwoven Canvas	66
--	----

Knitting

<i>Banakova N.V., Krutikova V.R., Bezdenezhnyh A.G.</i> Estimation of Frequency Characteristics of Knitting Process by the Wavelet-Analysis Method	72
--	----

Sewing and Design

<i>Kornilovich A.V., Kiprina L.Ju.</i> Application of the Process Approach to the Design of Clothing for Extreme Sports	75
<i>Kostjukova Ju.A., Barhatova I.S., Kozhevnikova T.S.</i> Fantastic Image of the Snow Maiden in the luxury production design	78

Textile Machines and Aggregates

<i>Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V.</i> Modelling of the Intense-Deformed State of Transporting Belts of a Scutching machine	81
<i>Romanov V.V., Titov S.N., Ljasich V.A.</i> Improvement of the Method of the Loom Dynamic Analysis	84
<i>Korabelnikov R.V., Korabelnikov A.R., Lebedev D.A.</i> Substantiation of the Requirements to Transitive Surfaces (Edges) of the Machine's Attachments for Reprocessing of Natural Fibres	88
<i>Bukina S.V.</i> Account of the Minimum Necessary Effort of a Carving Strutting Board on the Differential Temple Axis	92
<i>Rudovsky P.N., Palochkin S.V., Koljagin A.Ju., Labaj N.Ju.</i> Vibrations Damping in a Cylindrical Body of Winding at a Plag Bend	95
<i>Kiselyov A.N.</i> Features of the Deformed State of the Facing Element of the Roll Module PD-140	100
<i>Filatova N.I., Telitsyn A.A., Harzin Ju.A.</i> Comparative Tests of High-Speed Worm Gears of the Double-Seat Spinning module in a Starting Regime	102
<i>Muravjov S.Ju.</i> Preparation of Boundary-Element Model of Drafting Pair	105
<i>Rokotov D.V., Smelsky V.V.</i> Experimental Research of Power Interaction of a Pressure Roller with a Grooved Runaway Surface of the Drafting Cylinder of the Spinning Machine PM-88-L8	107

Automation of Technological Processes

<i>Drozdov V.G., Drozdov Ju.V.</i> Construction of Algorithm of the Program of the Production and Processing of Video Information about a Stalks Layer of Flax Straw before Its Machining	111
<i>Nikiforov I.S.</i> Stepless Speed Change Cloth Beam Regulator with the Individual Frequency-Regulated Electric Drive	115
<i>Efremov A.S., Mochalov L.V., Drozdov V.G.</i> Automation of the Technological Process of Smashing Depending on Humidity and Separation	118

Ecology and Industrial Heat Engineering

<i>Beljaeva E.A., Bukalov G.K., Susoeva I.V.</i> Mathematical Model of the Professional Risk of Hearing Loss because of the Noise Influence at the Textile Enterprises' Workplaces	121
--	-----

Information Technologies

<i>Ivanovsky V.A.</i> Distance Detection of Fabric Defects	124
--	-----

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Tkacheva A.M.</i> Analytical Marketing Tools in the Consumer Market of a Region	127
In Commemoration of the 80 Anniversary of Kozlova Tatyana Vasilevna	130
In Memory of the Scientist	132

Вниманию авторов!

Редакция принимает статьи и сопроводительные документы к ним, направленные только обычными письмами в адрес редакции журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности": 153000, г. Иваново, просп. Ф.Энгельса, 21, к. Г.352. Редакция журнала, ответственному секретарю.

Статьи и документы к ним должны быть оформлены согласно Правилам для авторов, которые публикуются в конце номера журнала.

Корреспонденция, направленная заказными письмами, не рассматривается.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал "Технология текстильной промышленности" серии "Известия вузов", руководствоваться следующими правилами.

1. Редакция принимает только статьи, содержащие оригинальный материал, соответствующий профилю журнала, нигде не опубликованные и не переданные в редакции других изданий. В статье должно быть представлено четкое изложение полученных автором результатов без повторения данных в тексте статьи, таблицах и рисунках.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным.

3. Объем статей с учетом таблиц не должен превышать 6 страниц машинописного текста, напечатанного через два интервала с соблюдением требований ГОСТа 7.3–77. "Оригиналы текстовые, авторские и издательские". Текст статьи присылать в двух экземплярах, один из которых должен быть первым. С целью ускорения публикации статей редакция принимает статьи и рисунки на электронных носителях, текстовый редактор Word (формат *.doc, *.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат *.psx, *.bmp, *.jpg).

4. В список литературы, помещаемый в конце статьи, включать только опубликованные работы, на которые имеются ссылки в статье. Библиографическое описание составляется в соответствии с ГОСТом 7.1–84. "Библиографическое описание документа".

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13x18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без гляцевания) формата не менее 9x12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, E-mail. Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов), место работы и должность на английском языке.

8. Плата с аспирантов (аспирант – дневной формы обучения, выступающий единым автором работы) за публикацию статей не взимается.

9. С целью ускорения публикаций статей переписку, связанную с исправлениями материалов, желательно осуществлять по электронной почте: E-mail: ttp@igta.ru

РЕДАКЦИЯ.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РЕФЕРАТУ

а) В реферате кратко излагается основное содержание статьи. Реферат должен дать читателю представление о характере освещаемой работы, оригинальности постановки вопроса, методике исследования и его основных результатах.

б) Реферату должно предшествовать библиографическое описание в следующем виде: название статьи, фамилии и инициалы авторов, название журнала, в котором помещается статья. Текст реферата начинается непосредственно с изложения существа работы без повторения заголовка. Форма изложения материала не обязательно должна повторять форму изложения оригинальной статьи.

в) Если оригинал содержит большое количество цифровых данных, то их следует обобщить и систематизировать.

г) Средний объем реферата 0,5...1 страница машинописного текста, отпечатанного через два интервала на белой писчей бумаге формата А4 (210x297 мм) в двух экземплярах с полем 4 см с левой стороны листа.

д) Таблицы, схемы, графики и пр. включаются в том случае, если отражают основное содержание работы или сокращают текст реферата. Сообщение о наличии в реферируемой работе таблиц, схем, графиков, фотографий, карт, рисунков необходимо давать в конце реферата. Например, табл. 2, ил. 4.

е) Формулы приводятся только в том случае, если необходимы для понимания статьи. Не следует помещать громоздкие математические выражения.

ж) В конце реферата в квадратных скобках указывается название института или организации, где автор (если эти данные приводятся в статье) провел работу. Подпись автора и дату написания реферата следует ставить в левом нижнем углу листа на обоих экземплярах реферата.

* * *

Редакция обращает внимание авторов на необходимость соблюдения изложенных правил, что ускоряет прохождение статьи в производстве, сокращает время ее напечатания и способствует уменьшению ошибок и опечаток.

Статьи, отклоненные от публикации, не возвращаются.

Авторский гонорар не выплачивается.

РЕДАКЦИЯ