

Федеральное агентство по образованию

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 2 (314)  
2009**

Издание Ивановской государственной текстильной академии

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ.*

Заместители главного редактора: *Н.М. АШНИН, Ф.Ф. БЕЗДУДНЫЙ, 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, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Н.А. КУЛИДА, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Н.И. МАКСИМОВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, А.Н. МОГИЛЬНЫЙ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Г. РЕПИН, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, П.Н. РУДОВСКИЙ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, М.И. СЕМИН, Н.А. СМЕРНОВА, А.П. СОРКИН, Ф.Ю. ТЕЛЕГИН, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, 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](mailto:ttp@igta.ru)*

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

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 25.03.2009. Подписано в печать 28.04.2009. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 15,34 усл.-печ. л.; 15,59 усл. кр.-отт. Заказ 865.

Тираж 450 экз.

---

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

УДК 65.012.122

## ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЮ В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*С.А. КУЗЬМИН*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)

Ресурсосбережение в рыночных условиях предполагает рациональное использование материальных, трудовых и других видов ресурсов для создания конкурентоспособной продукции при известных потребительских и экономических требованиях к ней с использованием ценовых, неценовых и комбинированных методов ведения конкурентной борьбы. Это же является и задачей оптимизации ресурсосбережения.

В отличие от административно-командного режима экономики, при котором целью ресурсосбережения являлось снижение издержек на производство, в рыночной экономике цель ресурсосбережения – минимизация ресурсов при создании продукции с более интересными для потребителя ценовыми и другими свойствами.

Основная задача ресурсосбережения – вписываться в равновесную цену рынка. Для предприятий легкой промышленности она является многокритериальной и интегрированной.

Фундаментом для формирования общей концепции функционирования и развития ресурсосберегающей модели является научно обоснованный выбор и использование теоретико-методологического подхода к формированию эффективной схемы ресурсопотребления с позиции логистики [1]. Принципы логистики – синхронизация, оптимизация и интеграция – служат основным методологическим подходом к повышению организованности и эффективности функционирования производ-

ственных систем.

Основной функциональной областью производственного предприятия, на которую в первую очередь необходимо направлять логистические подходы для достижения целей экономии материальных ресурсов, является непосредственно производственный процесс. В связи с этим выделяют производственную логистику.

Производственная логистика – наука о системной рационализации управления процессами развития производственных систем с целью повышения их эффективности (организованности) посредством синхронизации, оптимизации и интеграции потоков в производственных системах. Целью производственной логистики является снижение затрат и повышение качества продукции.

Среди задач логистики, представленных в работе [1], связанные с решением вопросов ресурсосбережения можно выделить:

- оперативное управление технологическими процессами производства;
- прогнозирование, планирование и нормирование расходов материальных ресурсов в производстве;
- управление запасами материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции на всех уровнях;
- физическое распределение материальных ресурсов и готовой продукции (внутрипроизводственное) и другие.

В интеграционном виде:

- установление нормативов незавершенного производства и контроль за их

соблюдением;

- контроль за количеством и качеством готовой продукции;

- участие в разработке и реализации производственных нововведений;

- контроль за себестоимостью производства готовой продукции.

При этом необходим современный механизм функционирования предприятий легкой промышленности. Одним из таких механизмов является реализация интеграционной функции логистики в производстве [2].

Для активизации интеграционной функции в логистической системе в пер-

воначальном порядке необходимо соответствие цепей всех звеньев в ней. Интеграционная функция логистики реализуется в том случае, если материальный поток играет роль интегратора в логистической системе и обеспечивает достижение целей, стоящих перед предприятием. При этом любое взаимодействие элементов логистической системы осуществляется посредством материального потока. Это означает, что материальный поток необходимо рассматривать как единое целое, не разрывая его на отдельные элементы различных участников логистической цепи [1].



Рис. 1

Нами предложена схема традиционного и логистического подхода на предприятии применительно к швейному производству (рис. 1). Традиционный подход к организации предприятия предполагал обособленное функционирование элементов логистической цепи, ориентирующийся на собственные цели и критерии эффективности (рис. 1-а). Выходной материальный поток каждого предыдущего элемента логистической цепи является входным для последующего звена.

При логистическом подходе управляющие воздействия прилагаются со сто-

роны единой логистической системы управления к отдельным стадиям технологического процесса. Эти управляющие воздействия формируются исходя из общих целей и критериев эффективности исследуемой логистической цепи таким образом, что выходные параметры сквозного непрерывного материального потока оказываются достаточно предсказуемыми и контролируруемыми (рис. 1-б).

С учетом [1] логистическая схема (ЛСР) доработана и представлена применительно к швейному производству, которая формируется в соответствии с усло-

виями реализации специфических свойств рассматриваемого материального потока. Основными ее элементами являются отдельные логистические функции, позволяющие реализовать ресурсосберегающий потенциал логистики. Главная цель сводится к экономии материальных и трудовых ресурсов. Между элементами ЛСР устанавливаются определенные связи и отношения. Благодаря этому набор элементов превращается в единое целое, где каждый элемент связан со всеми другими, и его свойства не могут быть поняты без их учета.

В свою очередь, свойства ЛСР являются не просто суммой свойств, составляющих ее отдельные элементы, они определяются наличием и спецификой связей и отношением между элементами, то есть их следует рассматривать как интегративные свойства, как целое. Наличие связей или отношений между элементами ЛСР, по сути, порождают интегративные целостные свойства логистической системы. При этом формирующие ЛСР интегративные

свойства должны базироваться на анализе современного состояния рынка.

Анализ эффективности управления материальным потоком позволяет заключить, что более совершенным следует считать подход, базирующийся на использовании ресурсосберегающих резервов логистики. Поскольку внедрение ЛСР на предприятиях легкой промышленности предполагает учет ряда специфических особенностей ее построения, необходимы методология и математический аппарат решения многокритериальной задачи ресурсосбережения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Найданова И.Л.* Разработка ресурсосберегающей технологии изготовления верхней одежды из меха: Дис...канд. техн. наук. – М., 2008.
2. *Новиков О.А., Уваров С.А.* Логистика. Учеб. пособие. – СПб., Издательский дом "Бизнес-пресса", 1999.

Поступила 09.02.09.

---

УДК 667.014.57

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ  
КОМБИНИРОВАННЫХ НИТЕЙ  
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НАКОПИТЕЛЯ**

*М.П. РУДОВСКИЙ, С.В. ПАЛОЧКИН, П.Н. РУДОВСКИЙ*

(ООО "Элайдтестинг" г. Москва,  
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
Костромской государственный технологический университет)

Известно [1], что зависимость сила–деформация для комбинированных нитей в составе с эластановыми нитями носит ярко выраженный нелинейный характер:

$$T = ae^{b\varepsilon+c}, \quad (1)$$

где  $T$  – натяжение нити, сН;  $\varepsilon$  – относительное удлинение нити;  $a$ ,  $b$  и  $c$  – эмпирические коэффициенты, являющиеся случайными величинами.

В реальной конструкции накопителя нити для ее термообработки управляющее

воздействие оказывается не на деформацию нити, выходящей из бункера, а на ее натяжение. В случае детерминированной зависимости сила–деформация можно установить однозначное соответствие между натяжением нити и ее деформацией и при анализе работы системы считать, что воздействие оказывается непосредственно на деформацию выходящей нити [2]. В реальном процессе деформация зависит не только от натяжения нити, но и от ее упругих свойств, которые имеют случайный характер.

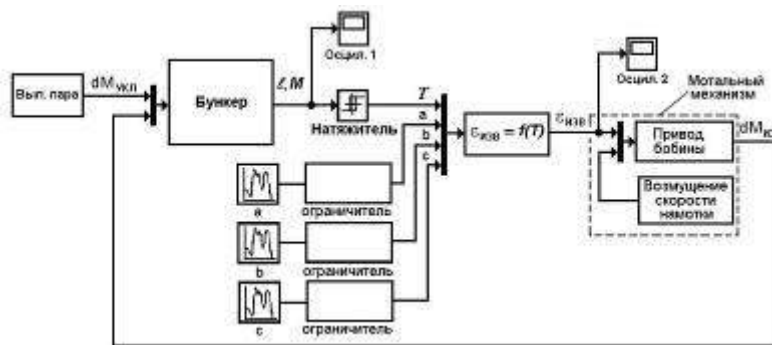


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема статистической модели бункера-накопителя, в состав которой в дополнение к детерминированной модели [2] входят следующие блоки: генераторы случайных значений коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$ , входящих в (1); ограничители этих значений; блок расчета деформации  $\varepsilon_{изв}$  нити по соответствующим

единичным значениям  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $T$  при извлечении ее из бункера.

Генераторы случайных значений реализованы в виде стандартных блоков из пакета моделирования "Simulink", входящего в компьютерную систему "Matlab" [3]. Данные генераторы обеспечивают получение случайных значений коэффициен-

тов  $a$ ,  $b$  и  $c$ , распределенных по нормальному закону. При этом задаваемые для ряда СКНЭ средние значения коэффициентов и их среднеквадратического отклонения получены экспериментально по методике, описанной в [1].

Для устранения возможных нарушений в работе программы при значительных отклонениях значений коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$  от среднего значения в состав модели введены ограничители, которые отсекают значения, выходящие за пределы диапазона  $\pm 3\sigma$ , где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение для соответствующего коэффициента. Учитывая, что в названный диапазон попадает 97% значений [4], введенное ограничение не сказывается существенным образом на работе модели.

Блок расчета деформации обеспечивает определение величины  $\varepsilon_{\text{изв}}$  при единичных значениях  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $T$  по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{b} \left( \ln \frac{T}{a} - c \right), \quad (2)$$

полученной путем соответствующих преобразований из (1).

Установлено [2], что основными технологическими факторами, влияющими на работу накопителя, являются значения относительного удлинения нити при извлечении ее из бункера в период его накопления  $\varepsilon_{\text{изв(н)}}$  и опорожнения  $\varepsilon_{\text{изв(о)}}$ , а также снижение  $g$  средней скорости извлечения нити по отношению к скорости ее укладки.

Поскольку уровни деформации нити задают значениями ее натяжения, то в качестве факторов в машинном эксперименте по поиску рациональных технологических режимов работы накопителя были использованы: силы натяжения нити при ее извлечении из бункера в период накопления  $T_{\text{изв(н)}}$  и опорожнения  $T_{\text{изв(о)}}$  и величина  $g$ .

Уровни варьирования факторов были выбраны из следующих соображений:

– за нижний уровень натяжения принималось натяжение 5 сН, необходимое для извлечения нити из бункера;

– верхний уровень натяжения принимался равным 30 сН, так как при этом усилии во всех вариантах СКНЭ происходит распрямление петель, и дальнейшая деформация нити осуществляется за счет растяжения натуральных компонентов;

– снижение средней скорости извлечения нити по отношению к скорости ее укладки изменялось в диапазоне от 0,01 до 0,1, так как эти уровни соответствуют границам работоспособности системы регулирования.

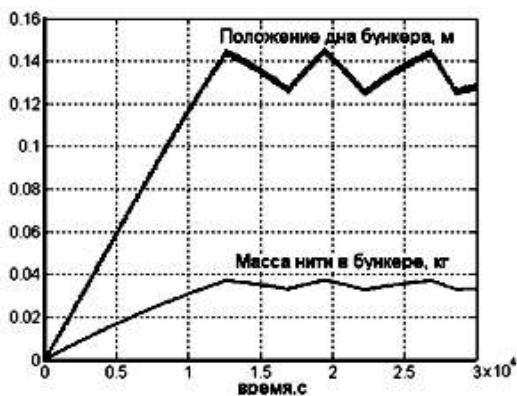
Результаты моделирования были получены в виде графиков изменения положения дна вдоль оси бункера и массы нити в нем.

За наиболее приемлемый режим работы накопителя был принят режим, который обеспечивал продолжительность его стабильной работы в течение более 3,5 ч при возможно меньшей разнице между натяжениями нити  $T_{\text{изв(н)}}$  и  $T_{\text{изв(о)}}$ . Последнее условие было продиктовано условиями формирования намотки.

Уровни варьирования факторов определялись исходя из практической возможности их установки на проектируемом оборудовании. Натяжения изменялись с шагом 5 сН, а снижение скорости – с шагом 1%. Для этого управление натяжителем было реализовано с помощью специальной схемы на основе микропроцессора фирмы "Atmel".

Относительно небольшое количество расчетных точек позволило провести поиск рациональных вариантов просчетом по всем точкам факторного пространства. В процессе просчета значения коэффициентов в деформационной модели принимались постоянными и равными средним значениям.

Определенные таким образом параметры рациональных режимов работы накопителя проверялись на статистической модели. Если при этом случайный характер упругих свойств нити не приводил к нарушению работы системы, то полученные значения технологических параметров принимались в качестве рекомендуемых.



а)



б)

Рис. 2

На рис. 2 (результаты моделирования для варианта СКНЭ №1 при  $T_{изв(н)} = 15сН$ ,  $T_{изв(о)} = 5 сН$ ,  $g = 0,04$ : а – детерминированная модель; б – статистическая модель) приведены графики изменения положения дна бункера и массы нити в нем, получен-

ные с помощью детерминированной и статистической моделей при рекомендуемых технологических режимах для варианта №1 СКНЭ из числа рассмотренных в настоящей работе видов пряжи (табл. 1 – состав образцов СКНЭ).

Таблица 1

Вариант	Состав образцов		
	1	2	3
1	х/б (29 текс)	х/б (29 текс)	спандекс (5 текс)
2	х/б (14 текс)	льняной (56 текс)	спандекс (5 текс)
3	льняной (42 текс)	текстурированный капрон (2,2 текс)	спандекс (5 текс)
4	ПАН (26 текс)	капроновый (2,2 текс)	спандекс (5 текс)

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного математического моделирования работы накопителя установлено, что: диапазон изменения натяжения нити, при котором период смещения дна соизмерим со временем наработки бобины, составляет 5...30 сН, в результате чего смещение дна существенным образом не влияет на натяжение нити, поступающей в намотку; случайный характер деформационных свойств СКРЭ вносит возмущение в работу накопителя, как систему автоматического регулирования, которые следует учитывать при выборе уровней регулирования натяжения нити; режим работы накопителя зависит от деформационных свойств нитей; выбраны натяжение на входе в бункер накопителя и режимы изменения деформации на выходе из него, обеспечивающие стабильную ра-

боту устройства для термообработки нитей с эластомерами.

2. Разработана статистическая модель накопителя нити, необходимая для построения системы автоматического регулирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Палочкин С.В., Рудовский М.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6. С. 16...19.
2. Рудовский М.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6С. С. 106...109.
3. Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1/7+Simulink 5/6. Основы применения. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005.
4. Калинина В.Н., Панкин В.Ф. Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1994.

Рекомендована кафедрой деталей машин и подъемно-транспортных устройств МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 02.04.08.



## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

*Н. О. ВАСИЛЬЕВА, Е. А. НЕЧУШКИНА*

(Красноярский государственный торгово-экономический институт)

Цель исследования состояла в разработке математической модели, позволяющей прогнозировать проницаемость газо- и парообразных техногенных веществ через ткань при комплексном воздействии и изменении показателей окружающей среды (климата).

Проведение эксперимента и получение необходимого набора данных в условиях, приближенных к условиям эксплуатации, обеспечивались разработкой соответствующего устройства и метода [1]. Принципиальными изменениями устройства, по сравнению с аналогами, явились: введение герметичной емкости, содержащей загрязнитель; использование на выходе сменного поглотителя, соответствующего природе загрязнителя; установка нагревательного элемента с терморегулятором в барботере, обеспечивающего достижение заданного уровня влажности воздуха, проходящего через испытываемый образец.

Выбор в качестве объектов хлопчатобумажных и смешанных тканей (хлопок + Пэф) обусловлен их высокой гигроскопичностью, использованием в качестве фильтрационных материалов. Образцы (фильтровальная ткань, ситец, полотно вафельного переплетения, фланель и др.) имели различные значения пористости, %: сквозной (от 6,0 до 32,1), объемной (от 30,1 до 56,2) и общей пористости (от 61,9 до 76,4).

В качестве модельных техногенных сред были приняты фенол, йод и фториды. Факторами, предопределившими использование веществ для проведения эксперимента, являются следующие: нарастающая динамика выброса их в атмосферу, высокая проникающая способность, точность количественного определения веществ, доступность веществ-поглотителей остатков модельных сред для обеспечения безопасности эксперимента [2].

Совокупность данных и зависимостей, подлежащих экстраполяции, включала значения коэффициента пропускания шести образцов ткани для каждого из веществ. Значения коэффициента проницаемости ткани рассчитывались для условий, когда три параметра (один из них  $\tau$  (с) – длительность воздействия) оставались постоянными, один – изменялся: а)  $t, ^\circ\text{C} = \text{const}$ ,  $C$  (г/дм<sup>3</sup>) – концентрация =const;  $v$  (м/с) – скорость (интенсивность) воздушного потока – изменяется; б)  $t, ^\circ\text{C} = \text{const}$ ,  $v$  (м/с) =const;  $C$  (г/дм<sup>3</sup>), – варьирует и т.д. Значения параметров выбирались из реального диапазона: температура от 0 до 50  $^\circ\text{C}$ , концентрация – индивидуально по каждому поллютанту, скорость воздушного потока – до 0,9 м/с (в условиях эксперимента). Полученная модель позволяет экстраполировать результаты во времени.

Первый этап моделирования заключался в описании процесса проницаемости путем построения линейной функции. В линейной функции наиболее гладкую линейную зависимость показала функция по фенолу и фторидам, так как получена наименьшая погрешность (0,1...7,2%). По фторидам линейная зависимость результативного показателя  $F$  (проницаемость) от переменных  $x, y, z$  (параметры процесса) прослеживается слабее – с погрешностью до 18%.

Функция выглядит следующим образом (по видам ткани):

$$F_1 = -0,0084x + 0,2358y + 0,0029z + 0,0076,$$

$$F_2 = 0,1097x + 0,3073y + 0,003z - 0,0087.$$

Первый этап позволил расширить и уточнить знания об исследуемом процессе, определить недостатки, обусловленные принципом построения линейной модели.

На втором этапе была получена нели-

нейная квадратичная функция.

Нелинейная функция, универсальная по отношению к объекту исследования (виду

текстильного материала) и среде (климатической, техногенной), имеет вид:

$$F_{\text{общ}} = 557656,5x - 75323,5y - 2975211z - 21781,1x_i^2 - 68,3747x_i y_i + 20601,87x_i z_i + \\ + 19240,75z_i y_i + 1373,463y_i^2 + 2544786z_i^2 - 0,00001d.$$

Возможности модели и прогноза на ее основе позволяют, во-первых, выявить сочетания значений факторов, при которых количество вещества, прошедшего через ткань, будет не выше предельно допустимой нормы; во-вторых, создавать многослойные фильтровальные материалы с мобильно регулируемым количеством слоев в зависимости от условий сред, а в перспективе – материалы, свойства которых будут адаптироваться к изменениям внешней среды.

## ВЫВОДЫ

Получена математическая модель течения процесса проницаемости газообразных сред, содержащих техногенные вещества, в виде нелинейной квадратичной функции, необходимая для использования при про-

гнозировании свойств проницаемости текстильных полотен как в лабораторных условиях, так и при переносе в натурные условия эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2276345 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08. Устройство для исследования проницаемости волокнисто-пористых материалов и их пакетов /Васильева Н. О. и др. ; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. торг.-экон. ин-т. – № 2005106448/28; заявл. 09.03.05; опубл. 10.05.06, Бюл. № 13. – 2 с. : ил.

2. *Степень Р. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №6. С.15...16

Рекомендована кафедрой коммерции и внешне-экономической деятельности. Поступила 26.11.08.

УДК 677.021

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЬНЯНОЙ ПРЯДИ  
С БИЛОМ ТРЕПАЛЬНОГО БАРАБАНА\***

*С.В. БОЙКО*

(Костромской государственный технологический университет,  
Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур)

В работе Кузьминского А. Б. [1], посвященной изучению процесса трепания льна и особенностям его взаимодействия с билами трепальных барабанов, впервые указано на явление, когда прядь из-за действия сил инерции не давит на поверхность кромки била. Автором представлена зависимость, связывающая суммарную величину сил трения  $\Sigma R$  кромки о рассматриваемый участок пряди с силами, действующими на него [1, с. 56]:

$$\Sigma R = (T_{нб} - T_{ин}) (e^{\mu\beta} - 1), \quad (1)$$

где  $\beta$  – угол обхвата кромки била прядью;  $\mu$  – коэффициент трения;  $T_{нб}$  – натяжение набегающей ветви;  $T_{ин}$  – инерционные натяжения.

При условии равенства нулю первого множителя правой части выражения (1) действие сил трения прекращается, что, по мнению автора, вызвано отходом пряди от поверхности кромки била.

Однако, исследуя реальное поведение пряди, Кузьминский А.Б. установил, что "...полного прекращения соприкосновения пряди с кромкой при этом все же не происходит, так как хотя прядь и пролетает мимо кромки, так сказать, сама собою, за счет ранее накопленной кинетической энергии, – кромка в своем движении пере-

секает направление движения набегающей ветви, поворачивает ее и давит на набегающую ветвь с силой, необходимой для поворачивания..." [1, с. 57] (рис. 1 – общая схема расположения пряди относительно кромки).

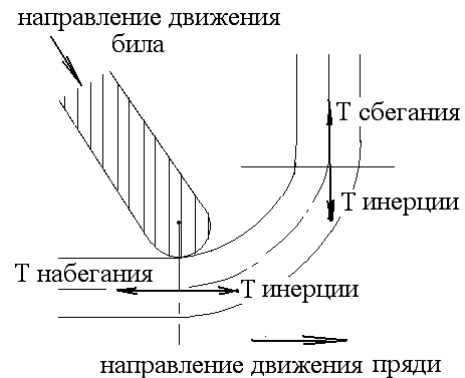


Рис. 1

В итоге очевидна цикличность (не стабильность) взаимодействия: при определенных условиях контакт теряется, но далее он восстанавливается. При этом могут возникать полезные (с технологической точки зрения) явления. Со сходной цикличностью будет изменяться кривизна пряди и ее объемная плотность, что позволит улучшить условия для выхода из волокнистой массы костры.

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

В работе [2] рассмотрено явление, аналогичное указанному выше. В ней автор без ссылок на результаты работы [1] вводит понятие нестабильного контакта пряжи с кромкой. При этом утверждается, что такой режим обработки "...чрезвычайно выгоден, поскольку силы натяжения пряжи в точке ее зажима не увеличиваются из-за взаимодействия с кромкой, на которой выполняется это условие и, следовательно, трепальному барабану можно придать большую частоту вращения, иметь большее количество воздействий бил на материал или сократить длину трепального барабана, т.е. уменьшить габариты, массу, стоимость машины..." [2, с. 42].

Таким образом, существуют две разные трактовки результатов рассмотренного явления, связанного с потерей сил трения кромки била при перемещении по ней пряжи, а также два объяснения технологических последствий при его реализации. Согласно положениям [1] с увеличением частоты вращения барабана при указанном явлении будет наблюдаться рост сил натяжения пряжи (так как постоянного отрыва пряжи от поверхности кромки не происходит), а согласно выводам из [2] – увеличения натяжения не будет наблюдаться, поскольку силы трения о кромку исчезнут.

Для подтверждения той или иной точки зрения было проведено исследование взаимодействия пряжи с кромкой била с возникновением указанного явления. Используя новый метод расчета силовых и кинематических параметров процесса трепания, основанный на синтезе теории удара твердого тела и механики нити [3], было осуществлено моделирование указанного взаимодействия. Обработываемая прядь была представлена в виде совокупности точек, соединенных между собой связями. Плотность точек на единицу длины пряжи принимали 1 шт/мм. Процесс трепания осуществляли двумя трепальными барабанами, вращающимися с частотой 300 об/мин. Радиус закругления кромки била равен 3 мм. Длину пряжи в поле трепания принимали равной 60 см.

Существо расчетного эксперимента заключалось в отслеживании количества точек соприкосновения пряжи с поверхностью кромки била. Контролировали условия взаимодействия от момента начала соприкосновения пряжи с билом до момента схода ее с этого же била в нижней части поля трепания.

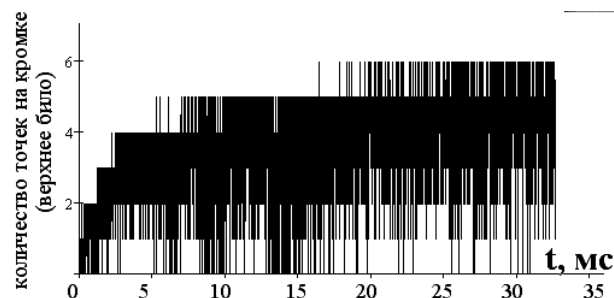


Рис. 2

На рис. 2 представлен график зависимости количества точек контакта за время взаимодействия била с модельной прядью в поле трепания при частоте вращения барабана 300 об/мин. Черная вертикальная полоса характеризует количество точек контакта. Из анализа графика следует, что в основном происходит контакт с 2...5 точками модельной пряжи (применительно к реальной пряди это составляет 1...4 мм длины). В некоторые моменты времени прядь теряет контакт с кромкой била. Однако это наблюдается не постоянно, что подтверждает правомерность выводов Кузьминского А.Б. в [1].

Был осуществлен другой расчетный эксперимент. Исследовали особенности взаимодействия при частоте вращения барабана 3000 об/мин. Модельный эксперимент допускал такие условия трепания без разрыва волокна вблизи его зажима. При этом параметры волокнистой пряжи соответствовали условиям предыдущего расчета. Результаты контроля и учета точек контакта представлены на рис. 3 (изменение количества точек контакта модельной пряжи с билом в поле трепания при частоте вращения барабана 3000 об/мин).

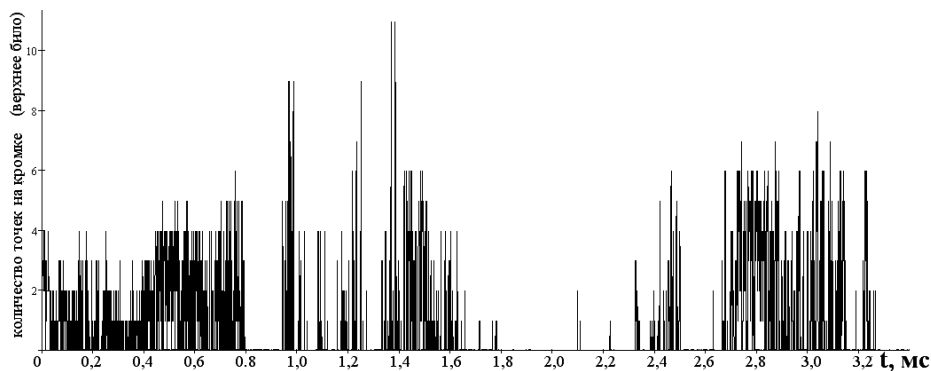


Рис. 3

В отличие от первого расчетного эксперимента количество случаев потери контакта пряжи с поверхностью била значительно возросло. Однако полного отрыва пряжи от била также не происходит. В течение всего рассматриваемого периода в основном имеет место цикличность процесса контакт – отсутствие контакта. Параллельно этому проводили контроль сил натяжения пряжи вблизи зоны ее зажима. Установлено, что с ростом частоты вращения барабанов происходит соответствующее увеличение сил натяжения пряжи, что не подтверждает выводы работы [2] о прекращении действия сил трения пряжи о кромку била.

Таким образом, по результатам моделирования процесса взаимодействия закрепленной одним из концов льняной пряжи с билами вращающегося трепального барабана подтверждена правомерность заключения Кузьминского А.Б. об отсутствии постоянного отрыва пряжи под действием сил инерции в условиях повышенных относительных скоростей. Из-за различий

в траекториях движения била и участков пряжи, опирающихся на кромку, наблюдается кратковременный отрыв с последующим восстановлением контакта. На продолжительность отрыва, по мнению Кузьминского А.Б., также будут влиять силы сопротивления пряжи при перемещении ее в воздушной среде, что также подтверждается результатами численного эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминский А.Б. Теоретические основы процесса трепания лубяных волокон. – М.: Гизлегпром, 1940.
2. Дьячков В.А. Проектирование трепальных машин.–Кострома, 2000.
3. Бойко С.В., Волков Д.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С. С. 45...49.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 01.07.08.

УДК 633.521.002.237

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ ЛЬНА ПО ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ВОЛОКНА

Л.В. ПАШИНА, Е.Л. ПАШИН

(Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур,  
Костромской государственной технологической университет)

В решении проблемы повышения качества льняного волокна, как сырья для текстильной промышленности, особое значе-

ние имеют селекционные сорта с улучшенными прядильными свойствами. При их создании требуются совершенные ме-

тоды оценки показателей качества волокна, обеспечивающие прогнозирование технологических и эксплуатационных характеристик материалов, получаемых при его переработке. К числу последних относят изгибную жесткость, которая в настоящее время оценивается с использованием прибора Г-2 [1]. Суть известного метода заключается в определении стрелы прогиба концов консольно закрепленных участков волокна под действием силы их тяжести в условиях статического нагружения. Однако в этом случае не учитываются особенности поведения волокна при динамических нагрузках.

В целях совершенствования указанного метода испытания был разработан способ оценки изгибной жесткости волокна, исключающий указанные недостатки. При его реализации анализируемая проба волокна подвергается знакопеременному изгибу. Конечная оценка является эквивалентом затраченной работы на совершение деформации изгиба.

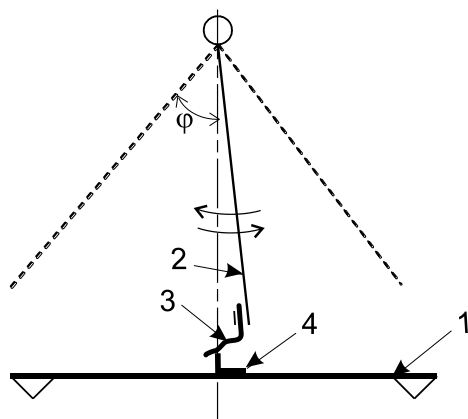


Рис. 1

Для осуществления нового способа испытания было предложено специальное лабораторное устройство для оценки изгибной жесткости льняного волокна (рис. 1), состоящее из основания 1 и маятника 2, на свободном конце которого закреплена проба волокна 3. При испытании проба, в процессе качения маятника, подвергается знакопеременному изгибу путем соприкосновения и деформирования относительно опоры 4. Испытания начинают при начальном отклонении маятника на

угол  $\varphi$ . Конечной оценкой изгибной жесткости (А) предложено считать количество качений маятника до его полной остановки.

При предварительных испытаниях были определены условия нагружения волокна, обеспечивающие наилучшее сходство результатов и корреляционную взаимосвязь с изгибной жесткостью, определенной по стандартному методу. После этого исследовали пять селекционных сортов льна-долгунца, отличающихся по своим технологическим свойствам. Испытывали волокно, выделенное из верхушечной, средней и комлевой частей стеблей моченцовой и стланцевой тресты. Опыты проводили по типовой схеме трехфакторного дисперсионного анализа. Фактор 1 – тип тресты (Ф1): волокно из стланцевой и моченцовой тресты. Фактор 2 – зона стебля по его длине (Ф2): вершина, середина, комель. Фактор 3 – селекционный сорт (Ф3): А-93, Алексим, Зарянка, Ленок и Могилевский-2.

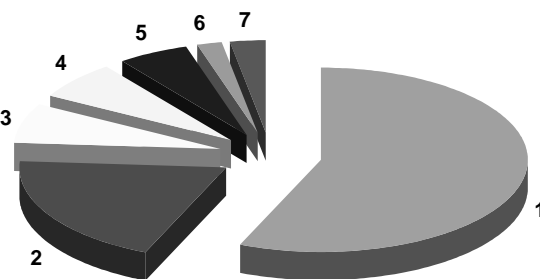


Рис. 2

Выявлена статистическая значимость (при  $P = 95\%$ ) исследуемых факторов и их взаимодействий. Количественное влияние их на изменение оценки изгибной жесткости (А) представлено на рис.2 (влияние исследуемых факторов и их взаимодействий на изменчивость оценки изгибной жесткости волокна (1 – тип тресты; 2 – зона стебля по его длине; 3 – селекционный сорт; 4 – взаимодействие Ф1\*Ф2; 5 – взаимодействие Ф1\*Ф3; 6 – взаимодействие Ф2\*Ф3; 7 – взаимодействие Ф1\*Ф2\*Ф3)). Наибольшее влияние оказывает тип тресты. Далее следуют факторы зоны стебля по его длине и селекционного сорта. Сходны по

степени влияния с фактором Ф3 его взаимодействия Ф1\*Ф3 и Ф2\*Ф3.

С учетом полученных данных были исследованы закономерности изменения оценки А у анализируемых селекционных сортов (рис. 3 – оценка изгибной жесткости селекционных сортов льна), а также изменения этой же оценки для каждого сорта с учетом влияния типа тресты (рис. 4) и зоны стебля по его длине (рис. 5).

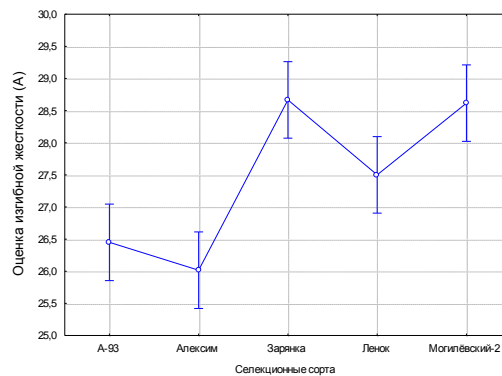


Рис. 3

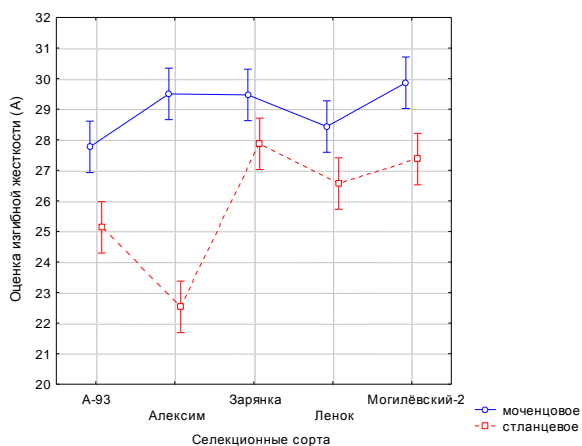


Рис. 4

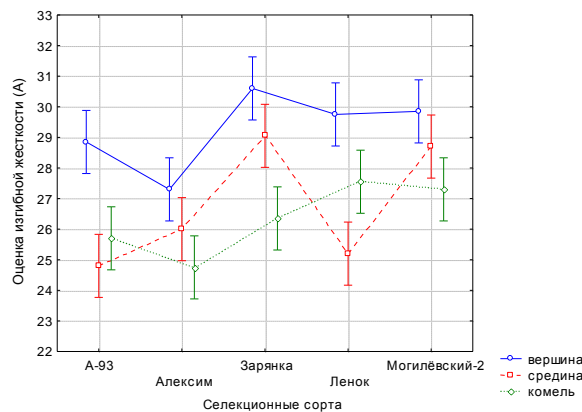


Рис. 5

Как следует из рис. 3, предложенная оценка изгибной жесткости обеспечивает дифференциацию исследуемых селекционных сортов. Наилучшая гибкость наблюдается у сортов Зарянка и Могилевский-2. Наихудшая – у сорта Алексим.

Сравнивая изменение оценки А для волокна, выделенного из тресты разного типа, следует отметить лучшую гибкость моченцового льна (рис. 4). Вероятно, это связано с недостаточной степенью вылежки стеблей стланцевой тресты. Примечательны различия по оценке А между моченцовым и стланцевым волокном у разных селекционных сортов. Это обстоятельство свидетельствует об отличиях преобразования стеблей соломы в тресту у разных сортов. Так, из рис. 4 следует, что наибольшая указанная разница имеется у сорта Алексим, а у Зарянки – наименьшая.

Следовательно, технологическую ценность сортов необходимо выявлять при условии испытания того типа тресты, который используется на практике. В противном случае возможно возникновение

ошибок при выборе лучших сортов льна по предлагаемой оценке изгибной жесткости.

Подтверждением данного заключения являются также результаты распределения оценки А для разных зон по длине стебля (рис. 5). Ее изменение у каждого сорта по зонам стебля происходит по-разному. При этом имеют место следующие общие закономерности. Более мягкое волокно у всех сортов находится в верхушечной части стебля. В комле изгибная жесткость достоверно ниже, чем в вершине. Однако сравнение волокна из средней и комлевой частей не дает однозначных различий. Более того, волокно отдельных сортов (Ленок и А-93) из комлевых участков является менее жестким, чем в середине стеблей.

Важное значение для получения однородного по физико-механическим свойствам волокна имеет величина варьирования исследуемой оценки А по зонам длины стебля. Наименьшее варьирование оценок наблюдается у сортов Могилевский-2 и Алексим. Волокно этих сортов следует

признать более однородным по длине. Сорт Ленок – наихудший, так как различия между гибкостью волокна в средней зоне стебля и его вершине статистически достоверны. Такие результаты позволяют считать целесообразным проведение оценки технологической ценности льна с учетом различия их свойств по длине стебля, что в отличие от существующей методики оценки в системе государственного сортоиспытания [2] позволит получать более объективные данные о прядильной способности содержащегося в них волокна.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенный способ испытания льняного волокна по его изгибной жесткости в условиях динамических воздействий на основе знакопеременного изгиба позволяет осуществлять дифференциацию сор-

тов. Лучшими из изучаемых сортов по данному показателю являются сорта Зарянка и Могилевский-2.

2. Установлена целесообразность оценки изгибной жесткости волокна, выделенного из разных зон по длине стебля. Это позволит повысить информативность результатов анализа вследствие учета ее варьирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Городов В.В., Лазарева С.Е., Лунев И.Я. и др. Испытания лубоволокнистых материалов. – М., 1969.

2. Арно А.А., Гращенко М.Г., Ишков С.А. и др. Методики технологической оценки продукции льна и конопли. – М., ВАСХНИЛ, 1961.

Рекомендована лабораторией стандартизации и сертификации информационных технологий ВНИИЛК. Поступила 01.10.08.

УДК 677.21.021

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛКОВ РАБОЧЕГО БАРАБАНА ОЧИСТИТЕЛЯ С ЧАСТИЦАМИ ХЛОПКА-СЫРЦА, ИМЕЮЩИМИ ВОЛОКНИСТЫЕ СВЯЗИ, ПРИ НЕЦЕНТРАЛЬНОМ УДАРЕ

*Х.И. ИБРОГИМОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ*

(Костромской государственной технологической университет)

Вопросы нецентрального удара колка по летучке хлопка-сырца в очистителях мелкого сора ранее рассматривались в работах профессоров Р.З.Бурнашева [1] и Р.Г.Махкамова [2].

В отличие от работ [1] и [2], где моделируется нецентральный удар колка по частице хлопка-сырца (как удар рабочего органа о сферу), обладающей упруго-пластическим свойством на сжатие, проведем исследование процесса взаимодействия колка с частицей, имеющей связь с холстом или с другими частицами.

Рассмотрим модель взаимодействия колка с частицей хлопка-сырца, имеющей волокнистую связь с холстом, сформиро-

ванным питающими валиками. Эту связь представим в виде равнодействующей силы  $P_c$ , приложенной в точке  $O_2$ . Такая модель показана на рис.1. На частицу (летучку) 1 действует движущийся со скоростью  $V_0$  колок 2. Допустим, что частица хлопка-сырца имеет форму шара радиусом  $r_l$ , со стороны волокнистых связей с холстом на частицу действует сила  $P_c$ . Колок движется относительно частицы с дезаксиалом  $e$ . Начальный контакт колка с частицей происходит в точке А. Поместим в точку А начало координат  $XOY$ . Согласно правилам переноса сил силу  $P_c$  перенесем в точку А. Тогда на частицу дополнительно будет действовать момент:



$$M = P_c b = P_c r_{\text{д}} \sin \alpha,$$

$$P \sin \alpha \leq \mu P \cos \alpha. \quad (3)$$

где  $\alpha$  – угол встречи колка с частицей.

Этот момент приведет к скручиванию волокнистых связей.

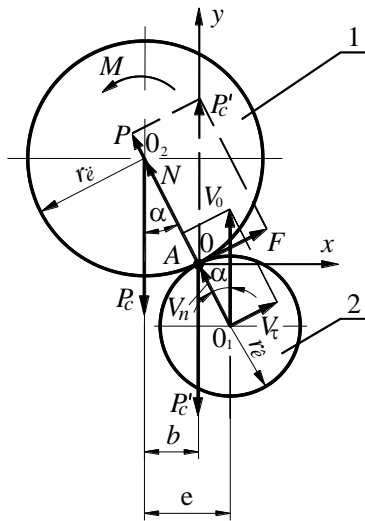


Рис. 1

В точке А будут также действовать силы  $\vec{P}$  и  $\vec{F}$ , проекции которых на ось ОУ противодействуют силе  $P'_c$ , приложенной в точке А. Нормальная реакция Р старается оттолкнуть частицу от колка влево, а сила трения F стремится ее удержать. Кроме того, сила трения F создает дополнительный момент, который старается повернуть летучку (частицу). Найдем ширину зоны "b" (рис.1), в которой частица будет удерживаться на колке и транспортироваться в направлении скорости  $V_0$  колка. Для этого спроектируем силы на ось ОХ, тогда условие удержания частицы будет:

$$P \sin \alpha \leq F \cos \alpha, \quad (1)$$

где Р и F – реакция и сила трения колка о частицу хлопка соответственно,

$$F = \mu P, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения колка о частицу хлопка-сырца.

С учетом (2) выражение (1) переписывается так:

Сокращая на Р и деля обе части на  $\cos \alpha$ , получим:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \mu, \quad (4)$$

так как

$$\mu = \operatorname{tg} \rho,$$

где  $\rho$  – угол трения колка о хлопок. После этого получим следующее выражение:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \rho \text{ или } \alpha \leq \rho. \quad (5)$$

Условия (5) говорят о том, что если угол встречи,  $\alpha$  не будет превышать угол трения, то частица будет захвачена колком и будет перемещаться вдоль оси ОУ, то есть вдоль колосниковой решетки.

Назовем угол встречи, равный углу трения, критическим:

$$\alpha_k = \rho. \quad (6)$$

Тогда можно определить ширину зоны, в которой встреча колка с частицами обеспечит их транспортирование

$$b = r_{\text{д}} \sin \alpha = r_{\text{д}} \sin \rho. \quad (7)$$

С другой стороны (со стороны колка), имеем:

$$b = e - r_{\text{к}} \sin \alpha. \quad (8)$$

Приравнявая (7) и (8) получаем:

$$e - r_{\text{к}} \sin \alpha = r_{\text{д}} \sin \alpha. \quad (9)$$

Отсюда определим взаимосвязь радиуса колка с размерами частиц хлопко-сырца:

$$r_{\text{к}} = (e - r_{\text{д}} \sin \alpha) / \sin \alpha. \quad (10)$$

Зависимость (10) говорит о том, что размеры колков, их диаметр должны быть

строго увязаны с размерами частиц хлоп-ка-сырца, со степенью его разрыхленно-сти. Можно более подробно исследовать зависимость между размерами частиц, диаметром колков ( $2r_k$ ) и критическим значением дезаксиала. Критическое значе-ние дезаксиала  $e_k$  можно найти из условия  $\alpha = \rho$ . Тогда:

$$e_k = b + r_k \sin \rho, \quad (11)$$

или с учетом (7):

$$e_k = r_l \sin \rho + r_k \sin \rho = (r_l + r_k) \sin \rho. \quad (12)$$

Частицы хлопка, которые будут взаи-модействовать с колками за пределом зоны "b" (по оси OX вдоль оси колкового бара-бана), будут подвержены более высоким крутильным воздействиям. По этой при-чине связи частиц будут перекручиваться и будут образовываться жгуты. Определим величину зоны (по длине колкового бара-бана), в которой волокнистые связи будут подвержены скручиванию.

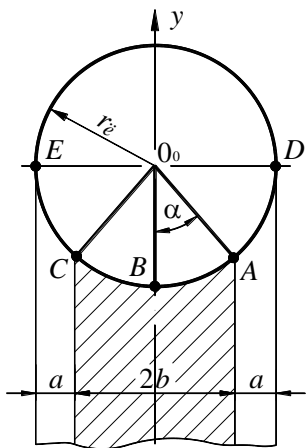


Рис. 2

Рассмотрим рис.2, где изображено се-чение частицы хлопка-сырца. Ширина зо-ны  $2b$  (заштрихована) определяет зону, где захват колками частицы будет надежным и она будет транспортироваться по колосни-ковой решетке. Зоны вдоль дуг AD и CE определяют участки, где при взаимодей-ствии частицы с колком она будет подвер-жена активному скручиванию. Обозначим эти зоны через "a", тогда

$$\begin{aligned} a &= r_l - b = r_l - e + \\ &+ r_k \sin \alpha = r_l + r_k \sin \alpha - e = \\ &= r_l - r_l \sin \rho = r_l (1 - \sin \rho). \end{aligned} \quad (13)$$

Зная рабочую длину колкового бараба-на, шаг расстановки колков, можно опре-делить вероятность того, что частицы хлопка-сырца будут скручиваться, проходя обработку колковым барабаном на одной секции.

На рис.3 показана схема частичной раз-вертки колкового барабана с рабочей дли-ной  $l$  и рядами колков. Шаг между кол-ками в одном ряду равен  $h$ . Зона обраб-отки одним колком по длине барабана со-ставляет величину  $h_1$ :

$$h_1 = 2r_l + 2r_k. \quad (14)$$

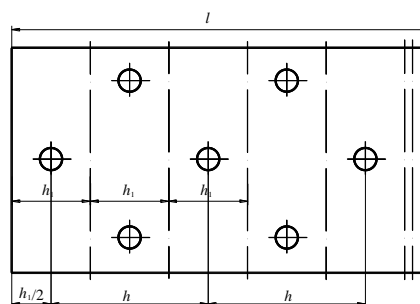


Рис. 3

Если зоны смежных рядов колков не перекрываются, то шаг расположения кол-ков в каждом ряду будет равен:

$$h = 2h_1 = 4(r_l + r_k). \quad (15)$$

В случае, если зоны обработки колками в смежных рядах перекрываются, то

$$h = 2h_1 - 2\Delta, \quad (16)$$

где  $\Delta$  — величина перекрытия зон в смеж-ных рядах.

Определим полную секундную пло-щадь колкового барабана:

$$S_0 = lV_0, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (17)$$

где  $V_0$  – скорость колкового барабана;  
 $\ell$  – рабочая длина барабана.

Тогда с учетом шага колков и их количества будем иметь

$$S_0 = zhV_0. \quad (18)$$

Величина секундной площади, приходящейся на зону, в которой частицы будут скручиваться, определится так:

$$S_k = 2azV_0. \quad (19)$$

Вероятность того, что определенное количество частиц (летучек) будет подвержено скручиванию, определится из выражения

$$p = \frac{S_k}{S_0} = \frac{2azV}{zhV} = \frac{2a}{h}. \quad (20)$$

С учетом выражения (13) получим

$$p = \frac{2r_l}{h}(1 - \sin\rho). \quad (21)$$

Анализируя (21), отметим, что для уменьшения вероятности зажгучивания следует увеличивать шаг колков. Но шаг колков связан и с эффективностью обработки, поэтому в этом случае необходимо учитывать условие, налагаемое выражением (15). Тогда:

$$p = \frac{r_l}{2(r_l + r_k)}(1 - \sin\rho). \quad (22)$$

Выражение (22) носит фундаментальный характер, так как оно учитывает как размеры частиц, так и размеры колков, а также их фрикционные свойства.

Рассмотрим пример. Пусть  $r_l = 20$  мм,  $2r_k = 10$  мм,  $\text{tgr} = 0,2$ . Тогда:

$$p = \frac{20}{2(20 + 5,0)}(1 - 0,15) = 0,34.$$

Это означает, что при таких параметрах хлопковых частиц и размере колков до 34% частиц будет подвержено воздействию скручивания. Поэтому, вопрос следует решать так: либо применять плоские колки, либо осуществлять переход от круглых колков к лопастным барабанам, либо делать колки из секторов трубы большего, чем колки, диаметра и др.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных исследований можно отметить, что большинство частиц хлопка-сырца при очистке в очистителях мелкого сора со стороны колкового барабана испытывают нецентральный удар, который может приводить к дополнительному угловому смещению частиц и закручиванию волокнистых связей. Определена вероятность того, что при существующих параметрах очистителей до 34% частиц хлопка-сырца, проходящих обработку на одном колковом барабане, подвержены крутящим воздействиям. Намечены пути уменьшения таких негативных последствий при обработке хлопка на очистителях мелкого сора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурнашев Р.З.* Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца: Дис....докт. техн. наук. – Ташкент, 1983.
2. *Махкамов Р.Г.* Повышение технологической надежности хлопкоочистительных машин, работающих в ударном режиме. – Ташкент. Изд-во "Фан", 1989.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 01.12.08.

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ТРЕПАЛЬНОЙ СЕКЦИИ АГРЕГАТА АЛС-1 И УСТРОЙСТВЕ ОТДЕЛЕНИЯ НЕСВЯЗАННОЙ КОСТРЫ

Э.В. НОВИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

В зоне одностороннего трепания агрегата АЛС-1 установлены направляющий козырек и трепальный барабан, в зазоре которых обрабатывается волокно-сырец [1], [2]. При вращении барабана в зазоре образуется поток воздуха, направленный вдоль козырька, который влияет на процесс обескостривания длинного волокна. В агрегате также применено устройство для отделения несвязанной костры из отходов трепания, которое позволяет увеличить номер короткого волокна [2...5]. Однако для дальнейшего изучения процесса очи-

стки волокна и отходов трепания необходимо знать законы изменения скорости воздуха в зоне одностороннего трепания и в устройстве отделения несвязанной костры из отходов трепания. Подобные исследования проводились в работе Сулова Н.Н., но для агрегата марки МГА-1Л [5].

Целью настоящей работы является изучение законов изменения скорости воздуха в зоне одностороннего трепания (в зазоре между направляющим козырьком и барабаном) в агрегате АЛС-1, а также в устройстве отделения несвязанной костры.

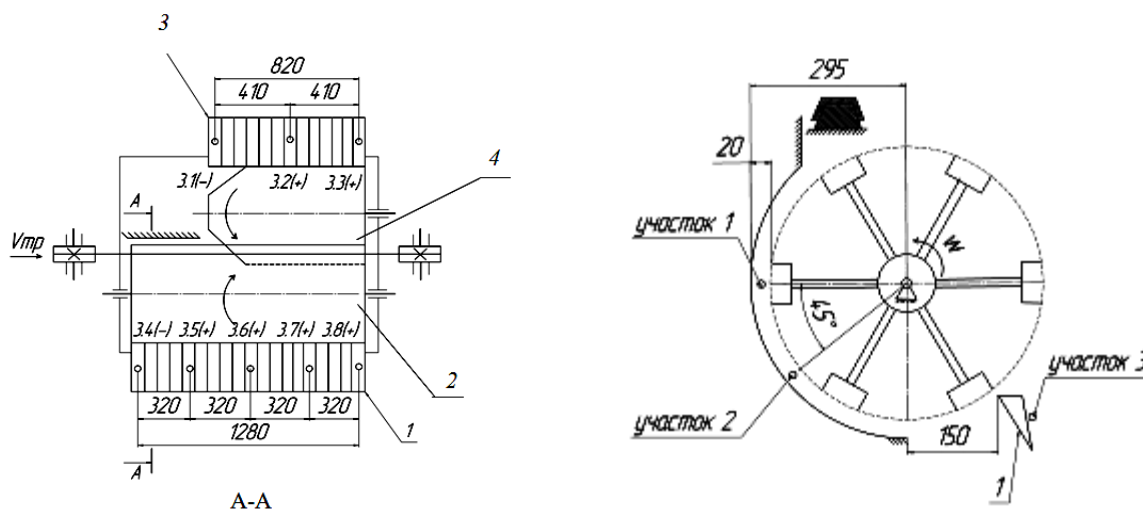


Рис. 1

На рис.1 представлена схема трепальной секции агрегата АЛС (вид сверху) и устройства для отделения несвязанной костры с указанием точек замера и скоростей воздуха, где 1 – устройство отвода костры, установленное вдоль длинного барабана 2; 3 – устройство отвода костры, установленное вдоль короткого барабана 4 (размеры указаны в мм).

Во время замеров система пневмотранспорта отходов трепания не функционировала.

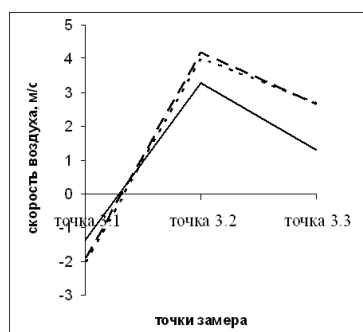
По результатам экспериментов выяснено, что скорость воздуха в зазоре на участках 1 и 2 (рис.1) в зависимости от частоты вращения трепального барабана изменяется линейно по следующему закону:

$$v = 0,0133n, \quad (1)$$

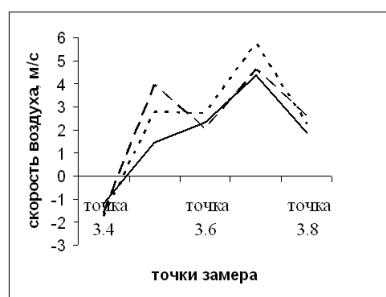
где  $v$  – скорость воздуха в зазоре, м/с;  $n$  – частота вращения трепального барабана,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $n=0 \div 350 \text{ мин}^{-1}$ .

Скорость воздуха в зазоре при частоте вращения трепального барабана от 0 до 350 мин<sup>-1</sup> изменяется от 0 до 4,6 м/с и практически не меняется на участках 1 и 2. При рабочей частоте вращения барабанов 280÷350 мин<sup>-1</sup> скорость воздуха в зазоре изменяется в интервале 3,6÷4,6 м/с.

На рис. 2 показаны результаты измере-



а)



б)

Рис. 2

Результаты, представленные на рис. 2, показывают, что скорость воздуха в устройстве, вдоль короткого и длинного барабанов распределяется неравномерно. В начале обоих барабанов (в точках 3.1 и 3.4) наблюдается всасывание воздуха в трепальную секцию, поэтому скорости имеют отрицательные значения  $-1,2 \div -2$  м/с (рис.2-а и рис.2-б). В середине и в конце трепальных барабанов скорость воздуха постепенно возрастает и переходит в нагнетательный режим (знак "+"), то есть имеет место выброс воздуха из секции, при этом скорость изменяется от 3,5 до 4,5 м/с. Далее по всей длине барабанов скорость изменяется в интервале 1,3÷5,7 м/с. Необходимо также отметить, что характер изменения скорости воздуха в устройстве отделения костры вдоль короткого барабана и в трех точках по длинному барабану (точки 3.6, 3.7 и 3.8), то есть в зонах двустороннего трепания, аналогичен.

На рис.3 показано изменение скорости воздуха по ходу вращения трепального барабана в зоне одностороннего трепания при частоте вращения 350 мин<sup>-1</sup>. Скорость воздуха на участке 3 взята для точки 3.5 (рис. 2-б).

Рис. 3 свидетельствует, что скорость воздушных потоков между трепальным

барabanом и направляющим козырьком практически не изменяется по длине козырька и имеет значения 4,5÷4,6 м/с. На выходе из устройства отделения наблюдается снижение скорости воздуха до 2,8 м/с, то есть на 39%.

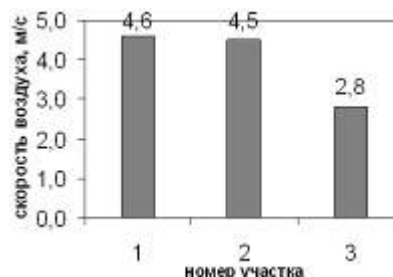


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. Изучены законы изменения скорости воздуха в зоне одностороннего трепания и в устройстве отделения несвязанной костры из отходов трепания. Скорость воздуха в зазоре между направляющим козырьком и бильными планками в зависимости от частоты вращения трепального барабана изменяется линейно и при рабочей частоте вращения барабана 280÷350 мин<sup>-1</sup> находится в интервале 3,6÷4,6 м/с. Скорость воздуха в устройстве отделения несвязан-

ной костры вдоль короткого и длинного барабанов распределяется неравномерно.

2. Результаты работы могут быть полезны для дальнейших исследований воздушных потоков, образующихся в трепальных секциях, изучения процесса очистки волокна, а также для разработки систем пневмотранспорта костры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины: дис... канд. техн. наук. – Кострома, 1998.

2. Инатов А.М., Новиков Э.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, №3.

3. Новиков Э.В., Ершова А.П. Устройство отвода несвязанной костры в зоне свободного трепания

трепальной машины агрегата АЛС-1 // Тез. Междунар. научн.-техн. конф.: Лен 2004. – Кострома: КГТУ, 2004.

4. Ершова А.П., Новиков Э.В. Система отвода несвязанной костры в агрегате АЛС-1 // Тез. Междунар. научн.-техн. конф.: Лен 2006. – Кострома: КГТУ, 2006.

5. Ершова А.П., Новиков Э.В. Технология очистки отходов трепания // Тез. Десятой Юбилейной Междунар. научн.-практ. конф.: Высокоэффективные разработки и инновационные проекты в льняном комплексе России. – Вологда, 2007.

6. Сулов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис... док. техн. наук. – М.: Московский текстильный ин-т., – 1961.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 10.12.08.

УДК 677.021

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНАТОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛЬНА

Н.М. ФЕДОСОВА, С.М. ВИХАРЕВ, В.А. БОЛОНКИН

(Костромской государственный технологический университет)

Анализ методов оценки анатомического строения льна позволил выделить в качестве изучаемых характеристик параметры волокнистых пучков (форма и размеры), поскольку они лучше других поддаются автоматизации [1].

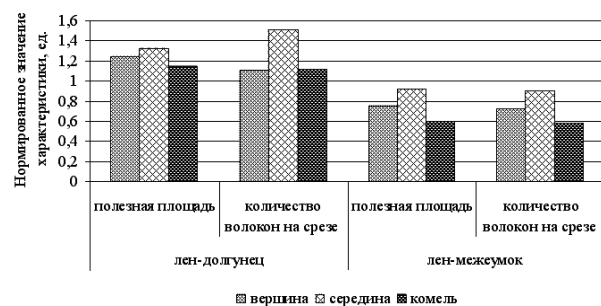


Рис. 1

Основные показатели, которые исследовались, это отношение площади волокнистых комплексов к общей площади среза стебля (рис. 1 – результаты анатомического анализа поперечных срезов льняных

Перед проведением анализа поперечных срезов льняных стеблей с применением разработанных программных средств [1] они были подвергнуты анатомическому изучению по общепринятой методике вручную под микроскопом [2].

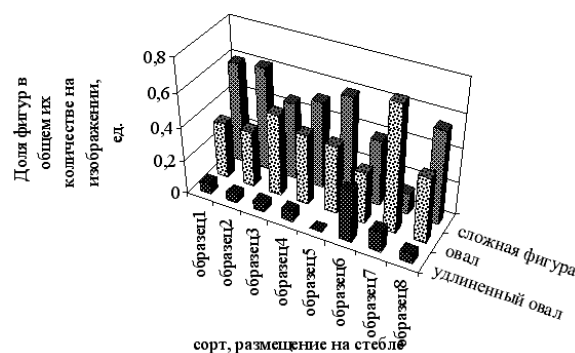


Рис. 2

стеблей, проведенного вручную и с применением программного комплекса) и форма волокнистых пучков на срезе (рис. 2 – определение формы волокнистых пучков (образец 1-образец 8 – срезы стеблей раз-

личных селекционных сортов льна)). Форма пучков определяется по пяти основным геометрическим фигурам: окружность, овал, удлинённый овал, прямоугольник, сложная фигура (не поддающаяся классификации на данном уровне определения формы). В настоящее время разработанные программные средства позволяют определять пучки только правильной геометрической формы, а сложные очертания, например, полиморфно-тангентальные и тангентальные пучки, определяют как сложные фигуры (рис. 2).

Сравнение существующего метода оценки количества волокнистых веществ в образце (количество волокон на срезе) с вновь предложенным автоматизированным способом (полезная площадь, занимаемая волокнистыми пучками) показало наличие средней корреляции между числом волокон на срезе и их площадью (рис. 2).

Важной характеристикой качества анатомического строения льна является степень одревеснения волокон, которая оказывает влияние на физико-механические свойства волокна, получаемого в процессе первичной обработки. Применяемая в настоящее время методика определения степени одревеснения предполагает подсчет на срезе количества элементарных волокон, связанных поясками одревеснения,  $n_{\text{одр}}$  и общего их количества на срезе  $n_{\text{общ}}$ . Степень одревеснения волокон  $O$  определяется по следующей формуле:

$$O = n_{\text{одр}} \cdot 100 / n_{\text{общ}}, \% \quad (1)$$

Однако размеры элементарных волокон как внутри пучков, так и в целом на срезе очень сильно варьируют, размер поперечника соседних волокон может отличаться в несколько раз. Степень одревеснения волокон, с этой точки зрения, не всегда соответствует реальности. Более корректно было бы определение степени одревеснения волокон путем отнесения площади одревесневших участков  $S_{\text{одр}}$  к общей площади, занимаемой на срезе волокнистыми пучками  $S_{\text{пучк}}$ :

$$O = S_{\text{одр}} \cdot 100 / S_{\text{пучк}}, \% \quad (2)$$

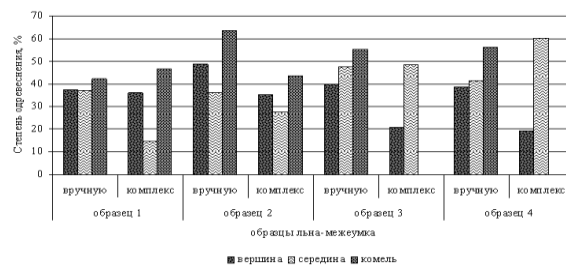


Рис. 3

Разработанные программные средства позволяют определять область одревеснения на изображении пучка и вычислять ее значение. Представленные результаты (рис. 3 – результаты определения степени одревеснения волокон в пучках, проведенного вручную и с применением программного комплекса) свидетельствуют о значительных различиях результатов определения степени одревеснения волокон (вручную (1) и с помощью программного комплекса (2)) между образцами и в разных зонах по длине стебля. Это вызвано, прежде всего, значительной неоднородностью элементарных волокон по форме и размерам, характерной для льнов межуточной группы.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали возможность оценки анатомических параметров стебля по изображению его поперечного среза с использованием автоматизированных устройств, вычислительной техники и современного программного обеспечения, что позволяет повысить точность определения анатомических характеристик и в целом снизить трудоемкость анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федосова Н.М., Болонкин В.А., Вихарев С.М. Обоснование метода автоматизированного прогнозирования технологической ценности льна. // Вестник КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2007, №15. С.26...28.
2. Федосова Н.М., Пешкова А.С. Анатомическое строение масличного льна // Достижения науки и техники АПК. – 2005, № 10.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 01.12.08.

УДК 677. 11. 014. 022. 35

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РОВНИЦЫ  
И ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА  
НА ОБРЫВНОСТЬ В ПРЯДЕНИИ***Е.А. ПЕСТОВСКАЯ, А.Н. ИВАНОВ***(Костромской государственный технологический университет,  
Научно-внедренческий центр «Блеск» (г. Кострома))**

Ранее в [1] и [2] на основе рассмотрения молекулярно-кинетических закономерностей процесса дробления технических комплексов льняных волокон в мокром прядении льна была установлена функциональная зависимость обрывности в вытяжном приборе от долговечности комплексов волокон и времени активного вытягивания ровницы, а также показана их взаимосвязь с химическим строением волокон.

Для подтверждения достоверности предложенных зависимостей нами была экспериментально исследована обрывность образцов льняной ровницы с различным химическим составом волокон. В первой серии экспериментов было исследовано влияние продолжительности сульфитной варки льняной ровницы линейной плотности 666 текс (№1,5) на обрывность при выработке пряжи 46 текс на прядильной машине ПМ-88-Л5. При сульфитной варке ровницы в щелочной среде стенки элементарных волокон практически не затрагиваются, а пектины и лигнин в сре-

динных пластинках эффективно разрушаются [3]. Можно полагать, что в этих условиях долговечность элементарных волокон практически не изменяется и обрывность в вытяжном приборе должна определяться сдвигом технических комплексов волокон в процессе вытягивания, величиной зоны активного вытягивания и, в конечном итоге, временем вытягивания. В [2] было исследовано влияние продолжительности сульфитной варки льняной ровницы на содержание нецеллюлозных компонентов (пектинов, лигнина, гемицеллюлоз), на характер дробления технических комплексов волокон в вытяжном приборе, величину сдвига комплексов и относительное время активного вытягивания ( $140/L_{\text{акт.выт}}$ ). На этих же образцах ровницы была исследована обрывность при выработке пряжи 46 текс в производственных условиях Яковлевского комбината. Изменения показателей свойств ровницы и обрывности от продолжительности сульфитной варки приведены в табл. 1.



Таблица 1

Время варки t, мин	0	10	30	60	90	120
Прочность ровницы $P_{\text{ровн}}$ , Н	24,0	20,0	17,5	16,0	14,0	12,5
Потеря массы п.м., %	0	5,0	10,0	13,0	16,0	17,5
Степень одревеснения S, %	34	30	25	20	15	10
Обрывность, обр./100 вер. ч	250	80	60	40	20	20
Пектины, %	2,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,01
Гемицеллюлозы, %	8,0	8,0	8,0	7,9	7,8	7,8
Линейная плотность ровницы $T_{\text{ровн}}$ , текс	666	633	600	580	560	550
Линейная плотность пряжи $T_{\text{пряжи}}$ , текс	54,6	51,9	49,2	47,5	46,0	45,1
$l_{\text{сдв}}$ , мм	11,80	8,27	6,86	5,62	4,95	4,16
$L_{\text{акт.выт}}$ , мм	152,2	111,2	93,9	78,1	69,78	60,51
$140/L_{\text{акт.выт}}$	0,919	1,259	1,491	1,793	2,006	2,313

На основании полученных данных, приведенных в табл. 1, была экспериментально подтверждена линейная зависимость обрывности в мокром прядении льна от относительного времени активного вытягивания в зоне вытяжного прибора (рис. 1 – связь обрывности с величиной  $140/L_{\text{акт.выт}}$ ).

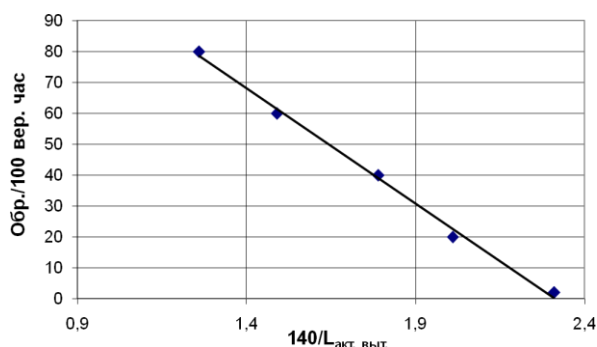


Рис. 1

Отклонение от этой зависимости наблюдается в суровой ровнице без химической обработки. В этом случае длина активной зоны  $L_{\text{вытягивания}}$  становится больше длины разводки цилиндров, и обрывность резко возрастает (с 80 до 250 обр./100 вер. ч). Этим объясняется экспериментально установленный нами факт, что при удалении пектинов из суровой ровницы обрывность резко снижается (с 250 до 80...100 обр./100 вер. ч) [4]. Пектины практически полностью удаляются из ровницы в первые 10 мин сульфитной варки, и далее обрывность определяется степенью одревеснения срединных пластинок технических комплексов волокон.

Обнаружена линейная зависимость прочности вареной ровницы в мокром ви-

де от степени одревеснения срединных пластинок технических комплексов волокон (рис.2).

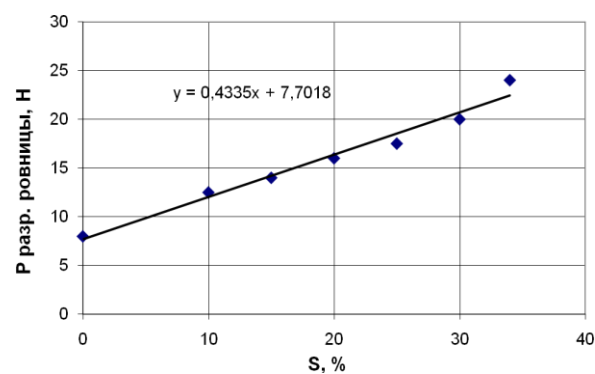


Рис. 2

Это свидетельствует о том, что в процессе вытягивания вареной ровницы в мокром виде сопротивление вытягиванию определяется поперечными химическими связями в срединных пластинках, образованными лигнином. Степень одревеснения срединных пластинок технических комплексов оказывает влияние на длину активной зоны вытягивания ровницы в вытяжном приборе. С увеличением степени одревеснения  $L_{\text{акт.вытягивания}}$  увеличивается, а величина  $L_{\text{разводки}}/L_{\text{вытягивания}}$  уменьшается линейно, что приводит к увеличению времени вытягивания ровницы в вытяжном приборе и увеличению обрывности [2].

Как было отмечено выше, долговечность элементарных волокон в процессе вытягивания практически не изменяется после сульфитной варки, и ее влияние на обрывность в данном эксперименте не проявилось. В общем случае, в зависимости от селекционного сорта льна, технологии выращивания и приготовления льно-

тресты, химический состав и структура элементарных льняных волокон изменяются, что влияет на долговечность технических комплексов льняных волокон и обрывность в мокром прядении льна. Ранее нами было показано большое влияние гемицеллюлоз, расположенных в клеточных стенках элементарных волокон льна, на обрывность в мокром прядении [4]. Селективное удаление гемицеллюлоз из льняной ровницы с 8,0 до 4,0% при степени одревеснения  $S=20\%$  повышает обрывность в 2 раза, с 40 до 80 обрывов на 100 вер./ч.

Долговечность технических комплексов льняных волокон при вытягивании должна подчиняться предложенному нами ранее [1] уравнению:

$$\tau_R = Ve^{\frac{(U+E_{\text{лук}})-\gamma\sigma_T}{KT}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_T$  – сопротивление вытягиванию;  $U$  – суммарная энергия водородных связей в волокне (кДж/моль);  $E_{\text{лук}}$  – энергия поперечных химических связей лигноуглеводного комплекса (кДж/моль);  $K$  – константа Больцмана;  $T$  – абсолютная температура;  $V$  – постоянная, связанная функциональной зависимостью со структурной неровной ровницы и ее круткой.

Значение энергии разрушения технических комплексов  $U+E_{\text{лук}}$  можно оценить по величине их разрывного напряжения  $\sigma_R$  в суровой ровнице, следовательно, долговечность технических комплексов при вытягивании должна зависеть от величины их разрывного напряжения в суровой ровнице:

$$\tau_R = Ve^{\frac{\sigma_{R\text{компл}}}{KT}}. \quad (2)$$

Разрывное напряжение технического комплекса можно рассчитать следующим образом:

$$\sigma_{R\text{компл}} = P_{\text{компл}}/S_{\text{компл}}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{компл}}$  – разрывная нагрузка технического комплекса;  $S_{\text{компл}}$  – площадь поперечного сечения комплекса.

$$P_{\text{компл}} = (P_{\text{сур.ровн}} \bar{T}_{\text{компл}}) / T_{\text{ровн}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{сур.ровн}}$  – разрывная нагрузка суровой ровницы в мокром виде, Н;  $T_{\text{ровн}}$ ,  $\bar{T}_{\text{компл}}$  – линейная плотность ровницы и технических комплексов в пряже, текс.

$$S_{\text{компл}} = \frac{\bar{T}}{\rho \cdot 1000}. \quad (5)$$

Подставляя в (3) значения  $P_{\text{компл}}$  и  $S_{\text{компл}}$ , получим:

$$\sigma_{R\text{компл}} = \frac{P_{\text{сур.ровн}} \cdot \rho}{T_{\text{ровн}}} \quad (\text{Н/м}^2). \quad (6)$$

Выражение (6) показывает зависимость  $\sigma_{R\text{компл}}$  от прочности суровой ровницы и плотности волокон. С уменьшением прочности суровой ровницы и уменьшением плотности волокон  $\sigma_{R\text{компл}}$  уменьшается, вследствие чего уменьшается долговечность технических комплексов при вытягивании и увеличивается обрывность в мокром прядении льна. Нами экспериментально установлена линейная зависимость логарифма обрывности (числа обрывов на 100 веретен в час) от прочности суровой ровницы в мокром виде при постоянной степени одревеснения (рис. 3 – зависимость обрывности от  $P_{\text{сур. ровницы}}$  в мокром виде при степени одревеснения 30...34%).

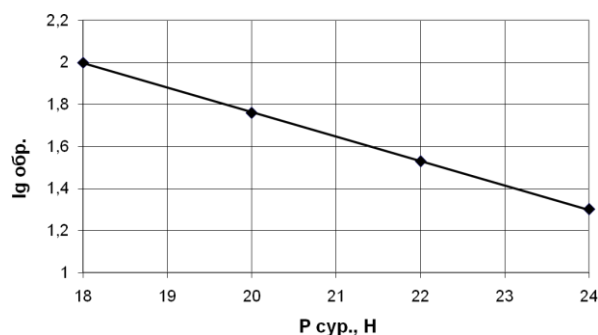


Рис. 3

Снижение плотности льняных волокон зависит от энергии водородных связей и поперечных химических связей ЛУК в клеточных стенках льняных волокон.

Уменьшение энергии водородных связей и связей ЛУК приводит к увеличению набухания волокон в воде, снижению плотности и увеличению обрывности. Пластификаторы целлюлозы (глицерин, аммиак, щелочи) снижают энергию водородных связей и резко увеличивают обрывность в мокром прядении льна. Таким образом, важным показателем прядильной способности льняных волокон является прочность суровой ровницы в мокром виде. При пониженной прочности по ГОСТу льняных волокон ( $<16\text{кгс}$ ) и высокой степени одревеснения ( $S>35\%$ ) в мокром прядении льна наблюдается очень высокая обрывность.

В результате проведенных экспериментальных исследований молекулярно-кинетических закономерностей мокрого прядения льна установлено количественное влияние параметров качества льняной ровницы на обрывность в прядении, а именно: влияние прочности суровой ровницы в мокром виде, потери прочности при химической обработке, степени одревеснения льняных волокон и структурной неровноты  $C_v^2$  ( $C_v^2 = \sqrt{\frac{T_{\text{ровн.}}}{T_{\text{компл.}}}}$ ). Эти показатели качества ровницы были выбраны нами для контроля качества смеси волокон в ровнице и управления режимом химической обработки с целью обеспечения низкого уровня обрывности в прядении льна. Такая система контроля была отработана нами в производственных условиях Яковлевского комбината и показала высокую эффективность [5].

## ВЫВОДЫ

1. При исследовании влияния продолжительности сульфитной варки на обрывность в мокром прядении льна экспериментально подтверждена зависимость уровня обрывности от времени активного вытягивания в зоне вытяжного прибора.

Показано влияние содержания нецеллюлозных компонентов в срединных пластинках (пектинов и лигнина) на величину активной зоны вытягивания и обрывность в прядении льняных волокон.

2. Долговечность технических комплексов льняных волокон при вытягивании в процессе мокрого прядения льна можно оценивать по величине разрывной нагрузки суровой ровницы в мокром виде. Изменение прочности ровницы после химической обработки линейно связано с уменьшением степени одревеснения срединных пластинок технических комплексов льняных волокон. Важное влияние на долговечность комплексов волокон оказывают гемицеллюлозы.

3. Для контроля качества смеси волокон в ровнице и управления режимом химической обработки с целью обеспечения низкого уровня обрывности в прядении льна нами рекомендованы следующие показатели качества ровницы: прочность суровой ровницы в мокром виде, потеря прочности при химической обработке, степень одревеснения льняных волокон и параметр структурной неровноты  $C_v^2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №5.
2. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №1.
3. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №3. С.72...77.
4. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6.
5. Пестовская Е.А., Иванов А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №2.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 02.06.08.

## ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ПРЯЖИ НА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

А.А. СТОЛЯРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Задача по определению натяжения нити, которое она испытывает при наматывании пряжи на паковку в разных точках початка и в разный момент времени наработки его, привлекала к себе внимание многих ученых и практиков. Результатом многочисленных аналитических и экспериментальных исследований является доказательство того, что наиболее значимым для успешного осуществления технологической операции наматывания пряжи на паковку является натяжение в зоне бегунок-паковка. Пониженное натяжение пряжи в этой зоне несколько снижает уровень обрывности, но уменьшает плотность намотки пряжи на паковке. Неплотная намотка пряжи приводит к снижению экономической эффективности работы оборудования, а также может быть причиной слета витков с паковки при ее осевом разматывании. Повышенное натяжение пряжи приводит к росту ее обрывности.

Именно вследствие этого в ходе экспериментальных исследований работы крутильно-мотальной пары кольцо-бегунок кольцевой прядильной машины, проводимых в лаборатории кафедры прядения Ивановской государственной текстильной академии, перед нами стояла задача определения натяжения пряжи в зоне бегунок-паковка.

Известно, что натяжение пряжи в зоне бегунок-паковка непостоянно в течение цикла движения кольцевой планки. Коле-

бание натяжения приводит к различной плотности по слоям намотки пряжи на паковке. В этом случае более плотная намотка будет при малом и среднем радиусах намотки, а менее плотная – при максимальном радиусе намотки.

Для исследования технологических операций формирования и наматывания пряжи на паковку при выработке ее на кольцевой прядильной машине была впервые использована методика аналитического расчета натяжения пряжи [2], учитывающая геометрию ее в зоне бегунок-паковка. Причем аналитическое и экспериментальное исследования проводились для тех же установочных параметров, что и расчет натяжения пряжи, выполненный в свое время профессором Павловым Н.Т. [1]. А именно при следующих условиях: на кольцевой прядильной машине П-76-5М вырабатывалась хлопчатобумажная пряжа №40 при частоте вращения веретен 9000 оборотов в минуту, диаметре кольца 40 мм, бегунке весом 0,052 г и высоте подъема кольцевой планки 150 мм.

Натяжение пряжи в зоне бегунок-паковка рассчитывалось для разных точек паковки. При намотке в точке 1 высота баллона была 205 мм, при намотке в точке 2 – 165 мм. Каждый из взятых слоев был выше предыдущего на 12,5 мм.

Результаты расчета натяжения нити в зоне бегунок-паковка приведены в табл.1.

Таблица 1

№ точки	ТН	Т1	ТХ	№ точки	ТН	Т1	ТХ
1	0,33	0,355	0,24	10	0,33	0,355	0,24
2	0,33	0,355	0,24	11	0,32	0,322	0,222
3	0,32	0,322	0,222	12	0,33	0,355	0,24
4	0,33	0,355	0,24	13	0,32	0,322	0,222
5	0,32	0,322	0,222	14	0,33	0,355	0,24
6	0,33	0,355	0,24	15	0,32	0,322	0,222
7	0,32	0,322	0,222	16	0,33	0,355	0,24
8	0,33	0,355	0,24	17	0,32	0,322	0,222
9	0,32	0,322	0,222	18	0,33	0,355	0,24

По результатам исследования построены соответствующие диаграммы, показывающие, как изменяется натяжение нити в процессе формирования паковки. Точки

расчета натяжения нити, показанные на диаграммах (рис. 1), относятся к точкам слоев початка.

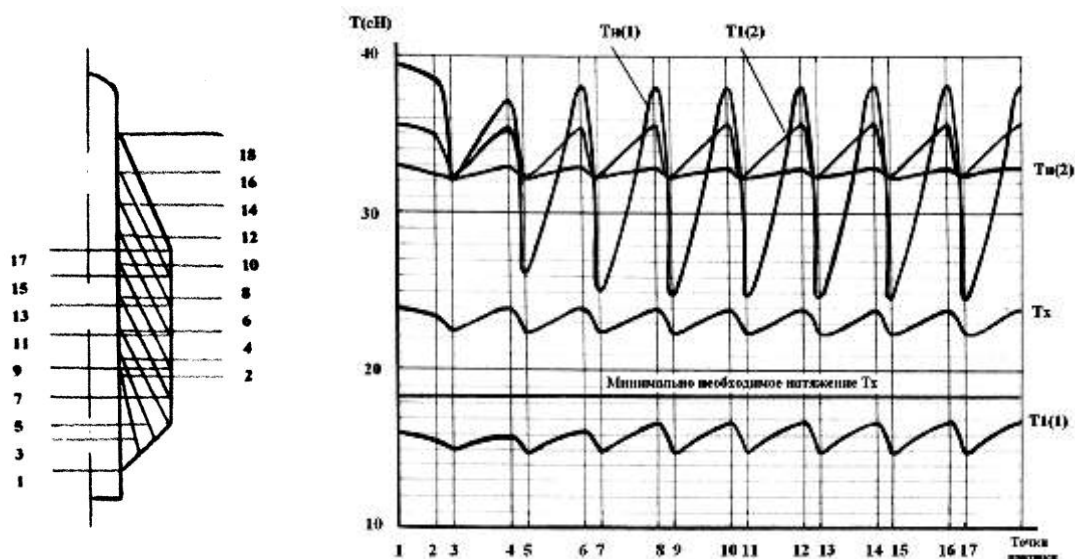


Рис. 1

Аналитический расчет натяжения пряжи в различных точках паковки позволил получить диаграмму (рис.1) натяжения нити в точке наматывания ( $T_n-2$ ), аналогичную диаграмме, которая была получена профессором Павловым Н.Т. ( $T_n-1$ ). Анализ диаграмм показывает, что натяжение нити в точке наматывания практически не зависит от высоты точки намотки на паковке, а зависит от диаметра намотки. Отличие в результатах расчета в том, что в нашем случае амплитуда колебания натяжения нити в процессе наматывания от минимального к максимальному радиусу значительно ниже. При одинаковых параметрах расчета в нашем случае натяжение нити в точке наматывания при радиусах намотки:  $r = 0,009 \text{ м}$   $T_n = 0,33 \text{ Н}$ ;  $r = 0,018 \text{ м}$   $T_n = 0,32 \text{ Н}$ .

В расчетах Павлова Н.Т. натяжение нити в точке наматывания соответственно равно:  $0,38 \text{ Н}$  – при минимальном радиусе и  $0,25 \text{ Н}$  – при максимальном радиусе намотки, то есть в нашем случае процесс формирования и наматывания пряжи проходил более стабильно при плавном снижении натяжения нити в точке наматыва-

ния. Это дало основание считать, что крутильно-мотальное устройство обладает функцией частичного сглаживания натяжения нити в процессе наматывания ее на паковку. С целью проверки этого предположения были проведены экспериментальные исследования технологического процесса формирования и наматывания пряжи. Для этого была применена новая методика и устройство определения натяжения нити в зоне бегунок–паковка [3].

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что натяжение пряжи в точке наматывания не зависит от ее высоты на паковке, а определяется диаметром тела намотки – максимальное натяжение пряжа испытывает при минимальном радиусе намотки.

2. Крутильно-мотальное устройство прядильной машины, кроме собственных ему функций, выполняет функцию частичного сглаживания амплитуды колебания натяжения пряжи, которое та испытывает в процессе наматывания на паковку.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Н.Т. Прядение хлопка. – М.: Легкая промышленность. – 1951.
2. Бархоткин Ю.К., Столяров А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5.С.28...31.

3. Патент на изобретение 2202662 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> D 01 Н 13/26. Веретено динамометрическое / Бархоткин Ю.К., Столяров А.А.; опубл. 20.04.2003, Бюл. № 11.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 04.02.09.

УДК 677.412.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ АППАРАТНОЙ РОВНИЦЫ ПРИ СЖАТИИ

К.Э. РАЗУМЕЕВ, С.А. ГОЛАЙДО

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

Волокнистый продукт при его получении и переработке подвергается различным видам деформаций, в том числе деформации сжатия. Исследования деформации сжатия волокнистого продукта проводились в работах [1...5]. Анализ этих исследований показал, что существует метод определения напряжения сжатия волокнистого продукта; изучались сжатие волокнистого сырья, полуфабрикатов гребенной системы прядения. Установлено, что сжатие волокнистого продукта сопровождается явлением гистерезиса. Для явлений сжатия волокнистой массы типичны релаксационные явления, то есть имеет место восстановление размеров образца после сжатия нагрузки, а также при длительном воздействии на образец одной и той же нагрузки [6]. Исследований деформации поперечного сжатия аппаратной ровницы не проводилось.

В сучильных рукавах чесального аппарата ровничная нить подвергается сжатию путем закатывания вследствие возвратно-поступательного и вращательного движения сучильных рукавов.

Цель данного исследования – добиться большего сжатия (уплотнения) ровницы путем воздействия на волокнистый продукт пенного эмульсирования. Для достижения данной цели применялся следующий метод.

Образцы ровницы нарезались отрезками длиной 100 мм с точностью  $\pm 5$  мм, часть образцов ровницы подвергалась обработке 0,5%-ным водным раствором Коприна-А; эмульсия наносилась на продукт в количестве 3% от массы волокна.

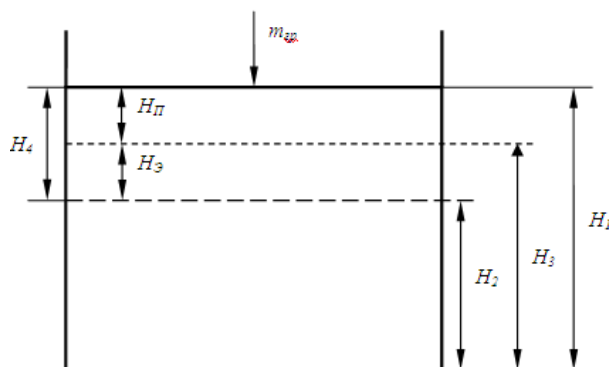


Рис. 1

Образцы ровницы помещались в специально оборудованный паз (рис. 1) на высоту  $H_1 = 150$  мм и подвергались сжатию посредством нагружения грузами различной массы ( $m_1 = 121,34$  г;  $m_2 = 198,17$  г;  $m_3 = 202,28$  г;  $m_4 = 204,06$  г;  $m_5 = 315,08$  г). Сжатие каждого образца сопровождалось замером его высоты непосредственно при сжатии ( $H_2$ ) и после снятия нагрузки ( $H_3$ ).

Затем по результатам замеров определялись величины эластической ( $E_3$ ) и пластической ( $E_п$ ) деформации сжатия по формулам:

$$E_3 = H_3/H_4 \cdot 100, \% \quad (1)$$

$$E_{\text{п}} = H_{\text{п}}/H_4 \cdot 100, \% \quad (2)$$

где  $H_3$  – разница между высотой образца ровницы при сжатии и высотой после снятия груза, мм;  $H_{\text{п}}$  – разница между первоначальной высотой образца и высотой после снятия груза, мм;  $H_4$  – разница между

первоначальной высотой образца и высотой при сжатии, мм.

По результатам измерений построены графические зависимости величины эластической (рис. 2) и пластической (рис. 3) деформации сжатия от массы груза для неэмульсированной (кривая 1) и эмульсированной (кривая 2).

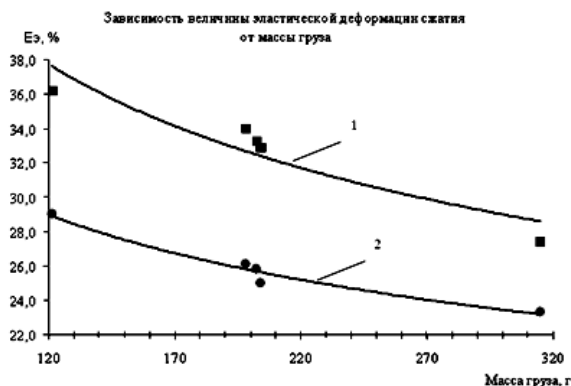


Рис. 2

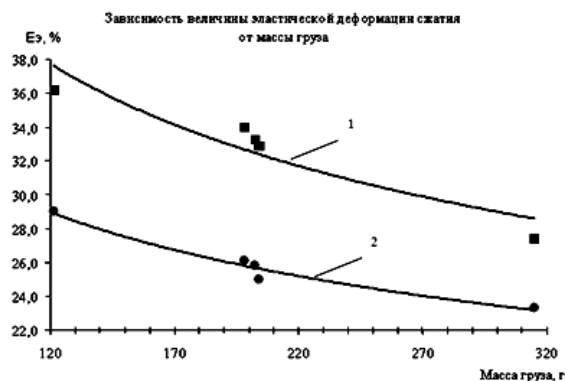


Рис. 3

Полученные зависимости описываются

следующими уравнениями (табл. 1):

Т а б л и ц а 1

Вид обработки ровницы	Вид деформации	
	эластическая	пластическая
Неэмульсированная	$E_3 = 149,34m^{-0,29}$	$E_{\text{п}} = 33,08m^{0,13}$
Эмульсированная	$E_3 = 87,54m^{-0,23}$	$E_{\text{п}} = 48,11m^{0,08}$

## ВЫВОДЫ

1. С увеличением массы груза и степени сжатия продукта величина эластической деформации снижается как для неэмульсированной, так и для эмульсированной ровницы.

2. Величина эластической деформации ровницы при эмульсировании ниже, чем без эмульсирования.

3. С увеличением массы груза и степени сжатия продукта величина пластической деформации увеличивается как для неэмульсированной, так и для эмульсированной ровницы.

4. Величина пластической деформации при эмульсировании возрастает.

5. Получены уравнения зависимости величины эластической и пластической деформации при сжатии от массы груза

для эмульсированной и неэмульсированной ровницы.

6. Результаты проведенных исследований подтверждают гипотезу о влиянии эмульсирования на уплотнение ровницы в процессе сучения.

## ЛИТЕРАТУРА

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

2. *Капитанов А.Ф.* Теоретическое обоснование и разработка способа модификации фрикционных свойств волокон в процессах прядения: Дис.... докт. техн. наук. – М., 1996.

3. *Данилова С.А.* Разработка технологии эмульсирования химического жгута на штапелирующих машинах: Дис.... канд. техн. наук. – М., 1998.

4. *Зубарева Н.И.* Разработка эффективного метода эмульсирования полшерстяной ленты: Дис.... канд. техн. наук. – М., 2000.

5. *Матвеева И.В.* Разработка метода снижения обрывности волокон в процессе гребнечесания полшерстяной ленты: Дис....канд. техн. наук. – М., 2000.

6. *Капитанов А.Ф.* Фрикционные процессы в прядении. – Ч.2. – Силовые поля. – М., МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 05.02.09.

---



УДК 677.024

**СИСТЕМА ЗАПРАВКИ ТКАЦКОГО СТАНКА  
КАК МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

*О.А. САВВИН, Г.К. КУЗНЕЦОВ, С.Ф. ГЕРАСИМОВА*

(Костромской государственный технологический университет)

Задача технолога ткацкого производства – влиять на процесс выработки ткани с целью улучшения ее качества. Для этого необходимо в первую очередь знать свойства и особенности поведения системы заправки ткацкого станка. В данной статье и рассматриваются свойства и особенности поведения системы заправки, приводятся упрощающие допущения, позволяющие сделать модель системы заправки ткацкого станка пригодной для практического применения.

Под системой заправки подразумевается совокупность участков основы и ткани, которые при работе ткацкого станка меняют свою деформацию [1]. Схема заправки ткацкого станка показана на рис. 1.

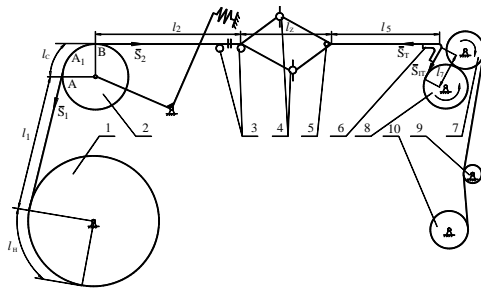


Рис. 1

Упругая система заправки в совокупности со всеми механизмами станка является сложной механической системой, в которой обрабатываемый материал может рассматриваться как деформируемый элемент (звено) данной системы (без заправки ткацкий станок – как механизм не существует) [2]. Из теории механизмов известно

[3], что элементы заправки деформируются по нелинейным законам. Места взаимодействия нитей и ткани с жесткими рабочими органами станка могут рассматриваться как кинематические пары [4].

По В.А. Гордееву [1] деформируемая часть основы состоит из участка переменной длины  $l_n$ , расположенного на навое 1, участка  $l_1$  между точками касания основы навоя и скала 2, участка  $l_c$ , огибающего скала, участка  $l_2$  между точкой схода основы со скала и разделительными прутками 3, участка  $l_z$  между разделительными прутками и опушкой ткани 5. Ткань в рабочей зоне состоит из участка  $l_5$  между опушкой и грудницей 6, участка  $l_6$ , огибающего грудницу (на рисунке не показан), участка  $l_7$  между грудницей и вальском 8, части ткани на вальске (на рисунке не показана).

Рассмотрим прямолинейный участок нитей основы, один конец которого закреплен, а другому задано определенное движение. Если пренебречь силами инерции самих нитей, что обычно и делается при расчетах, то, зная деформацию “свободного” конца, можно определить деформацию в любом сечении данного отрезка.

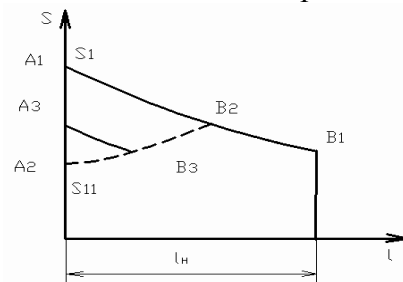


Рис. 2

Иная картина наблюдается, когда нити основы или ткань огибают какую-либо направляющую. Рассмотрим нити основы, меняющие свою деформацию на участке навоя длиной  $\ell_n$ . На рис. 2 показан один из вариантов распределения натяжения нитей на навое. Пусть в начальный момент времени натяжение основы на “свободном” участке равно  $S_1$ . Рассмотрим случай, когда имеется скольжение нитей относительно навоя в направлении точки схода с него основы. В этом случае натяжение основы на рассматриваемом отрезке меняется по зависимости Эйлера, возрастая в направлении точки схода. Зависимость натяжения точки основы на навое  $S$  в зависимости от расстояния от точки схода  $\ell$  – представлена кривой  $A_1B_1$  на рис. 2. Пусть, затем натяжение “свободного” конца уменьшилось до значения  $S_{11}$ , определяемого точкой  $A_2$  на рисунке. Изменение натяжения в точках на навое для этого случая показано пунктирной кривой  $A_2B_2$ . Предположим, что после этого натяжение “свободного” конца вновь возросло до некоторого значения, определяемого точкой  $A_3$  на рис. 2. В этом случае натяжение на всем рассматриваемом участке длиной  $\ell_n$  меняется по ломаной линии  $A_3B_3B_2B_1$ . Легко видеть, что при многократном изменении натяжения  $S_1$  эта ломаная может иметь бесконечное множество вариантов. При определении дуги распространения деформации нитей на навое и их приведенной длины необходимо знать натяжение основы в каждой точке навоя.

Рассмотрим нити, расположенные на скале (рис. 1). Пусть скольжение основы по всей поверхности скала в одном направлении отсутствует. Тогда  $S_1$  и  $S_2$  – натяжения огибающих скало ветвей связаны соотношением:

$$S_2 \exp(-f\alpha) < S_1 < S_2 \exp(f\alpha), \quad (1)$$

где  $f$  и  $\alpha$  – коэффициент трения основы по скалу и угол его охвата ими.

Если условие (1) выполняется, то на скале имеются две дуги деформации, и данная система имеет много общего с нитями, расположенными на навое. Как по-

казано выше, в этом случае необходимо знать натяжение основы в каждой точке скала. В этом случае обе ветви основы, огибающие скало, представляют собой две отдельные системы, то есть деформируются и меняют свое натяжение независимо друг от друга.

Иную картину имеет эта система при изменении ее параметров (или ее состояния), когда начнется скольжение нитей по всей поверхности скала. В этом случае соотношение между натяжениями  $S_1$ ,  $S_2$  и натяжением нитей на скале определяется строгой математической зависимостью – формулой Эйлера. Обе ветви основы, о которых говорилось выше, представляют собой единую систему с общей деформацией и общим (приведенным) коэффициентом жесткости. Таким образом, свойства данного участка системы заправки зависят от ее состояния, или проще – от соотношения между натяжениями  $S_1$  и  $S_2$ .

Когда длина нитей на направляющей (например, на скале) мала, ею можно пренебречь, по сравнению с длинами “свободных” ветвей, что значительно упрощает вычисление их натяжений. Классический пример подобного случая представляет собой ткань, огибающая грудницу с малым радиусом закругления.

Для упрощения можно пойти на заведомую неточность и основу или ткань на направляющей, заменить двумя участками постоянной длины. Получаемая при этом ошибка будет меньше по сравнению с тем случаем, когда криволинейный участок нитей просто отбрасывается. На рис. 1 нити основы на скале заменены участком  $AA_1$ , натяжение которого равно  $S_1$ , и участком  $A_1B$  с натяжением, равным  $S_2$ . На рис. 1  $A$  и  $B$  – точки касания скала прямых ветвей основы. Точка  $A_1$  – промежуточная точка на скале. Наиболее логично взять ее посередине участка  $AB$ . Таким образом, при отсутствии скольжения основы по всей поверхности скала реальная система заменена упрощенной схемой, что привело к ошибке, которую надо оценить в каждом конкретном случае.

Оценим влияние разделительных прутков и ламелей на натяжение системы за-

правки. Угол охвата нитями разделительных прутков и коэффициент их трения по ним мал, поэтому можно пренебречь силой трения между прутками и основой. Тогда наличие прутков не изменит натяжения в системе заправки. Угол охвата ламелей основой и радиус закругления на участке касания невелик и можно пренебречь длиной дуги охвата. Можно вообще не учитывать их влияния на деформацию и натяжение системы заправки. Именно такое допущение сделал в своей работе В. А. Гордеев [1].

Рассмотрим, как меняется натяжение основы до галев и после них. В. А. Гордеев считает [1], что "...принимая во внимание незначительное сопротивление галев, можно приближенно считать, что при свободной опушке ткани натяжения ветвей зева получаются примерно одинаковыми". Основываясь на наблюдениях В.А. Гордеева, заключаем, что при отсутствии прибоа галева не меняют натяжение системы заправки. Наибольший угол охвата нитями галев невелик, а длина передней части зева значительно меньше расстояния между скалом и галевами. Поэтому можно считать, что и при прибое натяжение основы на участке между навоем и опушкой ткани одинаково.

Рассмотрим процессы, происходящие в ткани на участке между опушкой ткани и точкой ее касания вальяна. При работе станка деформируется как участок ткани до грудницы, так и за ней. Обозначим натяжение ткани на этих участках через  $S_T$  и  $S_{1T}$  (рис. 1). Угол охвата тканью грудницы  $\alpha_6$  равен приблизительно 1,75 радиана, а  $r_c$  – радиус закругления грудницы для некоторых станков СТБ менее 1 см. В этом случае дуга охвата тканью грудницы  $\ell_6 = r_c \alpha_6 < 1,75$  см. Длину основы на груднице можно заменить двумя участками длиной  $\ell_6/2$  с натяжениями  $S_T$  и  $S_{1T}$  и отнести их к соответствующим прямолинейным участкам ткани. Коэффициент трения хлопчатобумажной ткани по стали  $f \approx 0,3$ . В этом случае  $\exp(f\alpha) \approx 1,7$  и для скольжения ткани по всей поверхности грудницы необходимо, чтобы натяжение одной ветви ткани, огибающей грудницу, было больше другой

в 1,7 раза. Рассмотрим процессы, происходящие в ткани при ее навивании на вальян, который приводится во вращение зубчатой передачей с постоянным передаточным отношением. Во время прибоа натяжение ткани между ее опушкой и грудницей падает, и создаются идеальные условия для проскальзывания ткани относительно грудницы в направлении вальяна. При отходе батана назад натяжения  $S_T$  и  $S_{1T}$  возрастают. При этом натяжение  $S_T$  возрастает значительно быстрее, чем натяжение  $S_{1T}$ . После отрыва батана от опушки ткани натяжение  $S_{1T}$  увеличивается до момента полного раскрытия зева. Затем во время выстоя ремиз натяжение  $S_T$  остается примерно постоянным.

Мы нарисовали идеализированную картину процесса, так как при этих рассуждениях не учтено влияние движения скальной системы, которая изменяет натяжение в различных участках системы заправки. Тем не менее, все вышеизложенное позволяет сделать следующее допущение.

Процесс навивания ткани не оказывает заметного влияния на натяжение нитей основы. Можно считать, что после окончания прибоа участок ткани между опушкой и грудницей уменьшается на величину ее навивания на товарный валик за один цикл работы станка, одновременно увеличиваясь на длину вновь сформированного элемента ткани. Благодаря этому длина  $\ell_5$  остается примерно постоянной.

## ВЫВОДЫ

1. При исследовании процессов, происходящих на ткацком станке, деформируемую часть основы можно представить двумя участками. 1. Участок между навоем и скалом с учетом приведенной длины нитей на навое. 2. Участок нитей между скалом и опушкой ткани. При этом необходимо учитывать, что при отсутствии скольжения нитей по всей поверхности скала эти ветви представляют собой две отдельные системы, деформирующиеся и меняющие свое натяжение независимо друг от друга. При скольжении нитей по

всей поверхности скала эти ветви представляют собой единую систему с общей деформацией и приведенным коэффициентом жесткости.

2. При вычислении приведенной длины нитей основы на навое необходимо задавать натяжение основы в каждой точке навоя, что возможно только при помощи ЭВМ.

3. При отсутствии прибора участок ткани за грудницей не влияет на процессы, происходящие в основе между навоем и опушкой ткани. Можно считать, что за счет скольжения ткани по груднице при приборе опушка ткани с вновь прибитой уточной возвращается в исходное положение.

4. При изучении кинематики и динамики отдельных узлов станка и всей системы в целом следует четко определить значащие деформации участков упругой

заправки, вводить дополнительные обобщенные координаты, учитывающие трение в "кинематических парах", образованных нитями и тканью с рабочими поверхностями.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

2. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980

3. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1979.

4. Куровской Ф.М. Теория плоских механизмов с гибкими звеньями. – М.: Машгиз, 1973.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 04.02.09.

УДК 677.024

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ НИТЕЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ ПРИ ТКАЧЕСТВЕ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ

*А.В. ЦЫБИКДОРЖИЕВА, С.С. ЮХИН*

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

Теория подобия – учение об условиях подобия физических явлений. Теория подобия опирается на учение о размерностях физических величин и служит основой физического моделирования. Предметом теории подобия является установление критериев подобия различных физических явлений и изучение с помощью этих критериев свойств самих явлений.

Практические применения теории подобия весьма обширны. Она дает возможность проведения качественно-теоретического анализа и выбора системы определяющих безразмерных параметров сложных физических явлений. Кроме того, теория подобия оказывается полезной при выполнении численных экспериментов в математическом моделировании и интер-

претации его результатов.

Рассмотрим применение теории подобия и анализа размерностей для определения основных физико-механических характеристик нитей, используемых при выработке тканей из различных видов сырья.

Предположим, имеется размерная величина  $a$ , которая является функцией независимых между собой размерных величин:

$$a = f(a_1, a_2, \dots, a_k, a_{k+1}, \dots, a_n). \quad (1)$$

Допустим, что такой величиной является разрывная нагрузка нитей, которую можно представить как сложную модель, так как на нее оказывают влияние многие факторы, и записать ее в виде функциональной зависимости (2) от основных. В

качестве основных факторов, которые влияют на разрывные характеристики нитей, применяются:

$$P_{\text{рн}} = f(P_{\text{вол}}, T_{\text{н}}, k, C), \quad (2)$$

где  $P_{\text{рн}}$  – разрывная нагрузка нити;  $T_{\text{н}}$  –

линейная плотность нити;  $P_{\text{вол}}$  – разрывная нагрузка волокна;  $k$  – крутка нитей;  $C$  – коэффициент, характеризующий сырьевой состав нити.

Представим приведенные факторы через основные единицы измерения (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Обозначение переменной $x_i$	Выбранная характеристика	Обозначение характеристик	Формула размерности выбранной характеристики
$x_1$	разрывная нагрузка волокна	$P_{\text{вол}}$	$[M]^1 [L]^1 [T]^{-2}$
$x_2$	линейная плотность нити	$T_{\text{н}}$	$[M]^1 [L]^{-1} [T]^0$
$x_3$	крутка нитей	$k$	$[M]^0 [L]^{-1} [T]^0$
$x_4$	коэффициент, характеризующий сырьевой состав нити	$C$	$[M]^{-\frac{1}{2}} [L]^{\frac{3}{2}} [T]^0$

Далее составим матрицу размерностей для выбранных характеристик, элементами которой будут показатели степеней характеристик, с которыми они входят в формулу размерностей (табл.2).

Т а б л и ц а 2

	$[M]^1$	$[L]^1$	$[T]^{-2}$
$x_1$	1	1	-2
$x_2$	1	-1	0
$x_3$	0	-1	0
$x_4$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	0

Составим систему линейных уравнений, используя метод нулевых размерностей, обозначив буквой  $z$  ее числовую составляющую:

$$\begin{cases} z_1 + z_2 - \frac{1}{2}z_4 = 1, \\ z_1 - z_2 - z_3 + \frac{3}{2}z_4 = 1, \\ -2z_1 = -2. \end{cases} \quad (3)$$

После выяснения структуры функции  $f(a_1, a_2, \dots, a_k, a_{k+1}, \dots, a_n)$ , принятия  $k$  независимых величин  $a_1, a_2, \dots, a_k$  за основные и введения для их размерностей обозначения  $A_1, A_2, \dots, A_k$ , выбираем систему единиц измерения таким образом, чтобы  $k$  аргументов функции  $f$  имели фиксированные значения, равные единице.

В этой относительной системе единиц измерения численные значения параметров  $a_1, a_{k+1}, \dots, a_n$  определяются формулами:

$$\begin{aligned} \Pi &= \frac{a}{a_1^{m_1} a_2^{m_2} \dots a_k^{m_k}}, \\ \Pi_1 &= \frac{a_{k+1}}{a_1^{p_1} a_2^{p_2} \dots a_k^{p_k}}, \\ &\dots, \\ &\dots, \\ \Pi_{n-k} &= \frac{a}{a_1^{m_1} a_2^{m_2} \dots a_k^{m_k}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_k$  – численные значения рассматриваемых явлений в первоначальной системе единиц измерения. Значения  $\Pi, \Pi_1, \Pi_{n-k}$  не зависят от выбора первоначальной системы единиц измерения, так

как имеют нулевую размерность относительно единиц измерения  $A_1, A_2, \dots, A_k$  [1]. Также значения  $\Pi, \Pi_1, \Pi_{n-k}$  не зависят от выбора системы тех единиц измерения, через которые выражаются  $k$  единиц измерения для величин  $a_1, a_2, \dots, a_k$ . Таким образом, их можно рассматривать как безразмерные.

Пользуясь относительной системой единиц измерения, соотношение (1) можно представить в виде:

$$\Pi = f(1, 1, \dots, \Pi_1, \dots, \Pi_{n-k}), \quad (5)$$

Уравнение (1) можно преобразовать с учетом полученных значений  $Z$ :

$$\Pi = x_1^{z_1} x_2^{z_2} x_3^{z_3} x_4^{z_4} = x_1^0 x_2^{\frac{1}{2}z_4} x_3^{z_4} x_4^{2z_2} = (x_2 x_3)^{\frac{3}{2}z_4} \cdot (x_4)^{2z_2}, \quad (6)$$

тогда уравнение (2) для рассматриваемого случая будет иметь вид:

$$\Pi_1 = x_2 x_3, \quad (7)$$

$$\Pi_2 = x_4, \quad (8)$$

Подставляя в уравнения (7) и (8) значения  $x_i$  из табл.1 получаем итоговые уравнения  $\Pi$ -переменных:

$$\Pi_1 = T_n k, \quad (9)$$

$$\Pi_2 = C, \quad (10)$$

Выражение (2) можно представить в виде:

$$P_{\text{рн}} = T_n k \cdot C, \quad (11)$$

Полученная комплексная переменная  $\Pi_1 = T_n k$  характеризует структуру нити, так как в нее входят линейная плотность нити, крутка нити.

Полученная комплексная переменная  $\Pi_2 = C$  – характеризует сырьевой состав нити.

## ВЫВОДЫ

1. В результате применения теории подобия и анализа размерностей получена функциональная зависимость разрывной нагрузки нити от ее основных параметров.

2. Анализ полученных данных для каждого вида нитей показывает, что при увеличении  $T_n$  и увеличении  $k$  разрывная нагрузка нитей будет увеличиваться, что способствует улучшению выносливости нитей различного волокнистого состава к многократным нагрузкам при ткачестве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Седов Л. И.* Методы подобия и размерности в механике. – 7 изд. – М., 1972.
2. *Кирпичев М. В.* Теория подобия. – М., 1953.
3. *Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Кобляков А. И.* Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1989.
4. *Николаев С. Д., Сумарукова Р. И., Юхин С. С., Власов П. В.* Теория процессов, технология и оборудование подготовительных операций ткачества. – М.: Легпромбыт-издат, 1993.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 09.02.09.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТКАНИ ПО УТКУ, ВЫРАБОТАННОЙ НА СТАНКЕ ТИПА СТБ С МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ ТОВАРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

В.Ю. СЕЛИВЕРСТОВ, А.П. ГРЕЧУХИН, А.В. ЛИБЕРОВА

(Костромской государственной технологической университет)

В работе [1] получена упрощенная формула для расчета плотности ткани по утку, выработанной на станке с модернизированным товарным регулятором [2]. Однако в формуле не учитывались некоторые конструктивные параметры кулачка

для отвода ткани, что было устранено в работе [3].

После преобразований получена следующая формула для расчета плотности ткани по утку для модернизированного товарного регулятора станка типа СТБ [4]:

$$P_y = \frac{10i}{R_B \left( \arctg \frac{\Delta R_k - R_p}{L_{нач} + \Delta R} + \arcsin \frac{R_p}{\sqrt{(\Delta R_k - R_p)^2 + (L_{нач} + \Delta R)^2}} - \arccos \left( 1 - \frac{a^2}{2L_2^2} \right) \right)}, \text{ нит/см, (1)}$$

где  $\Delta R$ ,  $\Delta R_k$ ,  $L_{нач}$ ,  $R_p$ ,  $L_2$  – конструктивные размеры деталей регулятора [1], [3], мм;  $i$  – общее передаточное отношение регулятора;  $a$  – величина зазора, определяющего величину подачи ткани в зону формирования, мм.

В работе [1] показано, что угол поворота рычага, который отвечает за величину обратной подачи ткани в зону формирования, изменяется по линейной зависимости при изменении величины зазора между регулировочным болтом и упором.

Угол  $\varphi$  поворота рычага, отвечающего за предварительный отвод ткани из зоны формирования в зависимости от изменения высоты кулачка представлен на рис. 1.

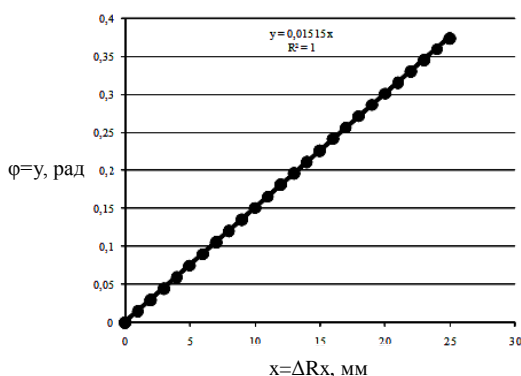


Рис. 1

С учетом этого упрощенная формула для расчета плотности ткани по утку примет вид:

$$P_y = \frac{2,266 \frac{Z_B Z_D}{Z_A Z_C}}{0,01515 \Delta R_k - 0,0157a}, \text{ нит/ см. (2)}$$

Маркировка сменных шестерен А, В, С, Д соответствует справочным данным станка СТБ.

Для проверки соответствия расчетных данных фактическим был проведен эксперимент.

Величина обратной подачи ткани в зону формирования изменялась путем изменения величины зазора  $a$ . Данный параметр изменялся от 0 до 10 мм с шагом 1 мм, для чего на рычаге обратного хода ткани на кронштейне установлена стрелка со шкалой.

Изменение высоты торцевого кулачка составляло 17 мм.

Параметры наладки товарного регулятора при этом были следующие:  $Z_A = 39$ ,  $Z_B = 26$ ,  $Z_C = 26$ ,  $Z_D = 34$ .

Плотность по утку определялась у ткани, снятой со станка сразу после наработки.

Результаты измерений плотности по утку представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	а, мм	Р, нит/см					Р <sub>у</sub> , нит/см
		m					
		1	2	3	4	5	
1	0	8,4	8,3	8,4	8,2	8,1	8,3
2	1	8,3	8,5	8,3	8,4	8,4	8,4
3	2	8,9	8,8	8,9	8,7	8,9	8,8
4	3	9,5	9,4	9,6	9,3	9,6	9,5
5	4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,3
6	5	10,8	11,3	11,2	11,2	11	11,1
7	6	12,4	12,6	12,3	12,2	12,6	12,4
8	7	13,7	13,7	13,8	13,9	13,8	13,8
9	8	15,8	15,8	15,2	15,3	15,6	15,5
10	9	17,3	17,4	17,4	17,3	17,4	17,4
11	10	19,8	19,6	19,8	19,7	19,9	19,8

Уравнение линии регрессии после всех преобразований:

$$P_y = 0,113x^2 + 8,343, \text{ нит/см}, \quad (3)$$

корреляционное отношение  $R^2=0,996$ ;  $x=a$ .

Проверка адекватности описания полученной модели экспериментальных данных производилась по критерию Фишера. Расчетные значения критерия  $F_p = 2,88$ ; табличное значение критерия  $F_T = 3,04$ .

График изменения расчетных и экспериментальных значений плотностей по утку представлен на рис. 2.

Так как табличное значение критерия больше расчетного, то уравнение регрессии адекватно описывает экспериментальные данные.

В табл. 2 представлены результаты расчета.

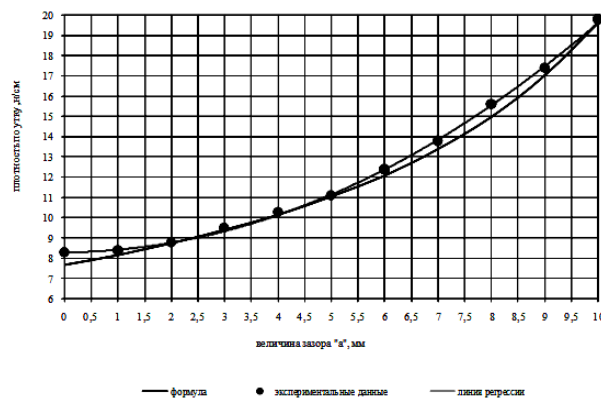


Рис. 2

Таблица 2

а, мм	Р <sub>у</sub> , нит/см			Отклонение, %	
	результат эксперимента	расчетные значения по формуле (2)	расчетные значения по уравнению регрессии (3)	от формулы (2)	от уравнения (3)
0	8,3	7,7	8,3	7,13	0,72
1	8,4	8,2	8,4	2,27	-0,95
2	8,8	8,8	8,8	0,90	0,45
3	9,5	9,4	9,5	0,74	1,27
4	10,3	10,2	10,3	1,07	1,26
5	11,1	11	11,1	0,36	-0,63
6	12,4	12,1	12,4	2,42	0,08
7	13,8	13,4	13,8	2,76	-0,73
8	15,5	15	15,6	3,66	-0,06
9	17,4	17	17,4	1,96	-0,75
10	19,8	19,7	19,8	0,46	0,61
Среднее				2,16	0,7



## ВЫВОДЫ

На основе проведенных экспериментов и расчетных данных можно говорить о том, что предложенная формула позволяет с высокой точностью прогнозировать плотность ткани по утку и может использоваться при разработке ассортимента тканей, вырабатываемых на станках типа СТБ с модернизированным товарным регулятором.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гречухин А. П., Селиверстов В. Ю., Тягунов В. А. Расчет плотности ткани по утку, выработанной на станке с модернизированным товарным регулятором // Научн. тр. молодых ученых КГТУ. – 2006. Вып. 7.

2. Селиверстов В.Ю., Гречухин А.П., Тягунов В.А. Товарный регулятор ткацкого станка // Патент РФ № 1384625, D 03 D 49/60; заявлено 23. 01. 2006; опубликовано 27. 10. 2007.

3. Селиверстов, В. Ю., Гречухин А.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4 С.

4. Селиверстов В.Ю., Гречухин А.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 6С. С. 98...101.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 02.02.09.

УДК 677.253:577.151.36

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КЛЕЙСТЕРИЗАЦИИ КРАХМАЛА  
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЕЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА  
В СТРУКТУРЕ ПРЯЖИ\****С.В. АЛЕЕВА, С.А. КОКШАРОВ***(Институт химии растворов РАН, г. Иваново)**

В зависимости от способа приготовления крахмальной шлихты физико-механические свойства ошлихтованной пряжи существенно варьируют при одинаковых значениях количества нанесенной композиции (приклея). Обусловлено это тем, что в процессе шлихтования пряжи клеящий состав может с разной степенью глубины и неравномерности проникать в структуру нити наряду с образованием поверхностной пленки. Наружный слой шлихты снижает фрикционные свойства, ворсистость пряжи и облегчает ее проводку в контакте с деталями технологического оборудования. Однако избыточное наружное отложение шлихты повышает вероятность осыпания высохшей пленки при многократных изгибающих и истирающих воздействиях на ткацком станке, что приводит к увеличению обрывности ошлихтованной нити основы в процессах ткачества. Вместе с тем, чрезмерное проникновение композиции в глубь волокон пряжи снижает ее эластичность, затрудняет последующие процессы удаления шлихты с ткани и проведение высококачественного беления полотна.

Для сопоставления эффективности применения различных расщепителей крахмала при приготовлении шлихты в

данной работе использован оригинальный метод оценки долевого распределения крахмала внутри нити, подробно описанный в работе [1]. Он основан на анализе изотерм десорбции крахмальных примесей из материала под действием амилолитических ферментов биопрепарата амилосубтилин Г10х, крупные размеры молекул которых определяют последовательное разрушение слоев шлихты от поверхности в глубь структуры пряжи. На кинетической кривой изменения остаточного содержания крахмала выделяются три участка с разной скоростью извлечения полимеров шлихты, которые позволяют определить количество полисахаридов в периферийных слоях на поверхности нити ( $G_{\text{ПОВ}}$ ), в межволоконных пространствах ( $G_{\text{МВ}}$ ), а также в трещинах и крупных порах волокон ( $G_{\text{В}}$ ).

Приготовление шлихты осуществляли по известным классическим режимам открытого термического способа, с применением в качестве расщепителей крахмала хлорамина, едкого натра, соляной кислоты [2], а также по разработанному биохимическому способу с использованием специализированных амилолитических ферментных препаратов [3]. Свойства полученных гидрогелей представлены в табл. 1.

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов РФФИ (код проекта 06-08-00600) и Федеральной целевой программе (шифр 2007-3-1.3-26-04-008).

Т а б л и ц а 1

Способ клейстеризации крахмала		Степень расщепления крахмала, %	Кинематическая вязкость, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$	Восстанавливающая способность, %	Истинный приклей, %
Термический		60	29	8	6,8
Химические	едкий натр	85	20	15	4,9
	соляная кислота	95	18	20	3,8
	хлорамин	99	24	12	4,1

Как видно, приготовление шлихты термическим способом обеспечивает наименьшую степень расщепления зерен крахмала, оцениваемую по долевого содержанию полимеров в растворе после седиментационного осаждения грубодисперсных частиц. Высокое содержание крупных твердофазных остатков зерен обуславливает повышенную вязкость композиции, что, в свою очередь, обеспечивает большее ее нанесение на обрабатываемую пряжу. Применение химических расщепителей крахмала увеличивает степень расщепления зерен в 1,4...1,6 раза, повышая текучесть композиции. При этом на-

блюдается неминуемая деструкция полимеров водорастворимой фракции, и содержание концевых альдегидных групп, обуславливающих редуцирующие свойства гидрогеля, повышается в 1,5...2,5 раза. Изменение физико-химических свойств шлихты отражается не только на величине приклея, но и на глубине проникновения композиции в структуру материала.

Результаты оценки влияния способов получения шлихтующей композиции на распределение полимеров крахмала в пряже и на скорость их извлечения в условиях тестовой обработки раствором амилосубтилина Г10х представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Способ клейстеризации крахмала		Долевое содержание крахмала в структуре нити, $G \pm 1, \%$			Скорость десорбции крахмала, $V \pm 0,04, \text{г} \cdot \text{кг} \cdot \text{вол}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$		
		$G_{\text{ПОВ}}$	$G_{\text{МВ}}$	$G_{\text{В}}$	$V_{\text{ПОВ}}$	$V_{\text{МВ}}$	$V_{\text{В}}$
Термический		42	58	-	0,57	0,17	-
Химические	едкий натр	29	60	11	0,84	0,27	0,05
	соляная кислота	13	50	37	0,96	0,31	0,16
	хлорамин	19	55	26	1,02	0,39	0,05

Нетрудно видеть, что крахмальная композиция, клейстеризованная термическим способом, обладает низкой проникающей способностью, и значительная ее доля дислоцирована на поверхности пряжи, что ухудшает фрикционные свойства пряжи и повышает осыпаемость шлихты. Очевидно, что причиной избыточного отложения данного вида шлихты на поверхности нити является низкая степень расщепления зерен крахмала и обусловленная этим повышенная вязкость образующегося гидрогеля. В поверхностной пленке локализуются грубо дисперсные остатки зерен, гидролитическое расщепление которых в растворе амилосубтилина происходит с более низкой скоростью. Полученные результаты согласуются с литературными сведениями [2] о недостаточной гладкости

поверхности пленок шлихты с низкой степенью расщепления крахмала и повышенной осыпаемости клеящего вещества при переработке пряжи.

Использование химических расщепителей крахмала снижает долю поверхностной фракции  $G_{\text{ПОВ}}$  в 2,2...3,2 раза. С повышением степени расщепления зерен крахмала в ряду  $\text{NaOH}$  – хлорамин –  $\text{HCl}$  увеличивается подвижность шлихты в процессе отжима пряжи, и более значительная ее часть проникает в структуру материала. Причем максимальное количество шлихты, обеспечивающее склеивание волокон пряжи между собой ( $G_{\text{МВ}}$ ), обеспечивает расщепление крахмала едким натром, но доля поверхностно нанесенной фракции велика и составляет 29 %.

Наиболее существенная миграция в глубь волокон наблюдается при кислотном

способе клейстеризации крахмала. Как известно [4], при кислотном катализе расщепления крахмала первоочередному воздействию подвергаются наиболее напряженные участки макромолекул амилопектина в местах присоединения боковых ответвлений  $\alpha$ -1-6-гликозидной связью. В результате интенсивной деструкции макромолекул амилопектина с образованием малоразветвленных декстринов увеличивается способность композиции проникать в поровые пространства волокон пряжи под действием усилий в жале валов шлихтовального оборудования.

Сопоставляя значения скорости десорбции полимерных фракций, следует отметить, что проникновение шлихты в волокно в значительной мере затрудняет ее удаление в процессе расшлихтовки. Вместе с тем, доля фракции  $G_B$  составляет более 1/4 для традиционно применяемой крахмально-хлораминовой шлихты, а при использовании кислотного способа приготовления клеящего состава – более 1/3.

Для обеспечения оптимального распределения шлихты в структуре пряжи более эффективным методом модификации

крахмальной композиции является биохимический способ приготовления крахмальной шлихты. В исследованиях использованы, разработанные в ИХР РАН совместно с сотрудниками ИГМА, амилитические препараты из серии "Амилан", в том числе:

- амилан ДН – низкотемпературный комплекс ферментов декстриногенного действия с высокими адсорбционными свойствами;
- амилан ДСР – среднетемпературная декстриногенная композиция;
- амилан СПР – среднетемпературный полиферментный комплекс девятящего действия с высокими адсорбционными свойствами.

Выбор биокомпозиций осуществлен на основании результатов исследований влияния условий ферментативной клейстеризации крахмала в их присутствии на физико-химические свойства гидрогеля, описанных в работе [3]. В табл. 3 представлена характеристика применяемых ферментных препаратов.

Таблица 3

Наименование препарата	Рабочая температура, °С	Степень адсорбции, $S_{АДС}$ , %	Показатель активности ферментов при 30°С, ед./мл	
			$A_{ЭНДО}$	$A_{ЭКЗО}$
Амилан ДН	25...50	48,5	300...600	max 50...100 min 0,3...0,9
Амилан ДСР	60...80	13,9	880...920	max 50...60 min 0,3...1,3
Амилан СПР	60...80	24,1	600...1000	max 170...250 min 50...70

Результаты оценки влияния различных вариантов биомодификации шлихты указанными ферментными препаратами на

распределение крахмала в структуре пряжи сведены в табл. 4.

Таблица 4

Биомодификатор	Долевое содержание крахмала в структуре нити, $G \pm 1$ , %			Скорость десорбции крахмала, $V \pm 0,04$ , г·кг вол <sup>-1</sup> ·мин <sup>-1</sup>		
	$G_{ПОВ}$	$G_{МВ}$	$G_B$	$V_{ПОВ}$	$V_{МВ}$	$V_B$
Амилан СПР	16	53	31	2,37	1,03	0,19
Амилан ДСР	21	56	23	1,92	0,75	0,08
Амилан ДН	26	59	15	2,61	1,22	0,05

Как видно в сравнении с результатами применения хлораминовой шлихты (табл. 2), наиболее близкое соотношение фракций крахмала получено при использовании амилана ДСР. Вместе с тем, скорость извлечения крахмальных примесей тестовым раствором в последнем случае примерно в 2 раза выше, чем для базовой технологии. Ускорение десорбции, вероятно, обусловлено частичной деполимеризацией крахмала под действием декстриногенных ферментов в процессе приготовления шлихты. При этом вполне вероятно разрушение гелеобразующих фракций: высокодиспергированных остатков зерен крахмала и отдельных макромолекул, о чем, согласно данным [3], свидетельствует низкая степень расщепления крахмальных зерен при высокой восстанавливающей способности гидрогеля. Применение амилана СПР с выраженным девятнадцатым действием на амилопектин аналогично влиянию кислот и приводит к существенному увеличению доли крахмала в доступных трещинах и макропорах волокон пряжи ( $G_B$ ). Лишь в случае использования в качестве расщепителя препарата амилан ДН с высокими адсорбционными характеристиками ферментов, не обладающих девятнадцатым действием, удается получить наиболее рациональное распределение шлихтующей композиции в структуре текстильного материала. Долевое содержание фракции крахмала в доступном поровом пространстве волокон сокращено до 15 %, что способствует повышению интенсивности и полноты удаления шлихты в процессах расшлихтовки тканых полотен.

## ВЫВОДЫ

1. Повышение степени расщепления крахмальных зерен под действием хими-

ческих катализаторов в ряду  $\text{NaOH} < \text{хлорамин} < \text{HCl}$  сопровождается снижением доли поверхностно нанесенной клеящей композиции, а также количества шлихты в межволоконных пространствах, обеспечивающей упрочнение пряжи за счет склеивания волокон между собой. Кислотный и хлораминовый способы приготовления шлихты способствуют значительному проникновению полимера в пустоты отдельных волокон. Для традиционно применяемой крахмально-хлораминовой шлихты содержание крахмала в порах волокна составляет более 1/4, а при кислотном гидролизе – более 1/3.

2. Биохимический метод модификации крахмальных зерен с использованием в качестве расщепителя препарата амилан ДН позволяет получить наиболее рациональное распределение шлихтующей композиции в структуре текстильного материала, обеспечивая сокращение долевого содержания крахмала в доступном поровом пространстве волокон до 15 %, что облегчает его удаление при расшлихтовке тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алеева С.В., Кокшаров С.А.* // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 2005, № 1. С. 19...22.
2. *Рыбакова В.М.* Технология шлихтования хлопчатобумажной пряжи. – Иваново: Ивановское книжное изд-во, 1957.
3. *Алеева С.В., Кокшаров С.А.* // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2003, т.46, вып. 1. С.120...124.
4. *Роговин З.А.* Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972.

Рекомендована научно-техническим семинаром отдела "Химия текстильных материалов". Поступила 02.10.08.

## ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТЕКСТИЛЬНЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ И ПРОМЫВКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.И. ОДИНЦОВА, О.К. СМИРНОВА, М.Н. КРОТОВА, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет,  
ОАО "Ивхимпром", г. Иваново)

В последние десятилетия произошло значительное расширение рынка текстильных вспомогательных веществ отечественного и импортного производства, что привело к появлению большого числа новых незнакомых марок препаратов. Такая ситуация вызывает определенные трудности у технологов отделочного производства по выбору наиболее эффективных ТВВ.

Чтобы ориентироваться в ассортименте предлагаемых препаратов и отбирать среди них оптимальные, необходимо выработать систему критериев оценки качества основных видов текстильных вспомогательных веществ.

Для смачивателей и моющих веществ такими критериями являются содержание основного вещества, поверхностное натяжение и скорость смачивания, эмульгирующая, моющая и пенообразующая способности, устойчивость к растворам кислот, щелочей и солей жесткости.

Эти показатели определяются, как правило, по тестированным методикам, которые могут быть воспроизведены в условиях фабричной лаборатории.

Количество основного вещества оценивается по содержанию в препарате воды с помощью метода Дина-Старка [1]. Навеску препарата помещают в колбу с растворителем, при кипячении отгоняют воду, которая попадает в ловушку. Далее по объему воды в ловушке рассчитывается массовое содержание основного вещества. Эта методика необходима для входного контроля поступающих препаратов.

Смачивающая способность определяется как время погружения диска диаметром 30 мм из суровой хлопчатобумажной ткани на дно стакана с раствором поверхностно-активного вещества [2].

Ценной характеристикой моющих веществ и смачивателей является пенообразующая способность. Для контроля этого показателя определяют высоту столба пены, образующейся при встряхивании цилиндра с раствором препарата [3].

Высокий уровень пенообразования особенно мешает при высокоскоростных процессах обработки текстильных материалов. Пенообразующая способность смачивателей и моющих веществ колеблется от 300 до 120 см<sup>3</sup> для неонола 9/10 АФ, синтанола АЛМ-10 и синтанола БВ, феноксола 9/10 БВ соответственно. Есть специально синтезированные препараты с очень низким пенообразованием, например, оксанол ОДМ с высотой пены 60 см<sup>3</sup>. Этот метод позволяет оценить также качество пеногасителей.

Определение моющей способности по ГОСТу 22567 основано на отмывании стандартно загрязненных образцов ткани: оценивается белизна ткани до и после обработки раствором моющего вещества [4].

Для определения устойчивости растворов ПАВ визуально оценивается изменение состояния раствора при введении различных химических реагентов. Появление осадка, расслоение раствора или потеря технологических свойств свидетельствует о неустойчивости препарата [1].

Предлагаемая система критериев позволяет из широкого спектра существующих ТВВ выбрать наиболее эффективные.

Для примера на рис. 1 представлена взаимосвязь поверхностного натяжения раствора и скорости смачивания ткани при использовании высокоэффективного смачивателя сукцинола 2К. Пользуясь методом оценки скорости смачивания, можно не только отобрать лучший из предлагае-

мой серии препаратов, но и выбрать оптимальную концентрацию препарата в пропиточной ванне. Применение сукцинола

2К в концентрации 1 г/л позволяет практически мгновенно смочить даже плотную суровую хлопчатобумажную ткань.

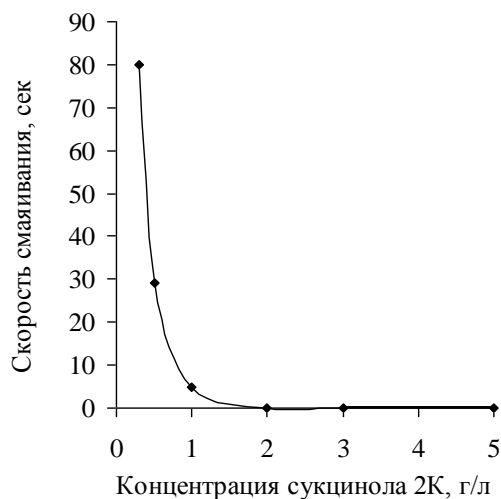
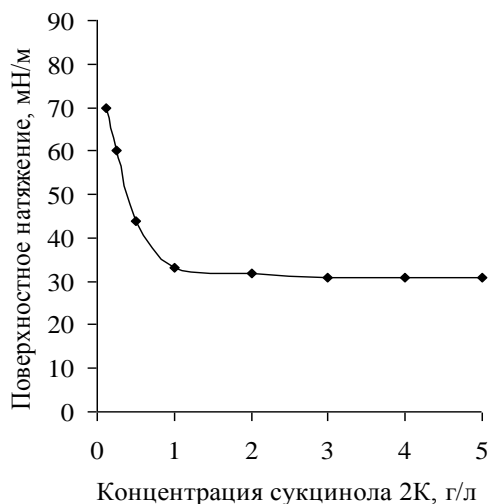


Рис. 1

В табл. 1 представлены данные по оценке влияния природы ПАВ на протека-

ние процессов смачивания и эмульгирования.

Таблица 1

Наименование ПАВ	Концентрация, г/л	Скорость смачивания, с	Капиллярность, мм
Сульфосид 61	0,5	49,5	139
	1,0	28	
	1,5	23	
	2,0	20	
Феноксол 9/10 БВ	0,5	31	109
	1,0	15	
	1,5	10	
	2,0	7	
Сукцинол 2К	0,5	28	10
	1,0	5	
	1,5	1,3	
	2,0	0,07	

Выбирая из трех препаратов сульфосида 61, феноксола 9/10 БВ и сукцинола 2К смачиватель, обеспечивающий лучшую скорость пропитки, например, для крашения ткани высокой поверхностной плотности, следует предпочесть сукцинол 2К, так как он обеспечивает максимальную скорость смачивания текстильного материала.

Однако скорость смачивания и поверхностное натяжение не характеризуют эмульгирующую способность ПАВ. Оценка эмульгирующей способности по общепринятым методам, основанным на эмуль-

гировании минеральных масел, для текстильной химии малоинформативна. В условиях производственных химических лабораторий для данных целей рациональней пользоваться техническими показателями, получаемыми при отварке суровой хлопчатобумажной ткани растворами ПАВ в строго одинаковых условиях.

Из данных табл. 1 видно, что хороший смачиватель сукцинол 2К практически не обладает эмульгирующей способностью (оцененной по показателю капиллярности). Композиционный препарат сульфосид 61,

содержащий как анионактивное, так и неионогенное ПАВ, обеспечивает лучшую эмульгируемость. Однако только неионогенный феноксол 9/10 БВ универсален, так как обладает как хорошей скоростью смачивания, так и эмульгирующим действием.

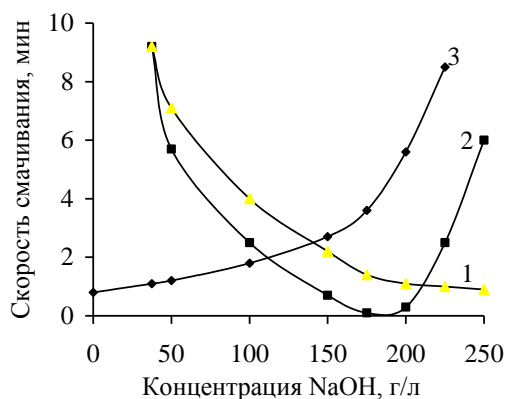


Рис. 2

В процессах, протекающих в щелочной среде, выбор смачивателя особенно сложен (рис. 2). Специальные смачиватели для мерсеризации сульфирол-8 (кривая 1), кроспен MWA (кривая 2) практически не смачивают ткань в нейтральной среде и только при концентрациях едкого натра выше 150 г/л начинают активно работать.

Они практически не обладают эмульгирующей способностью: капиллярность суrowой хлопчатобумажной бязи после отварки с применением сульфирола-8 составляет 9 мм, а кроспена MWA – 5 мм. Но есть препарат метекс (кривая 3), который работает и в нейтральной, и в щелочной средах до концентрации 170 г/л и при этом обладает очень хорошей эмульгирующей способностью – капиллярность ткани 140 мм. В связи с этим метекс лучше использовать для совмещенного процесса мерсеризации с отваркой.

Методика определения моющей способности препаратов в большей степени адаптирована к бытовой химии, однако позволяет адекватно оценить способность ТВВ удалять с ткани загрязнения всех типов. Изучение влияния синтанола БВ и авироля ОГ на процесс удаления природных и искусственных загрязнений с текстильных материалов (табл. 2) показало, что препарат синтанол БВ обеспечивает оптимальные показатели при стирке тканей, а также при удалении природных жиров с шерсти в процессе мойки и воскообразных веществ с хлопка в процессе отварки.

Таблица 2

Наименование процесса	Определяемый параметр	Наименование препаратов	
		синтанол БВ	авироль ОГ
Стирка	Моющая способность, ед.	1,51	0,38
Мойка шерсти	Степень удаления жира, %	70	24
Отварка	Капиллярность хлопчатобумажной бязи, мм	103	63

Определенные сложности возникают при отборе препаратов для отмывки незафиксированного красителя с окрашенной или напечатанной ткани. Максимальную информацию об эффективности действия моющих средств дает кинетика десорбции красящих веществ в промывной раствор [6]. В табл. 3 приведены данные по влиянию природы поверхностно-активных веществ на десорбцию активного ярко-красного 5СХ в раствор с окрашенной хлопчатобумажной бязи. Максимальное моющее действие в этом случае оказывает синтанол 45-7, кото-

рый является производным оксиэтилированных жирных спиртов со степенью оксиэтилирования, равной 7.

Таблица 3

Наименование ПАВ	Эффективность промывки, %		
	30	60	90
Синтанол АЛМ-8	37,5	40,0	41,3
Сульфтекс АФ 9-12	41,3	42,5	43,8
Сульфонол	47,5	53,8	53,8
Синтанол 45-7	70,0	75,0	80,0



Таким образом, пользуясь сравнительно небогатым методическим обеспечением, можно в первом приближении оценить качество ТВВ и, что самое главное, сделать правильный выбор.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена система критериев оценки качества текстильных вспомогательных веществ, используемых для подготовки и промывки тканей.

2. Показано, что в условиях производства оптимальными параметрами, определяющими качество текстильных вспомогательных веществ, являются моющая способность, скорость смачивания, эмульгирующая и пенообразующая способности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.П., Крикунова К.Ф. Технический анализ при отделке тканей и трикотажных изделий: Учебник для средн. спец. учеб. заведений текстильной пром-сти. – М.: Легкая индустрия, 1974.

2. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества. Справочник /А. А. Абрамзон, В. В. Бочаров, Г. М. Гаевой; под ред. А. А. Абрамзона, Г. М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979.

3. Крикунова К.Ф., Крикунова И.В. Технический анализ при отделке тканей и трикотажных изделий: Учебник для техникумов. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

4. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение: Учебное пособие для вузов /А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд; под ред. А. А. Абрамзона. – Л.: Химия, 1988.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 25.11.08.

УДК 677.027.523.5

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ЗАГУСТИТЕЛИ ДЛЯ АКТИВНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

*В.Н. НЕКРАСОВА, Т.Л. ЩЕГЛОВА, О.А. БЕЛОКУРОВА*

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Проблема выбора загустителей для активных красителей на отечественных отделочных предприятиях в настоящее время также актуальна, как и 20–30 лет назад.

Использование отечественных продуктов на основе эфиров крахмала и целлюлозы в качестве загусток для активных красителей интересно как альтернатива крахмалу и дорогим импортным загустителям, которые в настоящее время преимущественно используются в производстве.

Простые эфиры целлюлозы и крахмала относятся к перспективным продуктам для текстильной промышленности, так как производятся из возобновляемого растительного сырья, подвергаются биологическому расщеплению без образования вредных веществ, недефицитны и сравнительно недороги. Несмотря на указанные преимущества, на отечественных отделочных

предприятиях в настоящее время они практически не используются.

Целью настоящего исследования являлась оценка эффективности ряда отечественных карбоксиметилловых эфиров крахмала (КМК) и целлюлозы (КМЦ) производства ЗАО "Полицелл" в качестве загустителей печатных красок для активных красителей.

Для оценки пригодности некоторых марок карбоксиметилловых эфиров крахмала (КМК) и целлюлозы (КМЦ) в качестве загущающих веществ для печатных красок, в первую очередь, были определены показатели вязкости, водородного показателя, массовая и объемная концентрации, и эти показатели сопоставлены с импортным загустителем – сольвитозой С-5. Соответствующие данные представлены в табл. 1.

Загустка	Вязкость, Па·с	Концентрация массовая, %	pH
КМЦ-7В	111,6	5	8÷9
КМЦ-9В	48,1	5	9
КМЦ-9С	72,9	7	9÷10
ПАЦ-В	55,8	5	9
КМК-ОК 50/04	51,2	5	9÷10
КМК-БУР 70/04	27,1	7	9÷10
Сольвитоза С-5	48,1	7	9÷10

Примечание. ПАЦ-В – полианионная целлюлоза (натриевая соль карбоксиметилловых эфиров целлюлозы с высокой степенью замещения).

Из табл. 1 следует, что по этим показателям наиболее близки к сольвитозе С-5 такие марки, как КМЦ-9В, КМЦ-9С, ПАЦ-В и КМК-ОК №50/04. Несколько ниже вязкость у КМК-БУР №70/04, а выше у КМЦ-7В и КМЦ-9С. Поэтому при первичной оценке отечественных продуктов, с

точки зрения пригодности их для загущения печатных красок наиболее перспективны КМЦ-7В, КМЦ-9В, ПАЦ-В и КМК-ОК №50/04, так как они обеспечивают показатели вязкости не ниже, чем сольвитоза С-5 при меньших значениях массовой концентрации.

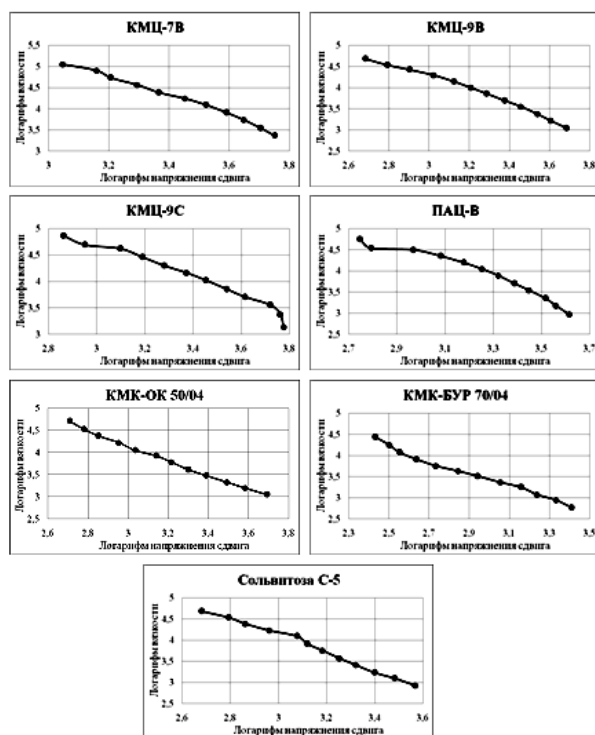


Рис. 1

Для оценки поведения загусток в процессе печатания необходимо изучить степень и характер разрушения их структуры под действием сдвиговых нагрузок, возникающих на печатном оборудовании. С этой целью в работе были определены реологические (рис. 1) и тиксотропные (рис. 2) характеристики исследуемых вязких систем из КМК и КМЦ и сопоставле-

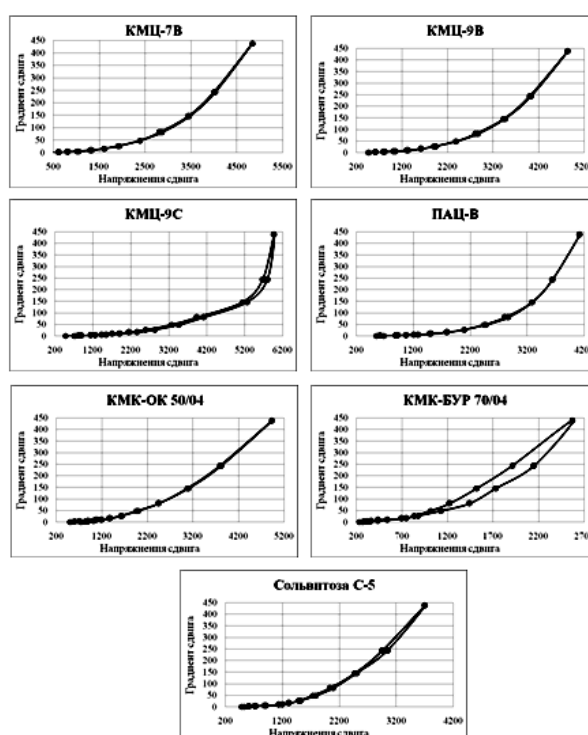


Рис. 2

ны с реологией сольвитозы С-5. По этим показателям все препараты можно признать пригодными для использования в качестве загустителей печатных красок.

Для лабораторных испытаний печатно-технических свойств КМК и КМЦ использовали активные монохлортриазиновые красители отечественного производства (красный 6С и бирюзовый КП). Печать

осуществляли на лабораторной печатной машине с гравированным валом, а фиксацию осуществляли при температуре 160°C в среде перегретого водяного пара и сухого воздуха. Качество отпечатка оценивали по его интенсивности и устойчивости окраски, а также по степени полезного использования красителя.

Степень полезного использования красителя определяли как относительную светлоту непромытого и промытого образ-

цов, так как другой, более известный, способ по относительной интенсивности окраски (K/S) оказался не пригодным ввиду того, что коэффициент отражения промытого образца был ниже, чем непромытого. Вероятно, этот факт обусловлен наличием на непромытой ткани пленки загустителя.

Соответствующие данные для красителей активного красного 6С и активного бирюзового КП представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Краситель	Загуститель	Способ фиксации*	Светлота окраски, %	Относительная светлота, %	Устойчивость к стирке № 4, балл
Активный красный 6С	КМЦ-7В	1	14,1	75,7	5÷4/4÷3
		2	14,3	77,5	5/4
	КМЦ-9В	1	17,9	61,4	5÷4/4
		2	15,0	74,2	4/4
	КМЦ-9С	1	11,6	83,0	5/5÷4
		2	18,3	80,0	5/5÷4
	ПАЦ-В	1	11,8	86,5	5/4
		2	14,5	79,8	5/5÷4
	Сольвитоза С-5	1	11,8	75,8	4/3
		2	14,9	80,9	5÷4/4÷3
Активный бирюзовый КП	КМЦ-7В	1	28,3	99,3	5/4
		2	28,4	102,5	5/4÷3
	КМЦ-9В	1	29,3	96,0	5/5÷4
		2	27,8	100,5	5/4
	КМЦ-9С	1	27,0	96,8	5/5÷4
		2	26,3	99,8	5/5÷4
	ПАЦ-В	1	28,2	97,4	5/4
		2	27,6	98,9	5/4
	КМК-ОК 50/04	1	26,4	99,7	5/5÷4
		2	22,6	95,9	5/5÷4
	КМК-БУР 70/04	1	27,3	96,0	5/5
		2	26,0	103,5	5/4
	Сольвитоза С-5	1	28,9	99,7	5/4÷3
		2	29,0	97,9	5/4
Крахмал	1	29,6	92,9	4/4	

П р и м е ч а н и е. \* 1, 2 – соответственно горячий воздух и перегретый пар.

Анализ полученных данных свидетельствует, что при печати красителем активным красным 6С как в случае фиксации красителя в атмосфере перегретого водяного пара, так и сухого горячего воздуха все используемые загустители, кроме КМЦ-7В и КМЦ-9В, обеспечивают степень фиксации красителя на ткани на уровне сольвитозы С-5. При печати активным бирюзовым КП как в случае фиксации красителя в атмосфере перегретого водяного пара, так и сухого горячего воздуха все используемые загустители обеспечи-

вают более высокую, по сравнению с сольвитозой С-5, степень фиксации красителя на ткани.

Очень важно, чтобы при печати не наблюдалось изменения оттенка красителя. Для этого было определено общее цветовое различие между образцами, напечатанными активными красителями с использованием исследуемых загущающих составов на основе КМК и КМЦ и загусткой из сольвитозы С-5. Соответствующие результаты представлены в табл. 3.

Краситель	Загустка	Светлота (L)	Насыщенность, или чистота (C)	Цветовой тон (H)	Цветовое различие (ΔE)*
Активный красный 6С	КМЦ-9С	40,0	51,3	1,3	2,4
	ПАЦ-В	40,9	51,7	-0,6	2,9
	Сольвитоза С-5	42,1	50,1	1,5	0
Активный бирюзовый КП	КМЦ-9С	59,0	32,6	-134,33	5,6
	ПАЦ-В	60,1	31,5	-136,8	2,8
	КМК-БУР 70/04	59,3	31,2	-135,5	3,8
	Сольвитоза С-5	60,7	29,3	-138,5	0

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что происходит незначительное изменение оттенка, цвет становится более насыщенным и чистым. Таким образом, использование эфиров крахмала и целлюлозы в качестве загусток для активных красителей приводит к улучшению цветовых характеристик.

Окончательный вывод об эффективности исследуемых печатных составов на основе карбоксиметилловых эфиров крахмала и целлюлозы будет сделан после их производственных испытаний.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка пригодности ряда марок карбоксиметилловых эфиров крахмала (КМК-ОК 50/04, КМК-БУР 70/04) и целлюлозы (КМЦ-7В, КМЦ-9В, КМЦ-9С и ПАЦ-В) производства ЗАО "Полицелл"

для использования их в качестве загусток печатных красок. Установлено, что по значению рН, показателям исходной вязкости и реологическим свойствам наиболее близки к сольвитозе С-5 высоковязкие марки КМЦ-9В, ПАЦ-В и КМК-ОК №50/04.

2. Изучены печатно-технические свойства исследуемых марок КМК и КМЦ при печати активными красителями. Показано, что загустители по интенсивности окраски и степени фиксации обеспечивают колористические показатели качества рисунков при печатании активными красителями на уровне сольвитозы С-5, а в большинстве случаев этот уровень и превосходят.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 25.14.08.

УДК. 677.027.622

## ПОДРАБОТКА ЦВЕТОВ КАМУФЛИРОВАННОГО РИСУНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРИАДЫ ПИГМЕНТОВ НА БАЗЕ ДАННЫХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*О.В. КОЗЛОВА, Н.П. ЩИТОВА, А.А. АЛЕШИНА*

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

В последнее время камуфлированные рисунки, помимо основного назначения в тканях для пошива военной и специальной одежды, нашли широкую популярность в тканях повседневной молодежной одежды.

Переход отделочных предприятий на печать пигментами с использованием эффективных импортных технологий, ТВВ и оборудования, а также появление на отечественном рынке новых текстильных

пленкообразующих полимеров, пигментов и технологий [1], [2] делает возможным получение с помощью пигментов прочных окрасок и тем самым упрощение технологии получения камуфлированных рисунков методом прямой печати.

В последнее время большинство отечественных текстильных предприятий для колорирования используют импортные красители и пигменты. Наиболее активно применяются красители, ТВВ и пигменты таких ведущих фирм, как "Clariant", "BASF", "Ciba", "СНТ" и др. [3].

Помимо продукции текстильной химии и красителей фирмами поставляется полная информация по свойствам и регламентам использования этих веществ, а также программные продукты, позволяющие значительно упростить работу химических лабораторий и эффективно оптимизировать процесс колорирования.

Программа, с помощью которой можно рассчитать рецептуры печати пигментами под образец, используя базу пигментов фирмы "BASF", называется Chroma RS.

Расчетная программа фирмы "Clariant" – Match Wizard является универсальным средством подбора рецептуры для крашения (печати) в заданный тон. Имея спектральные характеристики эталона (координаты L, a, b или выбранный оттенок по одному из атласов цветов, например, PONTON TC), колорист задает вид субстрата и способ крашения. Программа автоматически рассчитывает все возможные рецептуры крашения (печати) в заданный тон. Все предлагаемые фирмами программы предусматривают использование красителей и пигментов своей же фирмы, которые и заложены в базу данных.

Несомненно, прогрессивным является использование триад красителей или пигментов, с помощью которых можно получить различные серии выкрасок. Ряд указанных фирм предлагают стандартные триады, триады для крашения в глубокие тона и триады, обеспечивающие получение

выкрасок с повышенной устойчивостью к действию света.

Настоящая работа посвящена разработке методического подхода к получению рецептур для печати камуфлированных рисунков под эталон, используя триады пигментов любой фирмы-производителя, что является актуальным и представляет большой практический интерес.

Теоретическим обоснованием подбора рецептур печати явился спектрофотометрический метод, позволяющий рассчитать рецептуру для сложных цветов, используя данные базисных выкрасок.

На начальном этапе подгонки цвета под образец с помощью спектрофотометра фирмы GretagMacbeth снята серия спектров:

- с цветных пятен камуфлированной хлопчатобумажной саржи;
- подготовленной под печать белой саржи;
- образцов, напечатанных базисными пигментами (близкими к ПГЖ);
- с образца, приближенного к абсолютно черному.

Получена база спектров отражения с концентрационной серией выкрасок базисными пигментами. Далее спектр отражения преобразовывался в спектр поглощения при помощи формулы ГКМ.

Для построения кривых распределения функции ГКМ от длины волны использовалась программа Microsoft Excel, в которой для всей концентрационной серии каждого пигмента рассчитаны значения K/S по формуле:

$$K/S = \frac{(1 - \rho_{\infty})^2}{2\rho_{\infty}},$$

где  $\rho_{\infty}$  – коэффициент отражения, соответствующий нужной длине волны; S – коэффициент рассеивания; K – коэффициент поглощения; K/S – функция Кубелки – Мунка – Гуревича.

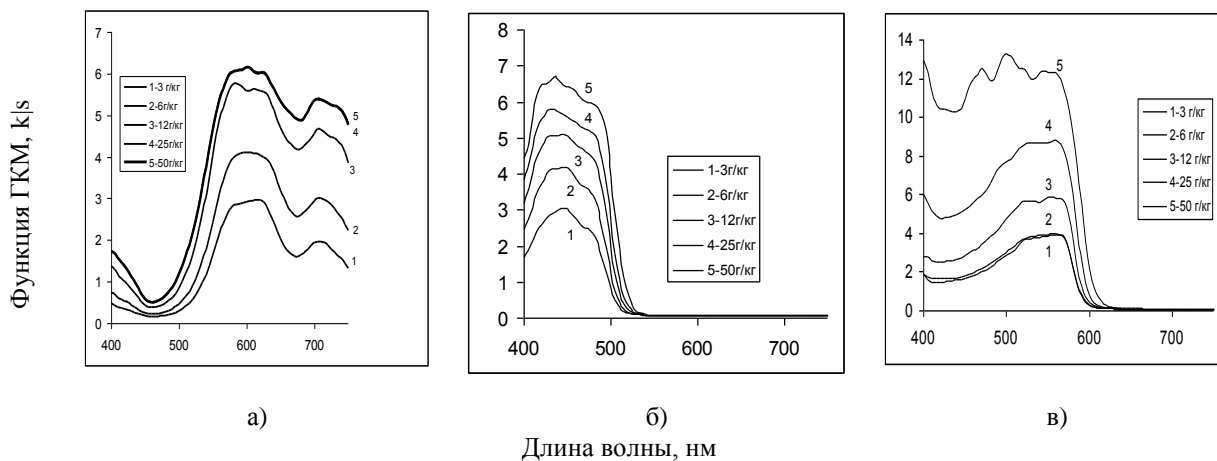


Рис. 1

На рис.1 представлены кривые зависимости  $K/S$  от длины волны всей концентрационной серии для синего (а), желтого (б) и красного (в) цветов соответственно. Анализ зависимости функции ГKM от длины волны свидетельствует о повышении интенсивности цвета с ростом концентрации пигментов.

Очевидно, что если для желтого цвета наблюдается закономерное изменение значений функции ГKM в зависимости от концентраций пигмента во всем видимом диапазоне длин волн, то для красного и синего пигмента эти закономерности не соблюдаются.

Для синего пигмента при концентрациях его в печатной пасте, равных 25 и 50 г/кг, спектральные кривые сливаются в одну. Это говорит о том, что при этих кон-

центрациях интенсивность цвета настолько высока, что уже визуального различия не наблюдается.

Также хорошо видно, что интенсивности красного пигмента при концентрациях 3 и 6 г/кг слабо отличаются друг от друга, а после 570 нм сливаются в одну линию.

Для того, чтобы понять, в каких концентрациях наиболее эффективно использовать исходные красители при подгонке цвета под эталон, построены графики зависимости функции ГKM от концентрации пигмента при длине волны, соответствующей максимуму поглощения для каждого цвета.

Максимумы поглощения для пигментов соответствуют: для синего – 600 нм; для желтого – 450 нм; для красного – 560 нм.

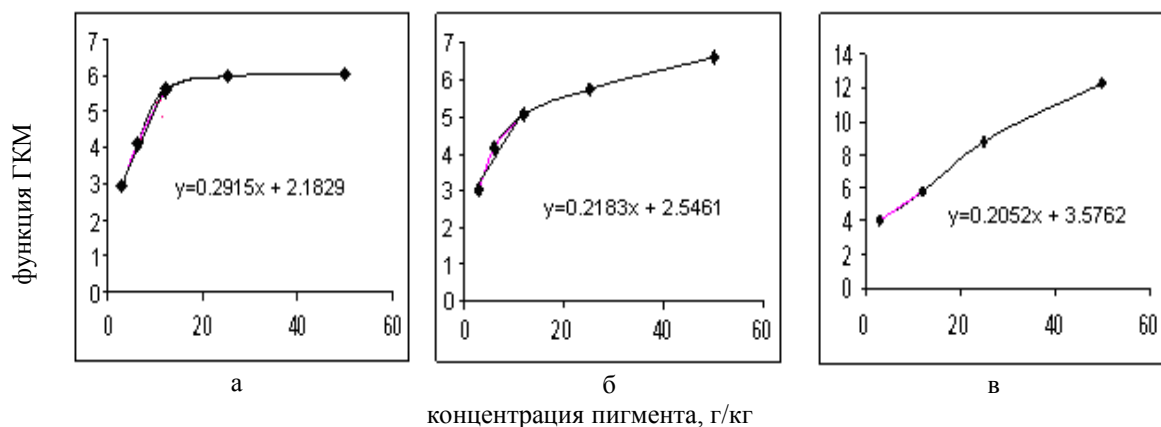


Рис. 2

Из рис.2 следует, что с увеличением концентрации пигмента интенсивность цвета резко повышается до некоей концентрации (так называемой точки насыщения), при которой дальнейшее ее увеличение не приводит к существенному приращению интенсивности цвета.

Для участка на графиках, где зависимость функции  $K/S$  от концентрации пигмента носит прямолинейный характер, проведена линия тренда, которая описывается уравнением общего вида:  $y = ax + b$ , где  $a = \text{tg}(m)$ ,  $m$  – угол наклона прямой.

Получаем три уравнения прямых:

– для синего цвета  $y = 0,2915x + 2,1829$ ;

– желтого цвета  $y = 0,2183x + 2,5461$ ;

– красного цвета  $y = 0,2052x + 3,5762$ .

Коэффициент  $a$  выражает следующий смысл: характеризует угол наклона прямой зависимости  $K/S$  от концентрации, а также рост интенсивности цвета при изменении концентрации пигмента.

Иными словами, физический смысл коэффициента  $a$  заключается в том, что он является коэффициентом пропорциональности между концентрацией пигмента и функцией ГКМ при длине волны, соответствующей максимальному поглощению пигмента. Коэффициент пропорциональности должен быть учтен при подборе концентрации пигмента в печатном составе. А именно: прямолинейная зависимость функции ГКМ от концентрации соблюда-

ется для синего и желтого пигментов до 12 г/кг, а для красного до – 25 г/кг. Это явилось основанием для использования пигментов в концентрациях, не превышающих указанные выше.

Спектры отражения, снятые с цветowych пятен эталонного камуфлированного рисунка – коричневого, зеленого и хаки, преобразованы в графики зависимости функции ГКМ ( $K/S$ ) от длины волны.

Следующим этапом явилось сложение спектров базовых цветов до получения спектров, идентичных с эталоном. Для этого использовалась программа Microsoft Excel, в которой заложены цифровые данные суммарного спектра и график, позволяющий оценить малейшие изменения спектра.

При получении суммарного спектра по теоретическим данным использованы концентрации не выше 12 г/кг – для синего и желтого пигментов и не выше 25 г/кг – для красного, также учитывались полученные коэффициенты пропорциональности между концентрацией пигмента и функцией ГКМ.

При суммировании спектров отталкивались от максимумов  $K/S$  коричневого, зеленого и хаки цветов и максимумов поглощения базисных цветов. Полученная кривая подчиняется следующему уравнению:

$$F(K/S_{\text{см}}) = A_1 a_{\text{кр}} K/S_{\text{кр}} + A_2 a_{\text{син}} K/S_{\text{син}} + A_3 a_{\text{ж}} K/S_{\text{ж}},$$

где  $a_{\text{кр}}$ ,  $a_{\text{син}}$  и  $a_{\text{ж}}$  – коэффициенты пропорциональности между концентрацией пигмента и функцией Кубелки–Мунка–Гуревича соответственно для красного, синего и желтого цветов;  $K/S$  – функция ГКМ;  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  – коэффициенты, варьированием которых добиваемся максимального сходства полученного спектра с исходным, то есть коэффициенты, показывающие количественное соотношение

красного, синего и желтого пигментов в печатном составе.

После тщательного подбора коэффициентов  $A_1, A_2, A_3$  и выбора подходящей концентрации для синего, красного и желтого пигментов оценена сходимость полученного спектра с исходным. Как видно из рис. 3, полученные спектры довольно близко повторяют форму исходных и имеют несколько точек пересечения.

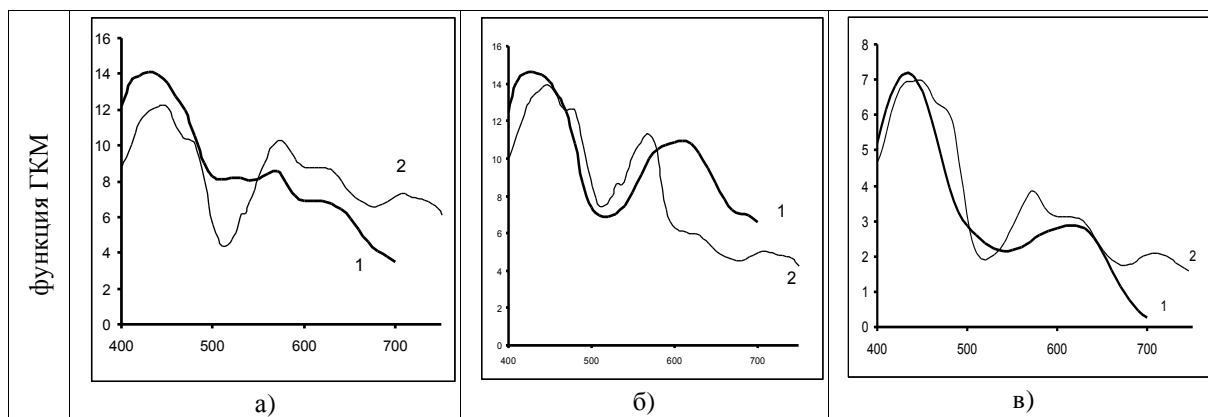


Рис. 3

Представленные выше соотношения концентраций легли в основу рецептур печатных красок. При этом использовались только отечественные пигменты и композиции [4], [5]. Напечатанные образцы в визуальном отношении не различимы по цвету с пятнами эталонного камуфляжа. Недостатком метода пока остается неточность воспроизведения цвета пятен, выполненных в светлых тонах, что в дальнейшем требует доработки.

Предлагаемый метод расчета рецептур проверен при воспроизведении цветовых пятен на серии камуфлированных рисунков, является простым, удобным и может быть реализован с использованием текстильных пигментов любых фирм-производителей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алешина А.А., Козлова О.В., Мельников Б.Н. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2007. Т.50, вып.6. С.3...8.
2. Алешина А.А., Козлова О.В., Рудыка В.И., Петренко Р.А. Использование водных дисперсий сополимеров метакриловых мономеров при отделке текстильных материалов // 3-й Межд. научн.-техн. конф.: Полимерные композиционные материалы и покрытия. – Ярославль, 2008. С.379...380.
3. Кочергин А.Б., Разуваев А.В. // Текстильная химия. – 2004, №3. С.21...28.
4. Алешина А.А., Козлова О.В. Разработка пигментной композиции на основе отечественных связующих систем. // Межд. научн.-техн. конф.: Конъюнктура рынка текстиля и пути создания конкурентоспособной продукции. – М. 2005. С.12.
5. Алешина А.А., Козлова О.В. Применение ионных дисперсий полиуретановых полимеров в текстильной промышленности. // 1 Межд. научн.-техн. конф.: Инновационные технологии в индустрии текстиля, БК-308. – М. 2006. С.28.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 01.12.08.

УДК 677.371.5

## МЕХАНИЗМ СУПЛИРОВАНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА ЭТИЛЕНХЛОРИДИНОМ

Д.Б. ХУДАЙБЕРДИЕВА

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Различие в аминокислотном составе и пространственной структуре фиброина и серицина предопределяет их функции шелка как текстильного сырья, созданного природой. Фиброин как основа шелка обуславливает физико-механические свойства

нити, а серицин защищает ее от деструкции и обуславливает благоприятную текстильную переработку. Наилучшие физико-механические и технологические свойства нитей натурального шелка проявляются при содержании серицина



4..6%. Существует мнение, что между фиброином и серицином нет резкой границы, а наблюдается постепенный переход от наружного слоя волокна к внутреннему [1]. Ранее [2] нами установлена возможность улучшения текстильно-технологических свойств шелка, сохраняя при этом определенное количество серицина, придав ему водонерастворимость на поверхности фиброина и соблюдая оптимальное соотношение белков.

В настоящей статье рассматривается механизм связывания серицина и фиброина бифункциональным соединением – этиленхлоргидрином (ЭХГ).

Исследование состава и строения продуктов взаимодействия ДЦУ с серицином методами распределительной хроматографии и ИК-спектроскопии [3] позволило предположить механизм образования труднорастворимой соли кислотных групп серицина с катионом ДЦУ при блокировании аминокрупп анионом этого препарата. Образование сшитых трехмерных структур объясняется трудностью растворения серицина. Для снижения жесткости системы фиброин–серицин проводят метилирование иминных групп пептидной связи.

Развивая способы суплирования натурального шелка формальдегидом, авторы разработали технологию суплирования шелковых тканей с использованием уротропина и уксусной кислоты [4]. При обработке суровой шелковой ткани водным раствором, содержащим уротропин и уксусную кислоту, при высокой температуре уротропин разлагается с выделением формальдегида. Выделившийся формальдегид

взаимодействует с аминокруппами макромолекулы шелка и сшивает с ним серицин. Для получения устойчивого привеса на ткани и сохранения ее мягкости дополнительно включается операция переварки.

Преыдушие работы по исследованию влияния основных параметров процесса суплирования натурального шелка с ЭХГ при различном его содержании на физико-механические свойства шелка показали, что при содержании связанного серицина до 11% положительные свойства нити сохраняются. Суплирование с ЭХГ дает возможность связывания достаточно большого количества серицина без существенных снижений текстильно-технологических свойств шелка, а в некоторых случаях наблюдается их повышение. При этом возможно совмещение процессов отварки и суплирования без усложнения технологии.

Взаимодействие ЭХГ с белковым полимером может идти по двум направлениям, одно из них – это образование сложноэфирной связи между  $-COOH$  белка и  $-OH$ -группами ЭХГ, чему способствуют благоприятная щелочная среда при отварке, а также образование связи между группами  $-NH_2$  белка и  $-Cl$ -группами.

Для изучения механизма связывания серицина этиленхлоргидрином использовали методы ИК-спектрального, дифференциально-термического (ДТА), термogrавиметрического (ТГА) и дифференциально-термогравиметрического анализа.

Объектами исследования служили образцы шелка-сырца, шелка, отваренного по базовому режиму, а также суплированные образцы с разным содержанием серицина.

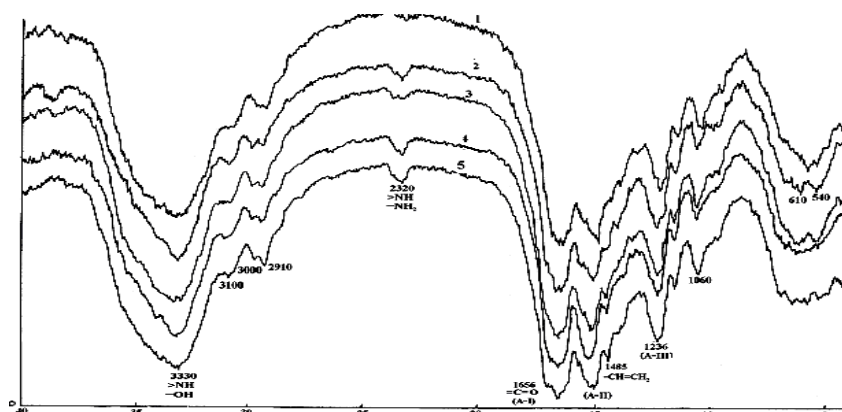


Рис. 1

ИК-спектры снимали на приборе Specord-75 в виде таблеток, запрессованных с KBr. На рис.1 представлены спектральные кривые образцов натурального шелка: 1 – шелк-сырец, содержание серицина 28,9%; 2 – отваренный в производственных условиях шелк, содержащий 5,2% остаточного серицина; 3, 4, 5 – суплированные образцы количеством связанного серицина (КСС) соответственно 10,5; 13,5; 24,8%.

Валентные колебания карбонила пептидной группы, то есть полосы амид-I находятся при  $1656\text{ см}^{-1}$  так же, как у шелка-сырца и отваренного образца, и свидетельствует о наличии  $\beta$ -формы. По сравнению с известными [4] ИК-спектральными характеристиками фиброина шелка имеются отклонения некоторых полос, связанные, по-видимому, с содержанием на шелк-сырце достаточного количества серицина. Так, полосы  $1060, 1166, 1236, 1275\text{ см}^{-1}$ , характеризующиеся аминокислотными звеньями фиброина и амида III, смещаются в сторону их уменьшения, как у фиброина шелка и отваренного шелка. Валентные колебания, включенные в водородную связь NH пептидной группировки в транс-форме, проявляются при  $3300$  и  $3080\text{ см}^{-1}$ . Валентные колебания  $-\text{CH}_2-$  и  $-\text{CH}_3$  проявляются в виде полос поглощения  $2980$  и  $2940\text{ см}^{-1}$  и широкой полосы от  $2320$  до  $2380\text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о наличии большого количества групп  $-\text{NH}_2$  (рис. 1, кривая 1).

В отваренном образце повышается интенсивность полос  $2950$  и  $2980\text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о возрастании количества групп  $-\text{CH}_2-$  и  $-\text{CH}_3$ . Кроме того, наблюдаются незначительные изменения в области полос  $2320\dots 2370\text{ см}^{-1}$ , ответственных за содержание в белке групп  $=\text{NH}$  и  $-\text{NH}_2$  (рис.1, кривая 2). Практически это может быть связано с удалением серицина из шелка-сырца, имеющего более короткие макромолекулы, и, следовательно, большее количество концевых групп  $-\text{NH}_2$ .

При обработке образца в ванне, содержащей  $0,3\text{ г/л}$  ЭХГ, при температуре  $95^\circ\text{C}$ , в течение  $30$  мин полосы в области  $2950\dots 2970\text{ см}^{-1}$  становятся более четкими.

Это говорит об увеличении в шелке содержания групп  $-\text{CH}_2-$ , что может быть следствием присоединения к белку молекул ЭХГ. Причем смещение этих колебаний выше в образцах, которые подвергались обработке при концентрациях ЭХГ и  $0,3\text{ г/л}$  и температурах  $85$  и  $75^\circ\text{C}$  (рис.1, кривые 4, 5) Для образца, обработанного при том же содержании ЭХГ, но при температуре  $95^\circ\text{C}$ , колебания в этой области проявляются в меньшей степени (кривая 5). Однако сшивка белка в этих условиях все же происходит, о чем свидетельствует исчезновение полос в интервале  $2320\dots 2370\text{ см}^{-1}$ , то есть уменьшение содержания групп  $-\text{NH}_2$  в результате реакции с ЭХГ. С увеличением концентрации ЭХГ при обработке образцов шелка наблюдается перераспределение интенсивности полос поглощения в области  $1300\dots 1000\text{ см}^{-1}$ , что связано с валентными колебаниями групп  $-\text{CH}_2-$  и говорит об отношении этого явления к образованию сшивки.

Таким образом, изменение полос поглощения образцов натурального шелка, обработанных ЭХГ, по сравнению с шелком-сырцом и отваренным шелком, дает основание полагать, что такая обработка способствует образованию сшивок между макромолекулами серицина и фиброина шелка и в конечном итоге суплированию.

Структурные изменения натурального шелка в процессе отварки в присутствии ЭХГ исследовали методами ДТА, ТГА и ДТГА. Для этого был использован дериватограф Q-1500-D, имеющий скорость нагрева  $10\text{ град/мин}$ , чувствительность ДТА и ДТГ  $2,5$ ; в качестве инертного вещества использовали прокаленную до  $1000^\circ\text{C}$  окись алюминия.

Из литературных данных известно, что натуральный шелк выдерживает нагревание без химических изменений до  $145\dots 150^\circ\text{C}$ , однако при  $100\dots 130^\circ\text{C}$  удаляется сорбированная влага [6]. На термограммах шелка-сырца (отваренного образца по базовому режиму), суплированного шелка, наблюдаются экстремумы в интервале температуры  $105\dots 115^\circ\text{C}$  и  $320\dots 460^\circ\text{C}$  (рис.2: 1 – шелк-сырец, со-

держаций 28,9% серицина; 2 –отваренный шелк, содержащий 5,2% серицина; 3, 4, 5 – суплированный шелк, содержащий 10,5; 13,5 и 24,8% связанного серицина соответственно).

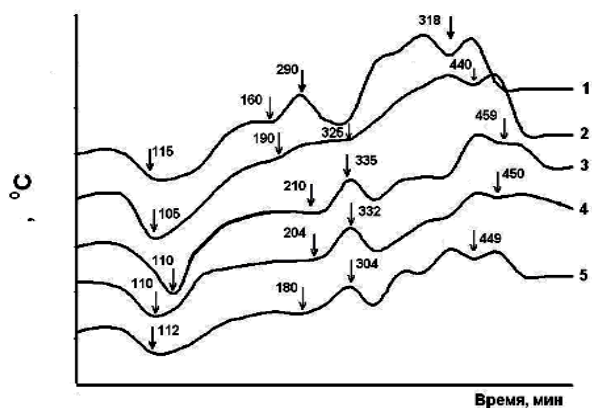


Рис. 2

На кривой ДТА шелка-сырца в области 285...295°C и для суплированных образцов в области 300...335°C наблюдается отчетливый экзотермический максимум, отсутствующий в образцах, отваренных по базовому режиму. Авторами работы [6] исследована причина появления дополнительного экзотермического максимума на кривых ДТА, вызванного специфическим взаимодействием между функциональными группами серицина и фиброина в шелке-сырце. Экзотермические пики на термограммах суплированных образцов сдвигаются в область более высокой температуры с уменьшением содержания связанного серицина. Это показывает разный характер образовавшихся связей на шелке с увеличением содержания связанного серицина. Возможно, при этом меняется соотношение связей фиброин–серицин и серицин–серицин.

Дальнейшие интенсивные процессы термоокислительного разложения протекают в интервале температур 315...460°C. Термоокислительное разложение шелка-сырца отмечается с появлением на кривой ДТА широкого эндотермического эффекта, а для суплированных образцов оно выражено слабо. Нечеткость ДТА изучаемых образцов, по-видимому, можно объяснить одновременным протеканием нескольких

процессов в узком температурном интервале (440...460°C): отщепление боковых функциональных групп, декарбоксилирование и дезаминирование, разрушение пептидных связей, причем возможно и протекание межцепной сшивки. Необходимо отметить, что суплированный шелк, содержащий 10,5 % связанного серицина, более устойчив к термоокислительным разрушениям (458...460°C) по отношению с образцами, содержащими 13,5% (449...451°C) и 24,8 % (448...449°C) серицина. Это также видно по скорости разложения образцов с различным содержанием связанного серицина.

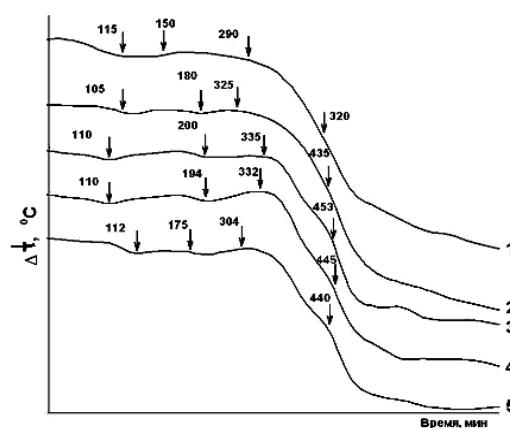


Рис. 3

Эндотермический эффект сопровождается заметным уменьшением массы образца вследствие термоокислительной деструкции (рис.3 – кривые термограмоокислительной деструкции натурального шелка; значения кривых аналогичны рис. 1 и рис. 2). Процесс разложения суплированных образцов идет постепенно с увеличением скорости и достигает максимума в интервале температур термоокислительной деструкции, но скорость разложения в 1,2...1,5 раза меньше по сравнению с отваренным шелком (рис.4 – зависимость скорости разложения натурального шелка от температуры; значения кривых аналогичны рис. 1, 2 и рис. 3).. При этом образование легколетучих веществ снижается с 57 до 41 %, а коксовый остаток увеличивается с 43 до 59 %.

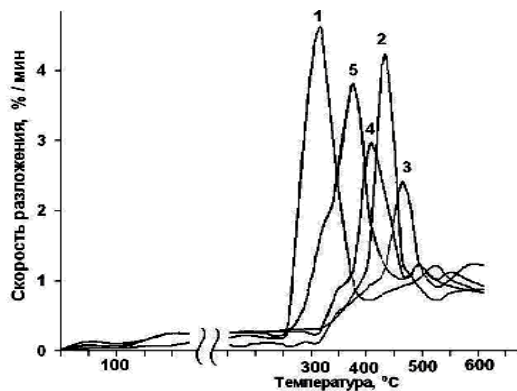


Рис. 4

Анализируя кривые ДТА, ТГА натурального шелка, отваренного по базовому режиму, и суплированных образцов с разным содержанием связанного серицина, можно наблюдать изменение термических свойств шелка в результате суплирования, как и у шелка-сырца, что указывает на межмолекулярную связь фиброина с серицином, однако этот экстремум сдвинут в сторону более высокого температурного интервала. По-видимому, это связано с тем, что в суплированном слое макромолекулы серицина связаны не только с фиброином, но и между собой. Как видно из кривых кинетики термоокислительного разложения, суплированные образцы более устойчивы по сравнению с отваренным шелком. Необходимо отметить что образец, содержащий 10,5% связанного серицина, имеет более высокую температуру разложения, при этом скорость его разложения низкая, а коксовый остаток составляет 59%. Это можно объяснить тем, что образующиеся при реакции с ЭХГ поперечные связи между молекулами серицина изменяют структуру образцов. Эти структурные преобразования выявляются по разнице температур термического разложения образцов. В суплированных при низкой температуре (75°C) образцах содержание связанного серицина больше (24,8%), но они менее термически устойчивы, их разложение идет быстрее, с меньшим образованием коксового остатка. Образец, содержащий 10,5% серицина, более устойчив к термическим воздействиям, что указывает на прочность связи серицина полимерным субстратом. По результа-

там экспериментам можно заключить, что при низкой температуре отварки протекает сшивка серицин–серицин. Повышение температуры отварки приводит к интенсивному удалению серицина и созданию условий образования сшивок между макромолекулами серицина и фиброина.

## ВЫВОДЫ

1. На основе результатов ИК-спектрального анализа суплированного натурального шелка сделано предположение о химическом взаимодействии ЭХГ с белковыми полимерами.

2. Методом ДТА установлен разный характер связывания серицина на шелке при различной температуре и разном содержании ЭХГ. При низкой температуре отварки и высоком содержании ЭХГ протекает сшивка серицин–серицин. Повышение температуры отварки приводит к интенсивному удалению серицина и созданию условий для образования сшивки между молекулами серицина и фиброина.

3. Суплирование натурального шелка с ЭХГ способствует образованию гибкой поперечной связи, не ограничивающей подвижность макромолекул белка. Кроме того, с введением в структуру групп –ОН возникают дополнительные водородные связи с серицином и усиливаются межмолекулярные связи. Для сохранения потребительских свойств и улучшения качества натурального шелка при суплировании необходимо создать условия для образования связи фиброин–серицин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Костюк С.Д., Абдукаримова М.З. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №6. С.18...22.
2. Худайбердиева Д.Б., Дилов Ш. Влияние содержания серицина на физико-механические свойства натурального шелка // Республиканская конф.: Перспективы развития технологии текстильной, легкой промышленности и полиграфического производства. – Ташкент, 25-26 мая, 2004.
3. Зубович Б.И. и др. К вопросу о строении продукта взаимодействия препарата ДЦУ с серицином натурального шелка // Тр. 2-й Всесоюз. межвуз. конф. по прочности ориентированных полимеров. – Душанбе, 1970. С.183...187.

4. Пичхадзе Ш.В., Сошина С.М. и др. Суплирование тканей из натурального шелка // Шелк. – 1984, №5. С.27...28.

5. Бабаханова Т.С. и др. ИК-спектроскопическое изучение модифицированного натурального шелка // Шелк. – 1971, № 3. С.31.

6. Костюк С.Д., Половникова М.В. Исследование термических свойств натурального шелка // Шелк. – 1978, №3. С.27.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна волокнистых материалов и бумаги.  
Поступила 02.02.09.

---

УДК 677.026.44

**НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С УГЛЕРОДНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

*В.М. ГОРЧАКОВА, И.Н. ХОДАКОВА, О.Н. МАКРУШИНА*

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

Необходимым условием достижения нетканым материалом заданного уровня защиты от электромагнитного излучения является наличие в его структуре наполнителей, обеспечивающих отражение или поглощение энергии электромагнитного поля. Анализ научно-технической информации показывает, что типовыми наполнителями для защитных нетканых материалов являются электропроводящие порошки или волокна и дисперсные полупроводники [1].

В данной работе функциональные свойства защитного нетканого материала обеспечивались углеродными наполнителями в виде мелкодисперсного порошка сажи или графита с размером частиц 10...30 мкм. Образцы полотен получали методом импрегнирования волокнистых

основ наполненной поливинилацетатной эмульсией. Волокнистые основы изготавливали иглопрокалыванием холстов из вискозных (0,31 текс, длина резки 65 мм), полипропиленовых (0,33 текс, длина резки 66 мм), полиэфирных волокон (0,33 текс, длина резки 60 мм) и их смесей. Содержание углеродного порошка в пропиточной композиции варьировалось от 15 до 50 % к массе полимера.

В связи с тем, что параметры функциональных свойств защитных нетканых материалов в значительной степени определяются количеством экранирующей добавки в единице его объема, нами исследовалось влияние вида волокон и концентрации наполнителя в связующем на содержание наполнителя в полотне. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наполнитель	Содержание наполнителя в связующем, % к массе полимера	Содержание наполнителя в нетканом материале, % к массе волокон, при содержании вискозных волокон в холсте			
		100	80	60	0
Сажа	15	28	16	19	23
	25	39	19	23	34
	35	26	21	25	39
	50	18	22	26	41
Графит	15	19	13	16	18
	25	23	16	22	28
	35	25	16	23	33
	50	25	18	23	38

Анализ табл. 1 показывает, что при повышении концентрации наполнителя в пропиточной композиции свыше 25%

масс. содержание углеродного порошка в образцах нетканого материала с вискозными волокнами меняется незначительно.

Это связано с изменением коллоидно-химических свойств латексной, композиции при введении наполнителя, и, в первую очередь, с увеличением вязкости пропиточной композиции. Углеродные порошки являются сильными загустителями латексных композиций [2], особенно при концентрациях свыше 20 масс. частей на 100 масс. частей полимера. Частицы наполнителя размером 10...30 мкм сорбируются на поверхности частиц поливинилацетатной эмульсии (размер [2] которых превышает 200 мкм), участвуя в образовании защитной адсорбционно-гидратной оболочки, и увеличивают при этом эффективный объем дисперсной фазы связующего. Повышенная вязкость связующего, содержащего свыше 25% углеродного наполнителя к массе полимера, затрудняет проникновение пропиточной композиции внутрь волокнистой основы, содержащей вискозные волокна.

Таким образом, при пропитке волокнистой основы из вискозных волокон саже-содержащей полимерной дисперсией максимальное наполнение нетканого материала (40% к массе волокна) достигается при введении 25% наполнителя к массе полимера в связующем. Дальнейшее увеличение концентрации наполнителя в связующем до 50% способствует снижению доли наполнителя в нетканом материале до 18%.

При пропитке волокнистых основ из 100% полипропиленового волокна наблюдается равномерное увеличение (до 38...41%) содержания сажи и графита в нетканом материале при увеличении концентрации наполнителя в пропиточной композиции до 50%. Это можно объяснить перераспределением на поверхности латексных глобул частиц эмульгатора и наполнителя. Макромолекулы ПАВ, замещаемые наполнителем, адсорбируются на поверхности гидрофобных полипропиленовых волокон, снижая объем дисперсной фазы.

Максимальное количество сажи в нетканом полотне из полипропиленовых волокон достигает 41%, что сравнимо с максимальным содержанием сажи в полотне

из вискозных волокон. Однако при этом необходимо использовать дисперсию полимера с более высоким наполнением. Максимальное содержание графита в нетканом материале (38%) достигается при пропитке полипропиленового волокна связующим, содержащим 50% наполнителя в массе полимера.

Таким образом, для достижения равномерного распределения наполнителя по толщине нетканого материала предпочтительнее использовать синтетические волокна. Необходимое количество углеродного наполнителя в пропиточной композиции варьируется в интервале от 35 до 50%. Аналогичные результаты были получены при замене полипропиленовых волокон на полиэфирные.

Способность наполненного нетканого материала взаимодействовать с электромагнитным излучением предварительно оценивалась по их объемному удельному электрическому сопротивлению. Установлено, что на электрическую проводимость нетканого материала существенно влияет его объемная плотность и свойства наполнителя (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Наполнитель	Удельное объемное сопротивление нетканого материала, Ом·м, при объемной плотности полотна, г/см <sup>3</sup>			
	0,2	0,4	0,6	0,8
Сажа	$3,0 \cdot 10^{12}$	$9,5 \cdot 10^{11}$	$9,3 \cdot 10^{11}$	$8,1 \cdot 10^{10}$
Графит	$2,0 \cdot 10^{12}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$8,5 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^9$

Увеличение объемной плотности от 0,2 до 0,8 г/см<sup>3</sup> после прессования полотна при повышенной температуре способствует снижению объемного удельного сопротивления с  $10^{12}$  до  $10^9$  Ом·м вследствие сближения частиц наполнителя и достижения более полного контакта между ними.

Эффективность экранирующих поверхностей, характеризуемая отношением напряженности поля в защищаемом пространстве в отсутствии и при наличии экрана, определяется в дБ и включает в себя две составляющие:

– экранирование за счет поглощения электромагнитной энергии в толще экранирующего материала;

– экранирование за счет отражения электромагнитной энергии от границы раздела "пространство-экран".

В общем случае уменьшение энергии отраженной электромагнитной волны обусловлено не только ее рассеянием под различными углами в результате взаимодействия со структурными неоднородностями защитного материала и гашением за счет

интерференции при переотражениях на границе раздела сред, но и поглощением электромагнитной энергии вследствие диэлектрических и магнитных потерь, а также переходом ее в другие виды энергии, в частности, тепловую.

Защитные свойства наполненных нетканых материалов оценивались по коэффициентам отражения по нормали от образцов на металле [3], приведенным в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Наполнитель	Содержание наполнителя, г/м <sup>2</sup>	Коэффициент отражения по нормали, дБ, при длине волны (см)		
			1,0	3,0	10
1	сажа	56	-1	-4/-4	-1/-1
2	сажа	63	-1	-15/-12	-1/-1
3	сажа	138	-3	-4/-4	-1
4	сажа+металл	26	-1,5	-4/-2	-1,5
5	-	48	-2	-3/-2	-2
6	-	114	-4	-4/-5	-1/-2
7	графит	93	-1	-7/-7	-1
8	-	204	-4	-22/-23	-5
9	графит+металл	22	-3,5	-2/-6	-3/-4
10	-	41	-2	-6/-13	-2/-3
11	-	52	-1,5	-2/-5	-1/-4
12	-	90	-3	-4/-6	-3

В табл. 3 приведены коэффициенты отражения электромагнитных волн длиной от 1 до 10 см образцами нетканых материалов, наполненных сажей или графитом. Образцы 4...6 и 9...12 содержат в своей структуре металлические волокна.

Как видно из табл. 3, тип наполнителя и его содержание в полотне существенно влияют на защитные свойства нетканого материала. Наибольших значений коэффициент отражения образцов, наполненных сажей, достигает при ее содержании 63 г/м<sup>2</sup> и длине волны 3 см. Дальнейшее двукратное увеличение наполнения привело к ухудшению защиты от электромагнитных волн длиной 3 см. При этом незначительно улучшились показатели экранирования волн длиной 1 см. Введение металла в саженасыщенный нетканый материал не привело к повышению защитных характеристик полотна.

Максимальные коэффициенты отражения (22 дБ при длине волны 3 см) в данной

работе были получены при наполнении нетканых материалов графитом.

Указанный наполнитель улучшает также экранирование (4...5 дБ) более коротких (1 см) и более длинных (10 см) электромагнитных волн. Введение металлических волокон в графитосодержащий нетканый материал как и в случае с саженасыщенным материалом не оказало существенного влияния на эффективность экранирования электромагнитных волн.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что для получения нетканых материалов для защиты от электромагнитных излучений следует иглопробивные основы из синтетических волокон импрегнировать латексным связующим, содержащим углеродный наполнитель в количестве 35...45% масс.

2. Увеличение объемной плотности наполненного нетканого материала от 0,2



до  $0,8 \text{ г/см}^3$  способствует снижению его объемного удельного сопротивления с  $10^{12}$  до  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  вследствие достижения более полного контакта между частицами наполнителя.

3. Максимальные коэффициенты отражения (22 дБ при длине волны 3 см) в данной работе были получены при наполнении нетканых материалов графитом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шнейдерман Я.Ф. Радиопоглощающие материалы // Зарубежная радиоэлектроника. - 1975, №2. С. 93...114.

2. Технология переработки латексов / Под ред. Д.П. Трофимовича, В.А. Берестнева. - М.: ООО Изд-во "Научтехлитиздат", 2003.

3. Ковнеристый Ю.К., Лазарева И.Ю., Раваев А.А. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения. - М.: Наука, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 08.10.08.

УДК 677.021.163

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ

В.Д. ФРОЛОВ, И.В. ФРОЛОВА, С.П. ШВИДКИЙ, С.Ю. КАПУСТИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Эффективность регенерации текстильных отходов при обработке дорогостоящего сырья напрямую связана с сохранением их первоначальных физико-механических свойств. В практических условиях приходится сталкиваться с задачей построения оптимального решения в рамках определенных ограничений при решении вариационных задач с дополнительными ограничениями условиями.

В частности, будем искать функцию  $y(x)$ , реализуя экстремум интеграла:

$$I = \int_x^{x_2} F[x, y(x), y'(x)] dx, \quad (1)$$

и удовлетворяющую дополнительному условию:

$$I = \int_{x_1}^{x_2} G[x, y(x), y'(x)] dx, \quad (2)$$

где  $I$  – постоянная, которая задана, и любая допустимая функция  $y(x)$  прежде всего должна удовлетворять уравнению (2), чтобы можно было рассматривать ее как одну из возможных функций, реализующих экстремум  $I$ , когда все допустимые функции

удовлетворяли бы уравнению (2).

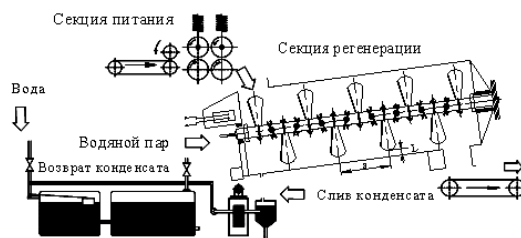


Рис. 1

Задача состоит в определении оптимального распределения температуры в реагирующей технологической системе, (рис. 1), так как устойчивая фиксация новой формы шерстяного волокна базируется на температурно-временной закономерности установления деформации кератина вещества, из которого состоят волокна шерсти.

Требуется получить максимальный выход высокополимерного вещества  $B$ , возникающего в необратимости реакции  $A \rightarrow B$  в трубчатом реакторе длины  $L$ .

Кинематическое уравнение имеет вид:

$$V \frac{dC_A}{d\ell} = -C_A e^{-\frac{E}{RT}},$$

где  $V$  – средняя скорость в трубчатом реакторе;  $C_A$  – концентрация высокомолекулярного вещества  $A$ ;  $\ell$  – переменное расстояние, измеряемое по оси трубчатого реактора;  $E$  – энергия активации;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура.

Выбираем  $T(\ell)$  так, чтобы концентрация высокомолекулярного вещества  $A$ ,  $C_A(L)$  на выходе из реактора была минимальной. Если обозначить:

$$H = e^{-\frac{E}{RT}},$$

то интегрирование уравнения (1) имеет вид:

$$\ln \frac{C_A(L)}{C_A(0)} = -\int_0^L \frac{H(\ell)}{V} d\ell. \quad (3)$$

Так как логарифм – монотонная функция своего аргумента, минимум  $C_A(L)$  соответствует минимуму члена в левой части равенства (3). Тогда решение задачи состоит в том, чтобы величина  $H$  была как можно большей, что соответствует выбору максимально возможной температуры в каждой точке реактора. Соотношение (3) показывает, что интегрирование кинематического уравнения выполнено путем разделения переменных, так что члены, содержащиеся под интегралом, оказались зависящим от температуры, но не от концентрации. Поэтому к выражению этой структуры можно применять принципы вариационного исчисления. Тогда при нахождении максимального значения интеграла:

$$I = \int_0^L f_0(x, T) dt, \quad (4)$$

в котором  $T$  – регулируемая переменная, а  $x$  – регулируемая переменная (концентрация) реагирующего вещества. Тогда переменная  $x$  связана с  $T$  кинетическим уравнением:

$$\frac{dx}{d\ell} = f_1(x, T). \quad (5)$$

Это означает, что любое изменение  $T$  вызывает соответствующее изменение  $x$ , соотношением, связывающим вариации по  $x$  и  $T$ , является уравнение (5). Поэтому последующая задача заключается в реализации максимума (или минимума)  $I$  с учетом ограничения, при котором должно выполняться условие в интервале  $0 \leq \ell \leq L$ .

Таким образом, сформулируем задачу с помощью интеграла:

$$I^1 = \int_0^L \left\{ f_0(x, T) - \lambda(\ell) \left[ \frac{dx}{d\ell} - f_1(x, T) \right] \right\} d\ell, \quad (6)$$

где  $\lambda(\ell)$  – неопределенный множитель, зависящий от расстояния, который является функцией расстояния, потому что кинетическое уравнение будучи локальным не является интегральным ограничением переменных  $x$  и  $T$ .

Использование неопределенного множителя не освобождает от ограничений, связывающих межмолекулярные сцепления при деформации полимера, и его высокоэластичные свойства в значительной мере зависят от времени действия деформирующей силы и влагосодержания, а также от энергии взаимодействия молекул. Всякое ослабление сил межмолекулярного сцепления ведет к понижению величины потенциального барьера и, следовательно, к уменьшению времени релаксационного цикла.

При таком подходе кинетическое уравнение включается в вариационный принцип, а чтобы интеграл  $I_1$  имел стационарное значение, необходимо выполнение уравнений Эйлера-Лагранжа:

$$\frac{\partial f_0}{\partial T} + \lambda \frac{\partial f_1}{\partial T} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial f_0}{\partial x} + \frac{\partial \lambda}{\partial \ell} + \lambda \frac{\partial f_1}{\partial x} = 0, \quad (8)$$

с граничными условиями:

$$\text{переменная } x \text{ задана при } \ell = 0, \quad (9)$$

$$\lambda = 0 \text{ при } \ell = L. \quad (10)$$

Это соотношение (7 ÷ 10) соответствен-

но с принципом максимума Понтрягина Л.С. составляют основу расчетной схемы, где уравнение (6) используется для определения  $\lambda$ , как функции от  $\ell$ . В связи с тем, что функция  $\lambda(\ell)$  выбирается не зависящей от изменения  $x$  и  $T$ , в уравнение (8) подставляются функции  $f_0$  и  $f_1$ , при оптимальных значениях их переменных. Граничное условие на переменную  $x$  задано в начальной точке, тогда как граничное условие на функцию  $\lambda$  дано при  $L = 1$ . Поэтому структура граничных условий делает решение не совсем легким, а именно: если начать интегрирование при  $\ell = 0$ , то неизвестно значение  $\lambda$ ; если попытаться интегрировать от  $\ell = L$ , то неизвестно значение  $x$ .

Поэтому используем уравнения Эйлера-Лагранжа и находим минимум интеграла:

$$I = \int_0^L (x^2 + T^2) d\ell, \quad (11)$$

при условии, что  $x$  и  $T$  связаны дифференциальным уравнением:

$$\frac{dx}{d\ell} = T - x, \quad (12)$$

и граничном условии:

$$x = 1 \text{ при } \ell = 0.$$

Интегрируя уравнение (12), выражаем  $x$  через  $T$  и используем полученное выражение для исключения  $x$  из равенства (11). После чего определяем необходимую функцию  $T(\ell)$ , реализующую минимум исходного интеграла. Для этого принимаем уравнения Эйлера-Лагранжа (7 ÷ 10). Из уравнения (7) получаем:

$$2T + \lambda = 0, \quad (13)$$

а уравнение (8) принимает вид:

$$2x + \frac{d\lambda}{d\ell} - \lambda = 0. \quad (14)$$

После исключения уравнения  $\lambda$  уравнения (13) и (14) сводятся к виду:

$$\frac{dT}{d\ell} - T = x, \quad (15)$$

$$\frac{dx}{d\ell} + x = T \quad (16)$$

с граничными условиями:

$$x = 1 \text{ при } \ell = 0, \quad (17)$$

$$T = 0 \text{ при } \ell = L, \quad (18)$$

которые вытекают из равенств (10) и (13).

Решив систему этих уравнений, получаем:

$$x = Ce^{-\sqrt{2}\ell} + De^{\sqrt{2}\ell}, \quad (19)$$

$$T = C(1 - \sqrt{2})e^{-\sqrt{2}\ell} + D(1 + \sqrt{2})e^{\sqrt{2}\ell}, \quad (20)$$

где постоянные  $C$  и  $D$  определяются так, чтобы удовлетворяли условиям (19) и (20).

Постоянные  $C$  и  $D$  равны:

$$C = \frac{(1 + \sqrt{2})e^{\sqrt{2}L}}{2(\text{Sh}\sqrt{2}L + \sqrt{2}\text{ch}\sqrt{2}L)},$$

$$D = \frac{(\sqrt{2} - 1)e^{-\sqrt{2}L}}{2(\text{Sh}\sqrt{2}L + \sqrt{2}\text{ch}\sqrt{2}L)},$$

что дает первоначальное решение, так как необходимая функция  $T(\ell)$  найдена.

## ВЫВОДЫ

Показана возможность построения оптимального решения для достижения максимальной эффективности регенерации текстильных отходов с дополнительными ограничительными условиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Понтрягин Л.С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Физматгиз, 1961.
2. Фролов В.Д., Фролова И.В., Башков А.П., Жарова Н.Г., Швидкий С.П. Устройство для регенерации текстильных отходов. Патент RU №2313626 C1 DOIG 11/04 (2006.01).

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 12.01.09.

УДК 677.017.36

**МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА  
ИЗ АРАМИДНЫХ НИТЕЙ\****О.Н. СТОЛЯРОВ, А.В. ТРУЕВЦЕВ***(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)**

Существующая в настоящее время потребность в конструкционных материалах с высокой прочностью, жесткостью и надежностью привела к многочисленным исследованиям, направленным на разработку новых видов армирующих полотен для нового класса конструкционных материалов – текстильных композитов. Текстильные композиты могут быть определены как комбинация полимерной матрицы с текстильной системой (волокном, ровницей, пряжей, полотном). Сочетание этих двух компонентов приводит к приобретению материалом особых механических свойств и превосходных эксплуатационных характеристик, которые невозможно достичь при их раздельном использовании.

Выбор традиционной текстильной технологии, такой как вязание, в настоящее время вызывает большой интерес из-за потенциальной возможности производства сетчатообразных заготовок для изготовления текстильных конструкционных композитов [1], [2]. Технология вязания пригодна для изготовления изделий сложной формы из-за низкого сопротивления деформации вязаных полотен, то есть их высокой драпируемости. Более того, вязание является быстрым и экономичным производством.

Существующие трикотажные машины могут производить практически все типы полотен для композитов. В отличие от других текстильных полотен вязаные по-

лотна обладают растяжимостью по всем направлениям из-за возможности петель изменять форму и размеры. Деформируемость, присущая трикотажным структурам, может быть идеально использована для придания необходимой каркасной формы изделию, а также для того, чтобы получить необходимые механические характеристики конечного материала. Свойства трикотажа достаточно легко могут варьироваться за счет введения дополнительных протяжек, набросков, сдваивания петель и прокладывания каркасных уточных нитей. Эти решения позволяют вырабатывать трикотаж с заданными характеристиками и требуемой материалоемкостью. Свойства наработанных полотен можно существенно варьировать от анизотропных до почти изотропных. Однако вязаные композиты иногда рассматривают как материалы, имеющие плохие механические свойства из-за специфической структуры с высокой степенью искривления нитей и низкой долей волокнистого состава, которая объясняется большой пористостью трикотажа. Вязаные полотна могут обладать привлекательными свойствами в определенных областях производства композиционных материалов, требующих высокого поглощения энергии или хорошей ударной вязкости, либо в тех случаях, когда компоненты являются достаточно сложными по форме и требуют специального формообразования [3], [4].

\* Работа финансировалась по Гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-2160.2007.8.

Хотя в теории вязания существует большое разнообразие переплетений, лишь ограниченное число из них используются в производстве армирующих полотен для конструкционных композитов. Основные причины этого заключаются в том, что инженерами рассматриваются наиболее простые вязаные структуры и при этом приходится иметь дело с более жесткими армирующими нитями, такими как углеродные, стеклянные, базальтовые и арамидные, которые создают определенные трудности при их переработке на вязальном оборудовании. В процессе петлеобразования нити многократно подвергаются растягивающим и изгибающим усилиям, что может вызывать разрушение нитей при нагрузках, которые гораздо меньше разрывных. Кроме того, высокопрочные нити, за исключением арамидных, обладают очень высокой хрупкостью и легко повреждаются при вязании [5]. Поэтому именно последние могут рассматриваться как наи-

более перспективные для вязания, а не только для прокладывания в качестве утка.

В настоящей работе была исследована возможность переработки в трикотажном производстве арамидной нити «Русар», линейной плотности 58,8 текс. Для эксперимента был выбран плосковязальный полуавтомат ПВК 8 класса. При установке глубины кулирования на среднем уровне были выработаны образцы трикотажа переплетениями кулирная гладь, ластик 1+1, репс, миланский ластик и французское пике. Репс образует чередование рядов кулирной глади и ластика, миланский ластик представляет собой чередование одного ряда ластика 1+1 с двумя рядами кулирной глади на разных игольницах. Последнее переплетение является уравновешенным, обладает малой растяжимостью и хорошей формоустойчивостью. Технологические параметры исследуемых полотен приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Переплетение	Поверхностная плотность полотна, г/м <sup>2</sup>	Плотность по горизонтали Пг, пет/дм	Плотность по вертикали Пв, пет/дм
1	Кулирная гладь	240	84	112
2	Репс	340	60×2	80
3	Ластик 1+1	350	44×2	64
4	Миланский ластик	320	56×2	68
5	Французское пике	325	80	52

Механические свойства образцов полотен были исследованы на универсальном измерительном комплексе Инстрон 1122. При проведении испытаний использовались элементарные пробы исследуемых трикотажных полотен в виде полоски.

Диаграммы растяжения образцов трикотажного полотна вдоль петельных рядов были получены при скорости деформирования  $\dot{\epsilon} = 8,3 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$  и зажимной длине  $L=100 \text{ мм}$ .

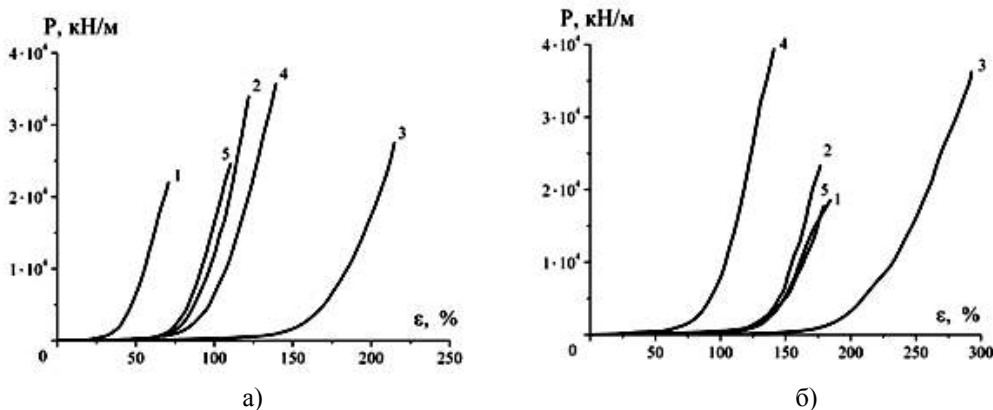


Рис. 1

На рис. 1 (диаграммы растяжения исследуемых полотен: а) – вдоль петельных столбиков, б) – вдоль петельных рядов (кривая 1 – кулирная гладь; 2 – репс; 3 – ластик 1+1; 4 – миланский ластик, 5 – французское пике)) представлены диа-

граммы растяжения вязаных полотен, а данные испытаний трикотажных полотен на растяжение до разрыва приведены в табл. 2 – свойства кулирных арамидных полотен.

Т а б л и ц а 2

№	Структура	Направление растяжения	P, кН/м	ε, %
1	Гладь	длина	24,6±4,4	75,8±5,4
		ширина	19,1±0,5	184,0±12,8
2	Репс	длина	33,7±2,2	121,2±16
		ширина	23,8±0,2	176,5±13,8
3	Ластик 1+1	длина	28,2±1,6	214,8±14,5
		ширина	35,7±0,9	291,2±2,2
4	Миланский ластик	длина	36,1±3,6	137,4±5,8
		ширина	39,4±1,7	141,2±8,4
5	Французское пике	длина	24,7±5,5	111,3±16
		ширина	17,3±2,0	185±12

Анализируя полученные разрывные характеристики для наработанных вариантов трикотажных полотен, можно сделать следующие выводы:

– исследование показало, что арамидные нити обладают хорошей вязальной способностью по сравнению с остальными высокопрочными нитями и могут перерабатываться на машинах, не имеющих платин;

– удлинение по петельным рядам для всех исследуемых вариантов больше удлинения по петельным столбикам;

– самыми высокими прочностными характеристиками обладают образцы переплетением миланский ластик;

– поскольку традиционные методы влажно-тепловой обработки неприменимы к трикотажу из арамидных нитей, преодоление закручиваемости полотна представляется крайне важной задачей с точки зрения изготовления композиционного материала. В этом отношении весьма интерес-

ны структуры типа ластик 1+1 и миланский ластик.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Chou T.W. and F.K. KO. Textile Structural Composites, Volume 3 Composite Materials Series, Elsevier Science Publishers. – New York, U.S.A., 1989.*

2. *Huang Z.M. and S. Ramakrishna. Micromechanical modelling approaches for the stiffness and strength of knitted fabric composites: a review and comparative study, Composites, 31A:479-501, 2000.*

3. *O.A. Khondker, I. Hertzberg and K.H. Leong. An Investigation of the Structure-Property Relationship of Knitted, Journal of Composite Materials. – 2001; 35; 489-508.*

4. *Leong K.H., S. Ramakrishna, G.A. Bib and Z.M. Huang. The potential of knitting for engineering composites - a review, Composites. – 31A, 2000;: 197-220.*

5. *Naveen V. Padaki, R. Alagirusamy and B. S. Sugun. Knitted Preforms for Composite Applications, Journal of Industrial Textiles. – 2006; 35; 295-321.*

Рекомендована кафедрой трикотажного производства. Поступила 08.10.08.

УДК 687.016

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ  
ВИРТУАЛЬНЫХ СКАНИРОВАННЫХ ФИГУР***ЛИ ЮЕ, ВАН СЯОГАН, В.Е.КУЗЬМИЧЕВ***(Ивановская государственная текстильная академия,  
Уханьский университет науки и технологии)**

В настоящее время системы трехмерного (3D) сканирования являются самыми совершенными средствами для антропометрических измерений. Они пришли на смену методу фотограмметрии неподвижных фигур неподвижными камерами и превзошли их по целому комплексу показателей: высокой скорости измерений, точности результатов благодаря использованию подвижных датчиков, огромному объему получаемой визуальной и цифровой информации. В настоящее время эти системы используют для массовых обмеров, разработки антропометрических стандартов и адресного проектирования одежды для индивидуальных фигур.

Хотя технологии сканирования белым светом и лазером довольно совершенны [1...3], существует единственная проблема, связанная с невозможностью снятия информации с невидимых (или непросмотренных) для сканирующих головок участков фигур. Причиной возникновения невидимых для сканирующих головок зон является их расположение под углом к внешней поверхности торса, рук и ног и недоступность внутренних поверхностей (рук, ног, под мышками, в паховой области). Чем меньше датчиков в бодисканере, тем большие значения углов будут образованы между их осями и поверхностью, тем больше будет площадь непросмотренных

участков (НУ), которая будет отображаться на виртуальной модели.

НУ лимитируют количество размеров, которые могут быть получены, вносят дополнительные погрешности и не гарантируют получения точной виртуальной модели фигуры или более сложной системы фигура – одежда [4]. Из-за них возникают сложности проектирования проекционных зазоров между фигурой и оболочкой одежды.

Целью настоящего исследования явилась разработка интеллектуальной технологии получения интегрированных целостных виртуальных фигур (ИЦВФ) после сканирования реальных фигур (РФ). Получение ИЦВФ создает условия для более глубоких исследований и дальнейшего импорта информации в среду САПР одежды. Под РФ в данной работе мы понимаем любой элемент и саму систему фигура – одежда.

Объектом исследования служили РФ женщин и их виртуальные фигуры (ВФ), получаемые после сканирования бодисканером белого света Telmat Optifit Pro-2. Система Telmat Optifit Pro-2 включала два датчика белого света Toshiba, расположенные спереди и сзади РФ (с увеличением количества датчиков до четырех и более площадь НУ уменьшается, но они не исчезают полностью).

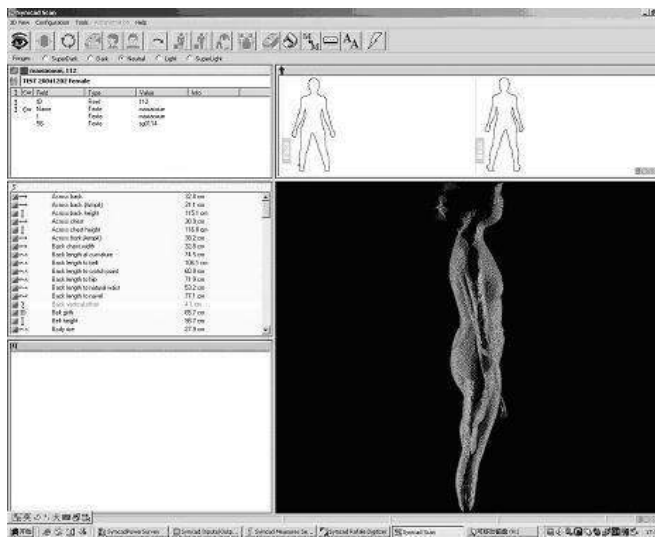


Рис. 1

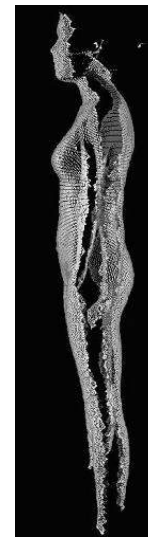


Рис. 2

Рис. 1 и 2 показывают интерфейсы программы Telmat после сканирования РФ. На рис.2 представлены НУ на боковой поверхности РФ (они выделены черным цветом). Помимо этих участков – на плечевом скате, внешней поверхности руки, бедра и голени – существуют аналогичные участки на внутренней поверхности ноги (на рис. 2 не видны).

Процесс преобразования информации происходил по схеме:

РФ → ВФ → ИЦВФ.

Датчики белого света собирают информацию о РФ в разных направлениях. Для исследования будут доступны только передняя и задняя поверхности РФ, а потому часть информации будет теряться ввиду отсутствия точек для сканирования в НУ.

Telmat производит файлы сканирования типа (\*.sacq) и (\*.iv). Первый тип файла создан специально для Telmat. Второй тип файла является общедоступным файлом общего использования, он может быть открыт в любой САПР, например, Imageware, "Грация".

Файл сканирования (\*.iv) содержит координаты сканированных точек и информацию о поверхностях малого размера, которые получены из трех точек. Файл сканирования одной фигуры содержит информацию примерно о 170 000 точках. Все точки разделены на две группы для перед-

ней и задней частей фигуры. Координаты точек в файле расположены слева направо и сверху вниз. Файл (\*.iv) содержит 4 части: координаты точек на передней поверхности РФ; информация об участках малых размеров; координаты точек на задней поверхности РФ; информация об участках малых размеров.

Для каждой сканированной РФ координаты каждой точки (x, y, z) вычисляются относительно центральной оси, проходящей через ее центр тяжести. Следующий фрагмент иллюстрирует первую часть файла (\*.iv) для координат точек передней поверхности:

```
{ точка [
    6.5    1594.3  65.3,
    6.5    1593.9  64.4,
   -10.3  1593.5  62.8,
   -10.8  1593    60.3,
    - 9.6  1593    59.7,
   -11.6  1592.9  60.3,
   -12.8  1592.6  59.7,
    11.6  1591.8  65.2,
    .....
```

Следующие данные содержатся во второй части файла в виде закодированной информации об участках малых размеров:

```
81831, 81832, 81895, -1,
81860, 81861, 81923, -1,
82407, 82461, 82460, -1,
82461, 82514, 82513, -1,
82461, 82513, 82460, -1,
```



82513, 82514, 82562, -1,  
 82609, 82656, 82655, -1,  
 82655, 82656, 82703, -1,  
 82921, 82961, 82960, -1,  
 82960, 82961, 83000, -1,  
 .....

В этом фрагменте файла мы можем видеть четыре величины в одной группе: первая, вторая, третья величины являются номерами точек, четвертая величина – это условный номер сегмента фигуры. Три точки составляют один сегмент поверхности. Рис. 3 показывает малые сегменты, контактирующие друг с другом, интегрируемые в целостную поверхность ВФ.

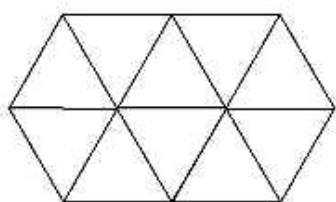


Рис. 3

После изучения файла сканирования было установлено, что расстояние между двумя точками на линиях (обхватов, длин, ширины и др.) составляет 3 мм. Когда точки располагаются в НУ, расстояние между ними становится больше.

Новая программа разработана для усовершенствования ВФ и содержит два модуля: первый модуль определяет границы НУ, а второй – восстанавливает их. Первым шагом в разработке программы была идентификация координат и положения точек в НУ.

Программа автоматически вычисляет расстояние между двумя точками, а значение 5 мм было определено нами как предельная величина. Если расстояние между двумя ближайшими точками больше, чем 5 мм, то программа расценивает этот участок как НУ и нарушение целостности ВФ.

Эта часть программы автоматически сравнивает все точки согласно первоначальному порядку. Все точки, лежащие вокруг НУ, восстанавливаются и формируются в отдельный модуль с одновременной регистрацией порядковых номеров этих точек. Поэтому после восстановления

все точки могут быть поставлены на свои первоначальные места.

Модуль 1 описывает границы НУ в соответствии с рис.2, где они расположены между передней и задней поверхностями фигуры, и идентифицирует эти точки.

Алгоритм модуля 1://выделение границ НУ

Вход: Множество точек на поверхности фигуры после сканирования, которые обозначены как  $sp=\{sp[0],sp[1],\dots,sp[n]\}$ ;

Результат: Множество точек на левой и правой боковых поверхностях, которые обозначены как  $lb=\{lb[0],lb[1],\dots,lb[n]\}$  и  $rb=\{rb[0],rb[1],\dots,rb[n]\}$ ;

Начало

Инициализация контура  $i=0$ ;

$pp=sp[i],cp=sp[i+1]$ ;

put pp int lb;

сделать

{ Если расстояние между pp и cp больше лимитированного

{ поместить pp в lb;

поместить cp в rb; }

$i=i+1$ ;

$pp=cp$ ;

$cp=sp[i]$ ;

} до тех пор, пока  $i=n$

поместить cp в rb;

вернуть lb,rb;

Выход

Границы передней и задней частей ВФ фиксируются и соединяются вместе. Во время соединения программа должна соединить две точки, лежащие на одной линии обхвата. Поэтому координаты этих точек на том же обхвате служат для идентификации их.

Модуль 2 предназначен для соединения граничных линий, принадлежащих различным поверхностям.

Алгоритм модуля 2: // соединение двух поверхностей

Вход: Множество краев, которые обозначены как  $e=\{e[0],e[1],\dots,e[n]\}$ ,  $e[i]=\{e[i][1], e[i][2], e[i][n]\}$ ,  $e[i][j]$  точки выборки, которые в свою очередь обозначены как  $e[i][j]=\{x, y, z\}$  ( $x,y,z$  координаты точки  $p[i]$ );

Начало

для (int  $i=0;i<n;i++$ )

```

for (int j=0;j<n;j++)
{p=0;q=0;
пока расстояние между проектируемы-
ми точками на координате x-y e[i][0] и
e[j][0] больше лимитированного
{if e[i][p].y больше чем e[j][q].y p=p+1;
еще q=q+1;}
начало соединения e[i],e[j] }

```

Выход

Анализ алгоритмов имеет следующие особенности:

для алгоритма 1 – сложность вычисления для  $O(n)$ , где  $n$  – количество точек выборки на поверхности; для алгоритма 2 – лучшие условия вычисления для  $O(n_2)$ , худшие условия вычисления для  $O(mn_2)$ , средние условия вычисления для  $O(mn_{2/2})$ , где  $n_2$  обозначает номер граничной линии,  $m$  – средняя точка на граничной линии.

Эти два алгоритма являются основным содержанием программы. Соединение различных поверхностей происходит поразному: например, для внешней поверхности руки порядок соединения будет сверху вниз, для внутренней поверхности руки порядок соединения будет снизу вверх.

Когда ВФ будет реконструирована, то можно автоматически прочитать информацию о каждом участке и вычислить координаты всех точек. Затем тысячи малых участков интегрируются в законченную ИЦВФ на мониторе.

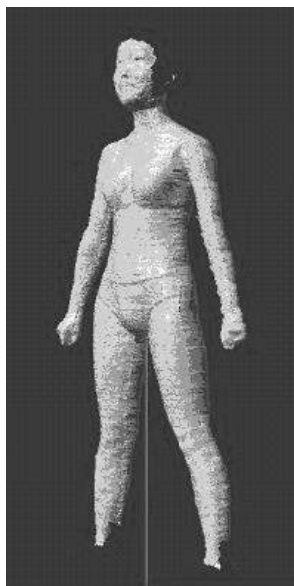


Рис. 4

Пример преобразования ВФ в ИЦВФ с помощью этой программы показан на рис. 4. Если сравнить рис. 3 и рис. 4, то на последнем рисунке уже не видно НУ на всех боковых участках рук и ног. Аналогичные результаты нами получены и при реконструкции НУ моделей одежды с разной объемно-силуэтной формой.

Новая программа применима для всех участков фигур и одежды, может быть интегрирована в любую 3D сканирующую систему, если известны структура файла сканирования и база данных, и позволяет улучшить процесс трехмерного проектирования одежды с учетом реальной пластики поверхности. Автоматическая программа усовершенствует систему 3D файла, формируемого после просмотра, и преодолевает трудности, с которыми сталкиваются аппаратные средства САПР одежды при использовании результатов сканирования.

## ВЫВОДЫ

1. Создана специальная программа для автоматического изучения файла сканирования Telmat (Optifit Pro-2), реконструкции виртуальной фигуры с параллельной автоматической идентификацией и получения интегрированных целостных виртуальных фигур в системе фигура – одежда.

2. Разработанное программное обеспечение может быть использовано в любых технологиях сканирования, оно также предназначено для исследований по изучению формообразования одежды на человеческой фигуре и ее трехмерного проектирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.symcad.com>.
2. <http://www.lectra.com>.
3. <http://www.tc2.com>.
4. Yu Yong-wen. The 3D Body Measurement And Fit Apparel, Textile Transaction, Vol.20:3, 156-159.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий ИГТА. Поступила 30.01.09

УДК 621.833+621.853

**ТЕОРИЯ ИСПЫТАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ РЕМНЯ  
МЕХАНИЗМА ПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Р.Х. МАКСУДОВ*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Известно [1...5], что качество и надежность работы большинства технологических машин зависят от качества и надежности работы ременного передаточного механизма. Ниже предлагаются методы расчета начальных и текущих натяжений, соответствующих моментам монтажа, наладки, испытания и рабочему режиму механизма с учетом свойства материала и режима вращения ремня, конструктивных параметров механизма, а также внешних и реактивных сил, действующих на ремень в каждый момент времени.

положены в плоскости ремня. Вектор силы  $P_1$  направлен в сторону вращения механизма вдоль касательной к центральной оси поперечного сечения ремня, а сила трения – в противоположную к последней сторону. Реактивная сила  $R_1$  направлена вдоль горизонтальной оси  $x$  (рис. 1). Силы давления и трения связаны между собой с помощью закона Кулона. В процессе вращения силы трения и давления способствуют тому, чтобы не происходило проскальзывания ведущего шкива относительно ремня. Абсолютные величины реактивных сил можно рассматривать, как состоящие из суммы двух составляющих:

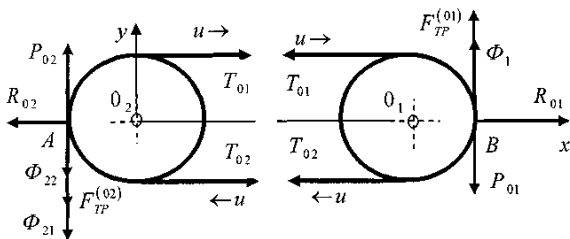


Рис. 1

Рис. 2

Осуществим анализ сил, действующих на ремень. Пусть правый шкив с центром, расположенным в точке  $O_1$ , является ведущим (рис. 1). При  $t < 0$  механизм находится в состоянии абсолютного покоя, а при  $t > 0$  – вращается в направлении по часовой стрелке.

При  $t \geq 0$  двигателем ремню сообщается вращающая сила  $P_1$ . На ремень кроме силы  $P_1$  действуют реактивные силы трения  $F_{тр}^{(1)}$  и давления  $R_1$ ; внутренние силы натяжения  $T$  и силы сопротивления. Предположим, что векторы всех этих сил рас-

$$F_{тр}^{(1)}(t) = F_{тр}^{(001)} + F_{тр}^{(дн)}(t), \tag{1}$$

$$R_1(t) = R_{001} + R_1^{(дн)}(t),$$

где  $F_{тр}^{(001)}$ ,  $R_{001}$  и  $F_{тр}^{(дн)}(t)$ ,  $R_1^{(дн)}(t)$  – статические и динамические величины сил трения и давления, соответствующие периодам времени  $t < 0$  и  $t \geq 0$  соответственно.

В дальнейшем индексами  $0$ ,  $00j$  и  $0j$  будем обозначать параметры, соответствующие недеформированному состоянию, состоянию, предварительно деформированному, вследствие наладки механизма ( $t < 0$ ), и текущему напряженно-деформированному состоянию в стационарном режиме вращения системы ( $t > \tau$ ). Параметры, не имеющие индекса  $0$  (кроме сил сопротивления), соответствуют периоду времени  $0 \leq t < \tau$ ;  $j = 1, 2$ , где  $t = \tau$  – момент време-

ни, соответствующий переходу вращения системы в стационарный режим. Принятые на рис. 1 и 2 обозначения соответствуют моментам времени  $t \geq t_r$ .

Если ведущие шкив и вал являются относительно массивными, то при расчетах следует учитывать их собственные силы сопротивления  $\Phi_1$ . Предположим, что вектор данной силы также приложен к точке В поверхности контакта и направлен противоположно направлению ведущей силы  $P_{01}$ .

Учет силы сопротивления  $\Phi_1$  позволяет найти дополнительные мощности двигателя, направляемые на преодоление собственных сопротивлений.

Действия ведущей силы  $P_{01}$  через ремень передается ведомому шкиву (рис. 1). В результате на ремень на поверхности ведомого шкива действуют: внешняя сила  $P_{02}$ ; внутренние силы натяжения  $T_{01}$  и  $T_{02}$ ; реактивные силы трения  $F_{тр}^{(02)}$  и давления  $R_{02}$  поверхности контакта; сила сопротивления  $\Phi_2$  станка или машины. Векторы сил натяжения  $T_{01}$  и полезной силы направлены по касательной к кривой вращения в сторону движения, а сил натяжения  $T_{02}$ , трения и сопротивления – противоположно направлению движения механизма.

Абсолютные величины сил натяжения  $T_{01}$ ,  $T_{02}$ , трения  $F_{тр}^{(02)}$  и давления  $R_{02}$  областей 01 и 02 ремня можно разбить на следующие составляющие:

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{001} + T_1^{(дн)}, \\ T_2 &= T_{002} + T_2^{(дн)}, \\ F_{тр}^{(2)} &= F_{тр}^{(02)} + F_{тр2}^{(дн)}, \\ R_2 &= R_{002} + R_2^{(дн)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Вектор силы  $\bar{\Phi}_2$  сопротивления также можно разбить на две составляющие:

$$\bar{\Phi}_2 = \bar{\Phi}_{21} + \bar{\Phi}_{22},$$

где  $\bar{\Phi}_{21}$  – сила сопротивления станка;  $\bar{\Phi}_{22}$  – собственные силы сопротивления вращению ведомого шкива и удерживающего его вала.

В период времени  $0 \leq t \leq \tau$  сила  $P_{01}$  является переменной величиной и возрастает от 0 при  $t = 0$  до  $P_{max}$  при  $t = \tau$ , где  $\tau$  – время, соответствующее моменту перехода вращения к установившемуся (стационарному) режиму.

Рассмотрим теорию испытания механизма без учета силы сопротивления. Пусть за время  $dt$  элемент ремня длиной  $ds_{01}$  и массой  $\rho_{01}F_{01}ds_{01}$ , двигаясь со скоростью  $u$  в направлении по часовой стрелке, переходит из области 01 в область 02. Так как здесь рассматривается нерастяжимый ремень, то очевидно, что все частицы (поперечные сечения) ремня двигаются со скоростью  $u$ , а длина и масса рассматриваемого элемента при переходе не меняются [1], [5], то есть

$$\begin{aligned} ds_0 &= ds_{0j} = udt, \\ \rho_0 &= \rho_{0j}, F_0 = F_{0j}, \\ \rho_0 F_0 s_0 &= \rho_{0j} F_{0j} s_{0j}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\rho$  и  $F$  – плотность материала и площадь поперечного сечения ремня соответственно.

Если вести направленную вертикально вверх ось  $y$  и обозначить составляющие скорости движения поперечных сечений ремня на оси  $x$  и  $y$  через  $x^*$  и  $y^*$  соответственно, то кинематические условия непрерывности движения принимают следующий вид

$$\begin{aligned} x_{01}^* &= u, x_{02}^* = -u, \\ y_{01}^* &= 0, y_{02}^* = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения закона сохранения количества движения, написанные в проекциях на оси  $x$  и  $y$ , принимают вид [1], [4], [5]:

$$\begin{aligned} dm_{01}(x_{01}^* - x_{02}^*) &= (T_{01} + T_{02} - R_{02})dt, \\ dm_{01}(y_{01}^* - y_{02}^*) &= (P_{01} + F_{тр}^{(02)})dt, \\ dm_{02}(x_{02}^* - x_{01}^*) &= (-T_{01} - T_{02} + R_{01})dt, \\ dm_{02}(y_{02}^* - y_{01}^*) &= (F_{тр}^{(01)} - P_{01})dt, \\ dm_{0j} &= \rho_{jl} F_{0j} d_{0j}. \end{aligned}$$

Последние уравнения, совместно с условиями (3) и (4), описывают вращательное движение ремня в стационарном режиме. Преобразуем эти уравнения следующим образом:

$$2\rho_{02}F_{02}u^2 = T_{01} + T_{02} - R_{02}, \quad (5)$$

$$2\rho_{02}F_{02}u^2 = T_{01} + T_{02} - R_{01},$$

$$P_{02} - F_{\text{тр}}^{(02)} = 0, \quad P_{01} - F_{\text{тр}}^{(01)} = 0. \quad (6)$$

Из системы уравнения (5) следует, что  $R_{01} = R_{02}$ . Учитывая закон Кулона и подставляя последнее соотношение в уравнения (6), найдем

$$P_{01} - P_{02}, \quad F_{\text{тр}}^{(0j)} = fR_{0j}, \quad P_{0j} \geq fR_{0j}, \quad (7)$$

где  $f$  – коэффициент трения.

Из уравнения (6) определим:

$$T_{01} + T_{02} = R_{01} + 2\rho_{02}F_{02}u^2 = P_{01}\zeta + 2\rho_{02}F_{02}u^2, \quad \zeta = f^{-1}. \quad (8)$$

Подставляя условие  $T_{01} = T_{02}$ , преобразуем уравнение (8)

$$T_{01} = T_{02} = 0,5R_{01} + \rho_{02}F_{02}u^2 = 0,5P_{01}\zeta + 2\rho_{02}F_{02}u^2. \quad (9)$$

Данное решение позволяет установить зависимости натяжения ремня от ведущей силы  $P_{01}$  двигателя, свойства материала – через коэффициент трения  $f$  и начальную плотность  $\rho_0$  ремня, площадь  $F_0$  поперечного сечения ремня, а также скорость и вращения механизма.

Рассматривая обратную задачу по полученным выше решениям, можно найти рациональные значения ведущей силы  $P_{01}$  двигателя, при которых заданный механизм будет вращаться в стационарном режиме.

Таким образом, если отсутствуют сопротивления вращению, связи, имеющие место на опорах и подшипниках, идеальные [1], и можно пренебречь инерционными силами системы, то начиная с момента  $t \geq 0$  механизм под действием внешней силы  $P_{01} = f R_{01}$  будет двигаться в стационарном режиме. При этом передача полностью передает ведущую силу  $P_{01}$  ведомому шкиву, то есть выполняется условие  $P_{02} = P_{01}$ .

Исследуем натяжение передачи с учетом собственных инерций системы. В рассмотренной выше задаче не учитывается влияния сил собственного сопротивления системы и наличия промежутка времени  $0 \leq t \leq \tau$ , соответствующего периоду пуска.

Для анализа изменения закона движения передачи в промежутке времени  $0 \leq t \leq \tau$  и оценки влияния собственной инерции системы на натяжения, испытания механизма

следует проводить в режиме вращения без сопротивления станка. При вращении на ремень действуют только силы привода, давления и трения поверхности контакта, а также силы собственного сопротивления  $\Phi_1$  и  $\Phi_{22}$ .

В работе [5] в постановке аналогичной рассматриваемой здесь задачи принимаются условия  $T_{01} > T_{02}$ ,  $T_{01} = kT_{02}$ ,  $k > 1$ . Задавая множителю  $k$  значения в пределах  $1 < k \leq 3$ , исследуются решения задачи и условия, при выполнении которых движения передачи будут стационарными. Используя последнее условие, из уравнений (5), (6) найдем следующее решение:

$$\begin{aligned} T_{01} &= P_{01}k\zeta\xi + 2\rho_{02}F_{02}u^2k\xi, \\ T_{02} &= P_{01}\zeta\xi + 2\rho_{02}F_{02}u^2\xi, \\ \xi &= (1+k)^{-1}. \end{aligned} \quad (10)$$

Если теперь учитывать собственные инерции системы, то общий вид уравнения (5) остается без изменения, а уравнения (6) принимают вид:

$$P_{01} - \Phi_1 - F_{\text{тр}}^{(01)} = 0, \quad P_{02} - \Phi_{22} - F_{\text{тр}}^{(02)} = 0. \quad (11)$$

Из условий (7) и (11) следует, что в рассматриваемой задаче силы  $P_{01}$  и  $P_{02}$  больше, чем в предыдущем случае, на величины  $\Phi_1$  и  $\Phi_{22}$  соответственно.

Из уравнения (5) по-прежнему следует, что  $R_{01}=R_{02}$ . Тогда согласно закону Гука

$$F_{\text{тр}}^{(01)} = F_{\text{тр}}^{(02)} = fR_{01} = fR_{02}$$

и поэтому

$$T_{01} + T_{02} = R_{01} + 2\rho_{02}F_{02}u^2.$$

Исключая неизвестную реактивную силу  $R_{01}$ , первое уравнение последней системы представим в виде

$$T_{01} + T_{02} = (P_{01} - \Phi)\zeta + 2\rho_{02}F_{02}u^2.$$

Подставляя  $T_{01} = kT_{02}$ , найдем:

$$T_{01} = k(P_{02} - \Phi_{22})\zeta\xi + 2k\rho_{02}F_{02}u^2\xi, \quad (12)$$

$$T_{02} = k(P_{02} - \Phi_{22})\zeta\xi + 2k\rho_{02}F_{02}u^2\xi.$$

Осуществим расчет нагруженного механизма. В данном случае на ремень одновременно действуют ведущая сила, реактивные силы, силы сопротивления производственного станка и собственного сопротивления, а также внутренние силы натяжения. Общий вид уравнения (5) остается без изменения, а уравнения (6) принимают вид

$$P_{02}^* - F_{\text{тр}}^{(02)} = P_{02} - \Phi_{21} - \Phi_{22} - F_{\text{тр}}^{(02)} = 0, \quad (13)$$

$$P_{01}^* - F_{\text{тр}}^{(01)} = P_{01} - \Phi_1 - F_{\text{тр}}^{(01)} = 0.$$

Далее, поступая как и в предыдущих случаях, найдем решение системы уравнения (4) и (13):

$$T_{01} = kP_{02}^*\zeta\xi + 2k\rho_{02}F_{02}u^2\xi, \quad (14)$$

$$T_{02} = P_{01}^*\zeta\xi + 2k\rho_{02}F_{02}u^2\xi.$$

Пусть теперь левый шкив с центром в точке  $O$ , является ведущим. В этом случае в точке  $A$  на ремень действуют ведущая сила  $P_{01}$ , реактивные силы  $R_{01}$  и  $F_{\text{тр}}^{(01)}$ , силы

$\Phi_1$  собственного сопротивления шкива, а также внутренние силы натяжения  $T_{01}$  и  $T_{02}$ . В точке  $B$  на ремень действуют сила  $P_{02}$ , реактивные силы  $R_{02}$  и  $F_{\text{тр}}^{(02)}$ , силы  $\Phi_{21}$ ,  $\Phi_{22}$  сопротивления станка и собственной инерции ведомого шкива, а также внутренние силы натяжения. Нетрудно проверить, что в рассматриваемой задаче общий вид соотношений (3) и (4) остается без изменения, а уравнения закона сохранения количества движения принимают вид:

$$dm_{01}(x_{01}^* - x_{02}^*) = (T_{01} + T_{02} - R_{01})dt,$$

$$dm_{01}(y_{01}^* - y_{02}^*) = (P_{01} - F_{\text{тр}}^{(01)})dt,$$

$$dm_{02}(x_{02}^* - x_{01}^*) = (-T_{01} - T_{02} + R_{02})dt,$$

$$dm_{02}(y_{02}^* - y_{01}^*) = (-P_{02} + F_{\text{тр}}^{(02)})dt.$$

Используя соотношения (3) и (4), последние уравнения приводим к виду:

$$2\rho_{02}F_{02}u^2 = T_{01} + T_{02} - R_{02}, \quad (15)$$

$$2\rho_{02}F_{02}u^2 = T_{01} + T_{02} - R_{01},$$

$$P_{01} = \Phi_1 + F_{\text{тр}}^{(01)}, \quad (16)$$

$$P_{02} = \Phi_{21} + \Phi_{22} + F_{\text{тр}}^{(02)}.$$

Из уравнения (15) следует, что  $R_{01}=R_{02}$ . Следовательно,  $F_{\text{тр}}^{(01)} = F_{\text{тр}}^{(02)} = f R_{01} = f R_{02}$ . Наиболее существенным отличием данной задачи от предыдущей является то, что здесь натяжение  $T_{02}$  ведущей части ремня намного больше натяжения  $T_{01}$  – ведомой части. Поэтому, принимая  $T_{02} = kT_{01}$ ,  $k > 1$ , из уравнений (15) и (16) получаем следующее решение:

$$T_{01} = P_{02}^*\zeta\xi + 2\rho_{01}F_{01}u^2\xi, \quad (17)$$

$$T_{02} = P_{02}^*k\zeta\xi + 2k\rho_{01}F_{01}u^2\xi.$$

Подставляя выражения (2) в решения (10), (12), (14), (17) и используя известные из эксперимента значения начальных на-

тяжений  $T_{00j}$ , можно найти значения динамических (ДН) натяжений  $T_j^{(дн)}$ .

Если при  $t \geq 0$  ремень испытывает линейные деформации, то, подставляя в реше-

ния (10), (12), (14), (17) закон Гука  $T_{0j} = EF_0 \varepsilon_{0j}$ , найдем соответствующие выражения для относительных деформаций  $\varepsilon_{0j}$ :

$$\varepsilon_{01} = (P_{01} k \zeta \xi + 2\rho_{02} F_{02} u^2 k \xi) \lambda, \quad \varepsilon_{02} = (P_{01} \zeta \xi + 2\rho_{02} F_{02} u^2 \xi) \lambda, \quad \lambda = (EF_0)^{-1}, \quad (18)$$

$$\varepsilon_{01} = \{k(P_{02} - \Phi_{22})\zeta \xi + 2k\rho_{02} F_{02} u^2 \xi\} \lambda, \quad \varepsilon_{02} = \{(P_{02} - \Phi_{22})\zeta \xi + 2\rho_{02} F_{02} u^2 \xi\} \lambda, \quad (19)$$

$$\varepsilon_{01} = \{kP_{02}^* \zeta \xi + 2k\rho_{02} F_{02} u^2 \xi\} \lambda, \quad T_{02} = \{P_{02}^* \zeta \xi + 2\rho_{02} F_{02} u^2 \xi\} \lambda. \quad (20)$$

Т а б л и ц а 1

k	$P_{01}^{**} = 0,005$			$P_{01}^{**} = 0,01$		
	f = 0,2	f = 0,3	f = 0,4	f = 0,2	f = 0,3	f = 0,4
1,5	0,0101	0,0067	0,0050	0,0206	0,0136	0,0101
2,0	0,0084	0,0056	0,0042	0,0172	0,0113	0,0084
3,0	0,0063	0,0042	0,0031	0,0129	0,0085	0,0063

В табл. 1 приведены зависимости относительной деформации  $\varepsilon_{01}$  от коэффициента трения f, от параметра k и  $P_{01}^{**} = \frac{P_{01}^*}{\rho_0 F_0 E}$ ,

соответствующие решению (20). Видно, что с ростом коэффициента трения f и параметра k относительная деформация  $\varepsilon_{02}$  падает, а с ростом параметра k относительная деформация  $\varepsilon_{01}$  верхней ветви ремня возрастает. Последние выводы согласуются с физической постановкой задачи и подтверждают справедливость полученных решений.

## ВЫВОДЫ

Предлагаются удобные для теоретического анализа и ведения инженерных расчетов аналитические решения, позволяющие оптимизировать задачу вращения классического механизма привода и найти рациональные начальные и текущие натя-

жения ремня заданного механизма. Полученные аналитические решения позволяют производить оценки натяжения ремня в ходе монтажа, наладки, испытания и эксплуатации механизма привода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Аптель П.* Теоретическая механика. – М.: Физматгиз, 1960. Т. 1,2.
2. *Вейц В.Л.* Динамика машинных агрегатов. – Л.: Машиностроение. 1969.
3. *Воробьев И.И.* Ременные передачи. – М.: Машиностроение, 1979.
4. *Эргашов М., Жуманиязов К., Максудов Р.Х.* // Проблемы текстиля. – 2003, №3. С. 68... 74.
5. *Эргашов М., Максудов Р. Х., Усманкулов А.К.* Теория расчета натяжения передаточного механизма, вращающегося в стационарном режиме. – Ташкент: Фан, 2004.

Рекомендована кафедрой теории механизмов машин и деталей машин. Поступила 15.11.08.

УДК 677.064

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ  
НЕРАВНОМЕРНОСТИ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ  
ГЛАВНОГО ВАЛА ТКАЦКОГО СТАНКА**

*В.В. РОМАНОВ, С.Н. ТИТОВ, М.А. ПОМЕРАНЦЕВ*

(Костромской государственный технологический университет)

Попытки точного измерения неравномерности вращения главного вала путем варьирования различных датчиков предпринимались неоднократно [1]. Однако многообразие технических средств исследований не позволяло сделать эту процедуру универсальной и оптимальной. В КГТУ изготовлены два стенда, один из которых включает плату сопряжения с фотоимпульсными датчиками (энкодерами) PCL-833 фирмы Advantech. Другой стенд реализован на базе платы сбора данных NI PCI-6221 фирмы National Instruments™ с программным обеспечением LabView 8.0. В обоих стендах используется фотоимпульсный датчик (энкодер) ROD-426E фирмы Heidenhein, соединенный с главным валом ткацкого станка СТБ 2-175. Технические характеристики датчика:

- число импульсов на оборот – 2500;
- максимальная частота выходного сигнала, кГц – 100 ( $n_{\text{вращ}} \leq 2400 \text{ мин}^{-1}$ ).

Измерения проводились в процессе выработки чистольняной ткани обр. 292 (в основе и в утке льняная пряжа Б 50 текс СЛ).

Для определения средней скорости обычно измеряется перемещение за некоторый фиксированный интервал времени. Но возможен также и обратный способ, когда измеряется время прохождения некоторого фиксированного пути.

По первому способу подсчитывается количество импульсов, формируемых энкодером при вращении. Показания счетчика прямо пропорциональны угловой скорости вращения главного вала  $\omega$ , значение которой можно вычислить по формуле:

$$\omega = \frac{\Delta Z 2\pi}{Z \Delta t}, \quad (1)$$

где  $\Delta Z$  – показания счетчика;  $Z$  – константа датчика (равная 2500);  $\Delta t$  – интервал таймера, с.

Для оценки точности данного метода проведены эксперименты на базе платы PCL-833. Для частоты вращения главного вала  $n_{\text{вращ}}=300 \text{ мин}^{-1}$  выполнены оценочные расчеты (3) – (8) с целью построения зависимости погрешности  $\eta_{\text{изм}}$  и угловой дискретности измерений  $\delta_{\text{изм}}$  от интервала таймера  $\Delta t$ , который принимался равным  $10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 10^0$  с.

Период обращения главного вала, с:

$$T_{\text{вращ}} = \frac{60}{n_{\text{вращ}}}, \quad (2)$$

где  $n_{\text{вращ}}$  – частота вращения главного вала,  $\text{мин}^{-1}$ .

Период следования импульсов с фотоимпульсного датчика, с:



$$T_{\text{имп}} = \frac{T_{\text{вращ}}}{Z}. \quad (3)$$

Количество импульсов за интервал таймера:

$$Z_{\text{инт}} = \frac{\Delta t}{T_{\text{имп}}}. \quad (4)$$

Количество измерений на один оборот:

$$N_{\text{изм}} = \frac{T_{\text{вращ}}}{\Delta t}. \quad (5)$$

Погрешность измерений, %:

$$\eta_{\text{изм}} = \frac{1}{Z_{\text{инт}}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Угловая дискретность измерений, %:

$$\delta_{\text{изм}} = \frac{1}{\frac{N_{\text{изм}}}{N_{\text{изм}}^{\text{max}}} \cdot 100\%}. \quad (7)$$

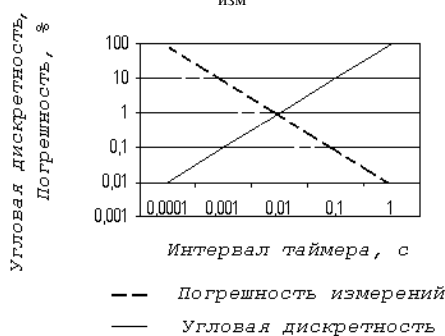


Рис. 1

Из результатов расчетов, представленных на рис. 1, следует, что для получения максимального количества отсчетов угловой скорости (наименьшей дискретности) период следования сигналов таймера должен быть минимальным. Однако уменьшение интервала времени в равной мере сокращает точность этих измерений. Для разрешения этого противоречия необходимо использовать умножающие режимы счета или использовать энкодеры с большей разрешающей способностью. Оптимальным можно считать интервал таймера

порядка 0,01 с. При таком интервале достигается компромисс между точностью и угловой дискретностью измерений.

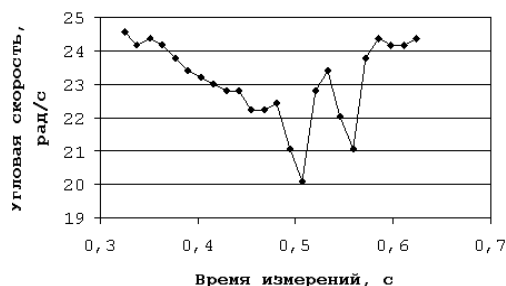


Рис. 2

На рис. 2 показана динамика изменения частоты вращения главного вала с интервалом времени измерения  $\Delta t = 0,013$  с.

По второму способу частота вращения валов механизмов может быть получена в результате анализа сигналов энкодера, импульсы от которого связаны с текущим временем.

Если фронтам двух соседних импульсов, формируемых преобразователем круговых перемещений, соответствуют моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ , то частота вращения вала в пределах этого интервала может быть найдена по формуле

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{t_2 - t_1} = \frac{2\pi}{Z(t_2 - t_1)}, \quad (8)$$

где  $\Delta\varphi$  – угловой шаг маски преобразователя.

При таком способе за один оборот главного вала можно получить число отсчетов угловой скорости, равное числу импульсов  $Z$  на оборот используемого энкодера. Кроме того, есть возможность жесткой привязки полученных значений угловой скорости к реальной угловой координате главного вала по нулевой метке, что имеет существенное значение для диагностики контролируемого механизма.

Для оценки ресурсов этого метода исследования велись на базе программно-аппаратного комплекса фирмы National Instruments [2]. Отличительной особенностью данного комплекса является то, что он функционирует под управлением спе-

циальной программной оболочки – LabVIEW-8. Программы в LabVIEW называются виртуальными инструментами (ВИ). Интерактивный интерфейс пользователя ВИ называется лицевой панелью. ВИ получает команды от структурной схемы блок-диаграммы, которая создается в графическом языке G. Структурная схема

представляет собой наглядное представление решения задачи, а также содержит исходные коды для ВИ. Сконфигурированный виртуальный прибор, структурная схема которого представлена на рис.3, сохраняет массив значений частоты вращения вала в текстовый файл для дальнейшего анализа.

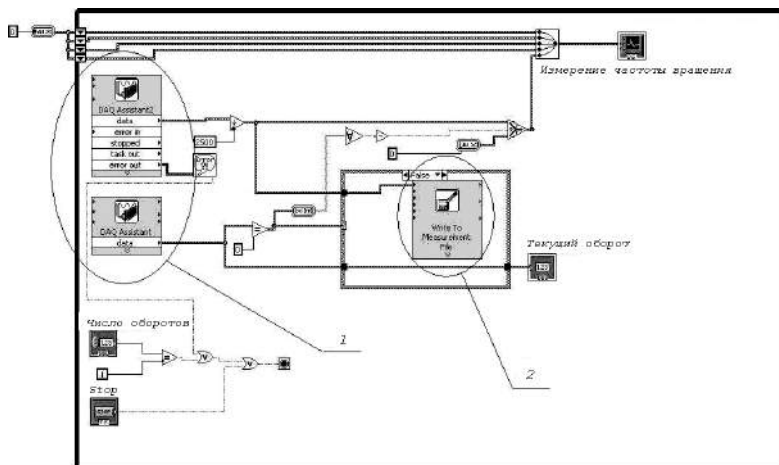


Рис. 3

Для чтения данных из файла разработан аналогичный виртуальный прибор, лицевая панель которого изображена на рис.4. На лицевую панель выводятся мгновенные

частоты на протяжении четырех последовательных оборотов (приведен 1-й оборот), а также наложение этих частот для визуального сравнения.

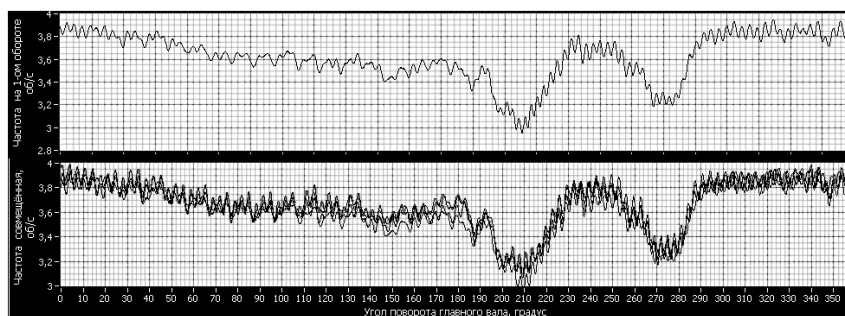


Рис. 4

Сравнение результатов измерений частоты вращения, выполненных различными способами (рис. 2 и рис. 4), показывает хорошее совпадение результатов измерения при очевидных преимуществах технологии LabVIEW.

тервалы между импульсами энкодера, значительно повышает точность измерений.

2. Разработана методика измерения неравномерности частоты вращения главного вала ткацкого станка СТБ 2-175 в среде LabVIEW.

## ВЫВОДЫ

## ЛИТЕРАТУРА

1. Использование режима прерываний, позволяющее фиксировать временные ин-

1. Сигачева В.В. Возможность определения общего технического состояния ткацкого станка по изменению динамических характеристик главного

УДК 677.052.71

## АНАЛИЗ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАТЧИКА ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

*В.А. АВРОРОВ, В.В. ВОЛКОВ, В.С. НИКОЛАЕВ, М.В. ГОРЮНОВА*

(Пензенская государственная технологическая академия)

В соответствии с положением об измерительном преобразователе [1], [2] структура измерительного устройства представляется в виде совокупности измерительных преобразователей, осуществляющих функциональные преобразования сигналов различной физической природы. Измеряемая величина претерпевает ряд последовательных преобразований, которые характеризуются тем, что контролируемая величина поступает на вход первого преобразователя, а его выходная величина является входной величиной второго, и т.д. Преобразование осуществляется до тех пор, пока на выходе последнего не будет получено выходное значение, удобное для восприятия оператором или для использования с целью дальнейших преобразований, регистрации или управления.

В литературе отсутствуют данные о статической и динамической точности датчиков, измеряющих толщину волокнистой ленты  $N$  по силе, возникающей при прохождении контролируемого продукта через уплотнитель. Можно предположить, что статическая точность такого типа преобразователей зависит как от степени распрямленности и параллелизации волокон [5], так и температурных режимов работы преобразователя. Динамическая точность в полной мере будет зависеть от упругости волокон и колебательных процессов машины в зоне установки преобразователя. Вариантом использования такого типа датчиков в системе автоматического вы-

равнивания волокнистой ленты является установка их в вытяжных приборах, где общая вытяжка разделена на две части: одна – постоянная и служит для измерения силы вытягивания, другая – регулируемая. В этом случае синтезируется разомкнутая система регулирования, где в качестве задающей величины используется сила вытягивания  $F=f(N)$  при постоянной величине вытяжки.

При построении структурно-логической схемы данного типа преобразователя опустим учет распрямленности и параллелизации волокон, их упругость, которые учитываются при калибровке измерительной системы применительно к конкретным режимам работы преобразователя.

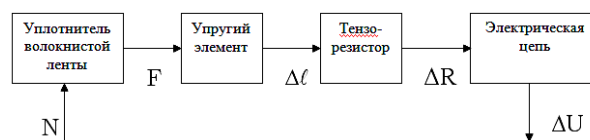


Рис. 1

Обобщенная структурная схема тензорезисторного датчика линейной плотности (ДЛП) волокнистой ленты, основанного на регистрации усилий протаскивания ленты, представлена на рис. 1. Измеряемый номер  $N$ , непрерывно движущейся ленты, проходящей через уплотнитель, преобразуется в усилие протаскивания  $F$ , которое преобразуется в деформацию  $\Delta l$  упругого элемента. Деформация упругого элемента преобразуется в изменение сопротивления  $\Delta R$

тензорезистора, которое, в свою очередь, в измерительной электрической цепи преобразуется в выходное напряжение  $\Delta U$ . В рассмотренной последовательности преобразователей четко выражается их различие по физическим основам преобразования и закономерности связи одной физической величины с другой.

Функциональные зависимости и уравнения, характеризующие взаимосвязь указанных физических параметров, имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} F &= f(N, A), \\ \Delta l &= \varepsilon l = F_p l / c, \\ \Delta R &= K_t R \Delta l / l, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $A$  – параметры уплотнителя (для конкретного типа величина постоянная);  $\varepsilon$  – относительная деформация участка упругого элемента;  $l$  – длина измерительного участка упругого элемента;  $c$  – жесткость упругого элемента;  $K_t$  – коэффициент тензочувствительности в направлении базы тензорезистора;  $R$  – сопротивление тензорезистора.

Физические процессы в преобразователе подчиняются связи между входной и выходной величинам  $Y = f(X)$ .

Идентичная характеристика для датчика в целом является функцией преобразования датчика, где под отношением изменения выходной величины  $\Delta Y$  к соответствующему значению входной величины  $\Delta X$ , понимается чувствительность датчика [2], иначе  $B = \Delta Y / \Delta X$ .

В случае нелинейности чувствительность является функцией входной величины  $X_i$  и определяется как  $B_i = (\Delta Y / \Delta X)$  при  $X = X_i$ . Тогда коэффициент преобразования датчика будет выражать отношение выходной величины датчика к соответствующему значению входной величины  $K = Y / X_i$ . Если зависимость между входной и выходной величинами линейна, то чувствительность и коэффициент преобразования равны. В этом случае  $Y = BX$ .

Рассматриваемая нами структурная схема датчика относится к системе прямого преобразования. Его чувствительность

определится произведением чувствительности отдельных преобразователей  $B = B_1 B_2 \dots B_{n-1} B_n$  и может быть найдена как отношение выходной величины к входной:  $B = Y / X$ . В случае тензорезисторного датчика чувствительность выразится как

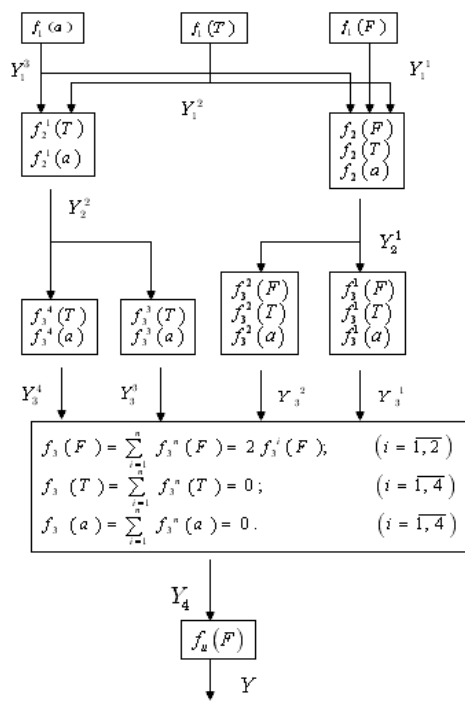
$$B = \frac{\Delta R}{f(N, A)} \frac{c}{K_t R},$$

где  $\frac{c}{K_t R}$  – параметр преобразовательной части упругий элемент – тензорезистор является постоянной величиной для конкретного датчика в определенном диапазоне чувствительности. Из формулы видно, что чувствительность определяется константой чувствительного элемента и отношением входного и выходного параметров.

Построение тензометрического датчика [3], [4] основано на включении тензорезисторов в электрическую измерительную цепь или делителя напряжения, или мостовой схемы. Для повышения чувствительности отдается предпочтение мостовой схеме. В этом случае используется сразу четыре плеча моста, где все тензорезисторы имеют одну и ту же входную величину – деформацию упругого элемента.

Помимо основной входной величины – силы протягивания – могут иметь место дополнительные входные величины, возникающие вследствие разного рода воздействий (от влияния температуры, влажности, вибрации и прочих), которые вызывают погрешности измерений и сокращают срок службы ДЛП. Устранение погрешностей при измерениях возможно введением дополнительного компенсационного элемента, их регистрации и последующего вычитания данных величин с использованием известных схем из элементов электроники. Недостатком такой системы будет являться сложное сочетание первичных преобразователей с элементами электроники, корректировка усилительных схем и учет фазовых смещений.

Наиболее целесообразным является использование функции устранения дополнительных погрешностей в преобразовательной системе ДЛП: основной и компенсационный упругие элементы, плюс мостовая – тензорезисторная схема. Структурная блок-схема такой системы приведена на рис. 2.



Здесь формирование выходного сигнала  $Y$ , соответствующего входной величине  $X$ , имеет ряд последовательно-параллельных преобразований с дифференциальным выходом, где работа преобразовательных элементов характеризуется передаточными функциями:  $f_1$  – уплотнитель и несущая часть машины;  $f_2$  – упругие элементы и тензорезисторы;  $f_3$  – электрическая измерительная мостовая схема;  $f_4$  – усилитель электрических сигналов. Из схемы видно, что упругие элементы основной и компенсационной являются преобразователями передаточных функций:

- $f(F)$  – от усилия протягивания;
- $f(T)$  – от температурного фактора;
- $f(a)$  – от вибрационного и ударного воздействия.

В этом случае передаточная функция датчика линейной плотности волокнистой ленты от каждого фактора примет вид:

$$f(F) = f_1(F)f_2(F)[f_3^1(F) + f_3^2(F)]f_4(F),$$

при

$$|+f_3^1(F)| = |-f_3^2(F)| = f_3(F)$$

будем иметь

$$f(F) = f_1(F)f_2(F)2f_3(F)f_4(F), \quad (2)$$

$$f(T) = f_1(T)\{f_2(T)[f_3^1(T) + f_3^2(T)] + f_2^1(T)[f_3^3(T) + f_3^4(T)]\},$$

при

$$f_3^1(T) = f_3^2(T) = f_3^3(T) = f_3^4(T) = f_3(T)$$

будем иметь:

$$f(T) = 0, \quad (3)$$

$$f(a) = f_1(a)\{f_2(a)[f_3^1(a) + f_3^2(a)] + f_2^1(a)[f_3^3(a) + f_3^4(a)]\},$$

при

$$|+f_3^1(a)| = |-f_3^2(a)| = |+f_3^3(a)| = |-f_3^4(a)| = f_3(a)$$

имеем

$$f(a) = 0. \quad (4)$$

Решение передаточных функций приведенной структурной схемы ДЛП показывает, что применение параллельно-последовательных преобразований с дифференциальным выходом исключает из процесса измерений функции  $f(T)$  и  $f(a)$ , факторы температуры и вибрации. Также следует отметить, что при дифференциальном соединении тензорезисторных преобразователей достигается компенсация передаточных функций, одинаковых по знаку и величине, а также разноименных по знаку и одинаковых по модулю и включенных в параллельные ветви мостовой схемы.

Из решения рассматриваемой структурной схемы видно увеличение передаточной функции (2) в два раза при вклю-

чении ее в одну из параллельных ветвей с выходом на дифференциатор.

Рассмотренное решение по уменьшению величины внешних факторов и увеличению весомости полезного измеряемого сигнала на практике свободно реализуется с использованием мостовой измерительной схемы, функция преобразования которой рассматривается отдельно.

Аналогичная картина будет наблюдаться и в случае замены преобразователя тензорезисторного типа на индуктивный или емкостный, или реостатный, или другие типы преобразователей. Иными словами, замена одного измерительного преобразователя другим открывает возможность применения преобразователей любых физических величин.

$$f(N) = \sigma \bar{\mu} S(0) (v_1 - v_0) \left\{ \int_0^x \lambda(x) S^{(1)}(x) dx + \int_{x_0}^L \lambda(x) S^{(0)}(x) dx \right\},$$

где  $v_1$  и  $v_0$  – характеризуют скорости движения волокон в потоке на входе и выходе уплотнителя;  $\bar{\mu}$  – вектор силы трения или коэффициент вязкости;  $\sigma$  – среднее значение контактирующей поверхности длины волокна;  $\lambda(x)$  – относительная величина, характеризующая коэффициент контакта;  $S^{(1)}(x)$  и  $S^{(0)}(x)$  – число волокон в сечении входящего и выходящего продукта в точке  $x$  зоны прохождения продукта на длине  $L$ ;  $dx$  – элемент длины вытяжного поля или элемент длины уплотняющего участка;  $S(0)$  – количество волокон находящейся в зоне вытягивающей пары.

Анализ представленного функционала позволяет предположить о сути исследуемого продукта, представляющего в комплексе взаимосвязь различных факторов, описывающих его толщину, или номер. Очевидно, точный учет величины каждого фактора влияния практически невозможен, что определяет волокнистую ленту стохастической системой величин влияния. Решение данного вида задачи по определению чувствительности уплотнителя  $V_y = \Delta N / \Delta F$  предполагает накопление экспериментальных статистических данных и

Рассмотренный алгоритм метода построения преобразователя линейной плотности волокнистой ленты показывает, что задача решается в полной мере при выявлении внешних факторов влияния и позволяет получить довольно точную исследуемую характеристику силы. Остается пояснить точность оценки линейной плотности волокнистой ленты. Очевидно, в рассматриваемом преобразователе существенное влияние будет оказывать уплотнитель, его внутренний профиль, контактирующий с перерабатываемым продуктом, а также свойства самого волокнистого материала. В первом приближении вытягивающая сила  $F=f(N)$ , подчиняющаяся законам вязкого трения, в случае малой вытяжки [6] будет описываться функциональным уравнением:

их оптимизацию. Задачи данного типа решаются с использованием математической теории планирования эксперимента по выявлению механических явлений, которые устанавливают условия критерия оптимальности, удовлетворяющие изучаемому процессу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Эрлер В., Вальтер Л. Электрические измерения неэлектрических величин полупроводниковыми тензорезисторами. – М.: Мир, 1974.
2. Проектирование датчиков для измерения механических величин. – М.: Машиностроение, 1979.
3. Немец И. Практическое применение тензорезисторов. – М.: Энергия, 1970.
4. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. – Минск: Высшая школа, 1975.
5. Кисин Б.М., Карпинский В.В. Анализ существующих способов измерения толщины волокнистых материалов (Обзор). – М.: ЦНИИТЭИ легпшесмаш, 1972.
6. Ковнер С.С. Математические методы исследования движения волокон в процессе вытягивания. – М.: ГНТИЛЛП, 1957.

Рекомендована кафедрой пищевых производств. Поступила 10.10.08.

## ЕМКОСТНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛЕВЫХ ДАТЧИКОВ

Е.Ф. РАЗУМОВА, А.К. РАСТОРГУЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Емкостная неустойчивость является одним из основных показателей, определяющих практическую возможность применения полевых датчиков для контроля заданного параметра продукта в процессе его обработки на технологических машинах.

Емкостную неустойчивость можно подразделить на два вида: технологическую и конструктивную.

Технологическая емкостная неустойчивость – это изменение емкости датчика в результате изменения диэлектрической проницаемости контролируемого продукта при внешних воздействиях, представляющих собой отклонения от заданных условий протекания технологического процесса, наиболее существенным из которых является изменение влажности продукта.

В работе [1] приводится полученная экспериментально зависимость диэлектрической постоянной текстильного материала от влажности, которая при выполнении измерений на частоте  $f = 0,2$  МГц имеет вид

$$E = E_{\text{TM}} + 0,03 \cdot B^2, \quad (1)$$

где  $E_{\text{TM}}$  – диэлектрическая проницаемость сухого текстильного материала;  $B$  – влажность материала в процентах.

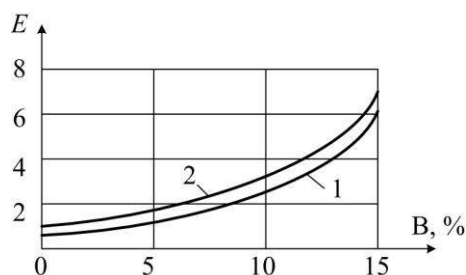


Рис. 1

На рис. 1 представлены зависимости  $E = f(B)$  для тканей: бязь арт.276 (кривая 1) и сатин арт.528 (кривая 2).

Из (1) находим величину относительного приращения диэлектрической проницаемости текстильного материала при изменении его влажности:

$$\frac{\Delta E}{E_{\text{TM}}} = \frac{E_{\text{TM}} + 0,03B^2 - E_{\text{TM}}}{E_{\text{TM}}} = \frac{0,03B^2}{E_{\text{TM}}}. \quad (2)$$

Из последнего выражения следует, что относительное приращения диэлектрической проницаемости текстильного материала уменьшается при увеличении начального значения  $E_{\text{TM}}$ . Технологическая емкостная неустойчивость полевого датчика при этом также уменьшается.

Изменение влажности текстильного материала оказывает различное воздействие на изменение емкости полевых датчиков, зависящее от конструкции датчика.

Емкость датчика с подвижными электродами и постоянным значением  $E_{\text{TM}}$  определяется выражением [2]:

$$C = \frac{E_0 E_{\text{TM}} ab}{d} \left[ 1 + \frac{d}{\pi \left( 1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \Phi. \quad (3)$$

С учетом (1) формула (3) принимает вид:

$$C = \frac{E_0 ab}{d} (E_{\text{TM}} + 0,03B^2) \left[ 1 + \frac{d}{\pi \left( 1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (4)$$

где  $a$  – ширина электродов, м;  $b$  – длина электродов, м;  $d$  – расстояние между

электродами датчика, м;  $E_0$  – электрическая постоянная.

При постоянной величине диэлектрической проницаемости чувствительность датчика к изменению толщины контролируемого продукта определяется по формуле [2]:

$$K_d = E_0 E_{TM} \left[ \frac{b}{\pi d \left( 1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)^2} - \frac{ab}{d^2} \right], \text{ Ф/м. (5)}$$

При проходе шва ткани через рабочую область датчика расстояние между электродами увеличивается, вследствие чего его емкость уменьшается. Таким образом, в соответствии с выражением (5) имеем:

$$K_d < 0. \quad (6)$$

При изменении влажности контролируемого продукта емкость датчика также изменяется. Чувствительность датчика к изменению влажности определяется в результате дифференцирования выражения (5) по переменной величине  $V$ :

$$K_V = \frac{dC}{dV} = 0,06BE_0 \left[ \frac{ab}{d} + \frac{b}{\pi \left( 1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (7)$$

где  $V$  – влажность в относительных единицах (безразмерная величина).

В случае повышения влажности емкость датчика в соответствии с (4) возрастет, причем чувствительность датчика к изменению влажности, как следует из формулы (7), имеет положительный знак, то есть:

$$K_V > 0. \quad (8)$$

В механизмах управления текстильными машинами при пропуске швов ткани, построенных на основе датчика с подвижными пластинами, сигналом для включе-

ния механизмов управления положением рабочих органов машин является уменьшение емкости датчика в момент прохождения шва ткани. Поэтому увеличение емкости, вызванное повышением влажности, не вызовет ложного срабатывания системы контроля движущегося материала.

Таким образом, технологическая емкостная неустойчивость полевого датчика шва ткани не нарушает процесса контроля движущегося продукта.

Датчик с неподвижными параллельно расположенными электродами [2] позволяет контролировать текстильный продукт в виде холста, ленты, нити и полотна ткани. В качестве низкопотенциального электрода целесообразно использовать элементы технологических машин, выполняющих функции направляющих движения продукта. В этом случае устраняется дополнительное механическое воздействие на продукт от устанавливаемых на машине низкопотенциальных электродов. Емкость датчика с неподвижными электродами определяется следующим выражением [2]:

$$C = \frac{E_0 ab}{d - d_2 \left( 1 - \frac{1}{E_{TM}} \right)}, \quad (9)$$

где  $d$  – расстояние между электродами, м;  $a$  – ширина электродов, м;  $b$  – длина электродов, м;  $d_2$  – толщина контролируемого продукта, м.

С учетом (1) формула (9) принимает вид:

$$C = \frac{E_0 ab}{d - d_2 \left( 1 - \frac{1}{E_{TM} + 0,03V^2} \right)}, \text{ Ф} \quad (10)$$

Здесь  $V$  – влажность продукта, %.

Чувствительность полевого датчика с неподвижными пластинами при постоянной величине диэлектрической постоянной к изменению толщины продукта:



$$K_{d_2} = \frac{dC}{dd_2} = \frac{E_0 ab \left(1 - \frac{1}{E_{TM}}\right)}{\left[d - d_2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}}\right)\right]^2}, \Phi/\text{м}. \quad (11)$$

Из (11) следует, что чувствительность датчика к изменению толщины продукта повышается с увеличением начальной толщины продукта. Таким образом:

$$K_{d_2} > 0. \quad (12)$$

$$K_B = \frac{dC}{dB} = \frac{0,06BE_0abd_2}{\left(d - d_2 + \frac{d_2}{E_{TM} + 0,03B^2}\right)^2 (E_{TM} + 0,03B^2)^2}, \Phi/\%B. \quad (13)$$

Если влажность контролируемого продукта более 5%, чувствительность датчика к изменению влажности можно определить по формуле:

$$K_B \cong \frac{67E_0abd_2}{\left[d - d_2 \left(1 - \frac{33}{B^2}\right)\right]^2 B^3}, \Phi/\%B. \quad (14)$$

Из выражений (13) и (14) следует, что с повышением влажности материала чувствительность рассматриваемого датчика к изменению влажности уменьшается, то есть:

$$K_B < 0. \quad (15)$$

Следовательно, при контроле текстильного материала при условии  $E > E_{TM}$  технологическая емкостная неустойчивость датчика с неподвижными электродами, вызванная изменением влажности продукта, уменьшается.

Конструктивная емкостная неустойчивость полевых датчиков связана со свойст-

Поэтому при проектировании датчика с неподвижными электродами для контролируемого продукта, толщина которого может изменяться в значительных пределах, система обработки сигнала датчика должна обладать чувствительностью, обеспечивающей прием и обработку сигнала датчика при минимально возможной начальной толщине контролируемого продукта.

Чувствительность датчика с неподвижными электродами к изменению влажности текстильного материала определим в результате дифференцирования выражения (10) по переменной величине  $B$ :

вами материалов конструкции, неустойчивостью размеров электродов, расстояния между электродами, а также диэлектрической проницаемости основания, на котором устанавливаются электроды [4].

При повышении температуры механические свойства металлов снижаются, падает величина модуля упругости и понижается предел прочности. Однако эти явления заметны при температурах более 200...500°C. Поэтому в условиях текстильного производства влияние температуры на свойства металлических элементов конструкции полевых датчиков практически отсутствует.

Диэлектрическая проницаемость деталей конструкции влияет на величину емкости датчика. Она характеризуется не только абсолютным значением, но и температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости (ТКДП)  $\alpha_E$ .

Значения ТКДП некоторых материалов, используемых в конструкциях полевых датчиков, приведены в табл. 1 [4].

Наименование материалов	Е	ТКДП $\alpha_E \cdot 10^{-6}$
Радиофарфор	5,6...6,5	200...300
Пластмассы	4...7	800...1500
Полистирол	2,2...2,9	1000...1300

Из данных табл.1 следует, что при температурном режиме в производственных помещениях текстильных предприятий влияние ТКДП на параметры датчиков можно не учитывать.

Проведенные исследования позволили установить, что основное влияние на параметры полевых датчиков механизмов оперативного контроля продукта при его обработке на текстильных машинах оказывает технологическая емкостная неустойчивость, обусловленная изменением диэлектрической проницаемости материала при смене его артикула и изменении влажности.

Для исключения ложных срабатываний и отказов в срабатывании системы приема сигнала, его обработки и управления рабочими органами текстильных машин, вызванных технологической емкостной неустойчивостью датчиков, требуется введение автоматической подстройки задающей емкости системы приема и обработки сигнала датчика.

## ВЫВОДЫ

1. Поставлена и решена задача по определению влияния технологической емкостной неустойчивости на параметры полевых датчиков механизмов контроля текстильного продукта.

2. Разработана методика определения чувствительности полевых датчиков к изменению параметров контролируемого продукта при смене его артикула и изменении влажности, определяющих технологическую емкостную неустойчивость полевых датчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разумова Е.Ф. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6. С.83...85.
2. Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4. С.89...93.
3. Давыдов В.В., Коптелов Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6. С.99...102.
4. Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Энергия, 1977.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 30.10.08.

УДК 677.024

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПЕНЫ ПРИ НАНЕСЕНИИ ЕЕ НА ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В.А. ПЕРЕЖИЛИН, А.Б. КОЗЛОВ

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

При использовании в текстильных производствах пенной технологии, например, нанесении на пряжу или ткани вспененной шлихты, красителей, аппретов и др., существенное значение имеет качество пены, то есть ее кратность и дисперсность, ста-

бильность, равномерное истекание, плотность и вязкость, стойкость к старению. Одним из контролируемых параметров пены на выходе пеногенератора и в зоне ее нанесения на текстильный материал является кратность пены  $K_{\Pi}$ :

$$K_{\Pi} = \frac{V_{\Pi}}{V_{\text{ж}}} = \frac{V_{\text{ж}} + V_{\text{в}}}{V_{\text{ж}}}, \quad (1)$$

где  $V_{\Pi}$  – объем пены;  $V_{\text{ж}}$  – объем жидкости;  $V_{\text{в}}$  – объем воздуха (или газа) в пене.

В табл. 1 приведены основные параметры пен, применяемых в красильно-отделочном производстве.

Т а б л и ц а 1

Технологический процесс	Средний диаметр пузырьков пены, мм	Кратность пены	Период полураспада пены, мин	Динамическая вязкость, Па·с
Подготовка	110...230	8...15	5...15	1,8...3,5
Крашение	90...140	5...18	10...25	2,6...4,3
Печатание	40...60	2...5	1200...1800	150...420
Отделка	80...150	12...40	5...45	0,8...7,3

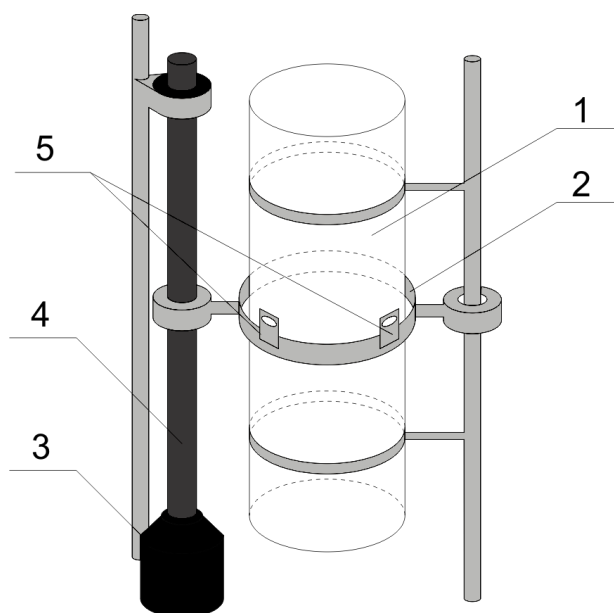


Рис. 1

Возможность определения кратности пены с использованием оптоэлектронных преобразователей была обсуждена в [1]. Для подтверждения теоретических предпосылок и получения конкретных данных и характеристик была выполнена экспериментальная установка (рис. 1), состоящая из стеклянной мерной емкости 1, закрепленной неподвижно; подвижного кольца 2, кинематически связанного с двигателем 3 его перемещения по высоте мерной емкости 1 посредством винтовой передачи 4; светодиода и фотодиода 5 (оптопары), размещенных на кольце 2 с возможностью их установки на определенном расстоянии друг от друга и под различным углом между их оптическими осями. В установке были использованы светодиод типа АЛ108

(АМ) с длиной волны инфракрасного излучения 0,845 мкм, шириной спектра излучения 0,05 мкм и видимым телесным углом 25 град, а также фотодиод типа ФД25Б с максимумом спектрального распределения фото-чувствительности в диапазоне длин волн 0,75...0,9 мкм. Питание светодиода осуществлялось импульсами тока частотой 1000 Гц с амплитудой порядка 3÷4 А и длительностью 0,05 мс. Для приготовления пены использовалась водорастворимая шликта СЕ (Size CE) на основе полиакрилата для шликтования основ из целлюлозы, ее смесей с полиэфиром, шерсти и ее смесей с полиэфиром, а также вискозы и акрилата.

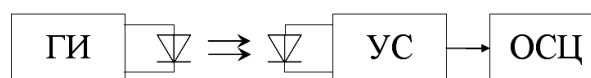


Рис. 2

Электронная часть экспериментальной установки, блок-схема которой представлена на рис. 2, содержала генератор импульсов ГИ, к выходу которого подключен светодиод СД, а также фотодиод ФД, подсоединенный посредством фотоусилителя УС ко входу осциллографа ОСЦ.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. Предварительно подвижное кольцо 2 (рис. 1) устанавливалось в конечное верхнее или нижнее положение, а светодиод и фотодиод 5 фиксировались на определенном расстоянии друг к другу и на заданном угле между их оптическими осями. Пена для шликтова-

ния основы, получаемая с помощью пеногенератора [2], подавалась в мерную емкость 1, заполняя ее до фиксированного объема  $V_{пл}$ . Имитируя движение пены, кольцо 2 с оптопарой 5 после включения двигателя 3 перемещалось вдоль мерной емкости 1. С помощью осциллографа ОСЦ (рис. 2) регистрировалась амплитуда импульсного сигнала с фотодиода ФД, то есть значение потока излучения светодиодом СД, прошедшего и отраженного от пены в соответствии с ее кратностью. В эксперименте измерения повторялись для пены с различной кратностью и различным расположением светодиода относительно фотодиода.

В ходе эксперимента после заполнения мерной емкости 1 пеной при повторных измерениях наблюдалось изменение амплитуды импульсного сигнала на различном по высоте положении подвижного кольца 2, а также с течением времени, что объясняется разрушением пены и истечением из нее жидкости.

Из теории разрыва пленок и разрушения пены известна зависимость:

$$k\tau = \ln \frac{h_0 - h_{пл}}{h - h_{пл}}, \quad (2)$$

где  $k$  – постоянная скорости распада;  $h_0$  – высота столба пены в начальный момент времени;  $h$  – высота столба пены в момент времени  $\tau$ ;  $h_{пл}$  – высота столба выделившейся межпленочной жидкости.

Поскольку  $h_0$ ,  $h$  и  $h_{пл}$  соответствуют объемам  $V_0$ ,  $V$  и  $V_{пл}$ , то:

$$k\tau = \ln \frac{V_0 - V_{пл}}{V - V_{пл}}, \quad (3)$$

Зависимости (2) и (3) являются описанием процесса разрушения пленок пены, исключая начальный и конечный этапы.

Согласно свойствам текстильных пен, зная кратность пены и период полураспада, из проведенных исследований возможно произвести расчет коэффициентов и

вывести зависимость изменения кратности пены с течением времени:

$$k = \frac{\ln(K_{пл} + 1)}{\tau}, \quad (4)$$

где  $V_{пл}$  – коэффициент скорости распада пены.

При условии создания пены с помощью динамического пеногенератора и получения мономодальной (стабильной) пены изменением кратности пены на разных уровнях в капилляре под действием гравитационной силы можно пренебречь. Следовательно, можно предположить, что основная погрешность, возникающая при измерении кратности пены, заключена только в процессе ее разрушения. Найдя коэффициент  $k$  постоянной скорости распада из уравнения (4), в том числе и экспериментальным методом, для разных пен, можно прогнозировать изменение структуры пены со временем.

После процедуры измерения выходного напряжения, то есть амплитуды импульса с помощью осциллографа, через 15...20 минут происходило полное разрушение пены с образованием жидкой фазы объемом  $V_{ж}$ , что позволяло вычислить кратность пены  $K_{пл}$  по выражению (1).

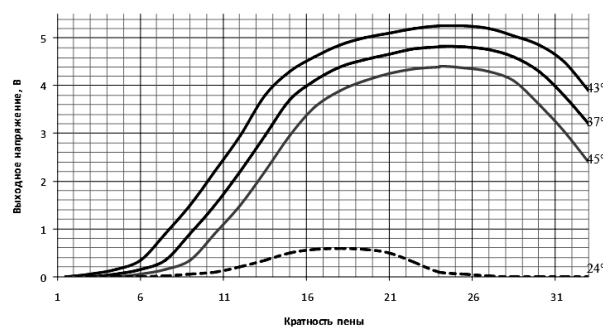


Рис. 3

Результаты экспериментов представлены на рис. 3 в виде зависимостей выходного импульсного напряжения от кратности пены и угла  $\phi$  между оптическими осями оптопары.

Из анализа полученных характеристик следует, что с увеличением кратности пе-

ны до значения  $K_{\Pi} \approx 21$  и угле между оптическими осями оптопары  $\varphi \approx 43^\circ$  чувствительность оптоэлектронного преобразователя достаточно высокая, а с дальнейшим увеличением  $K_{\Pi}$  – уменьшается. Значение угла  $\varphi = 43^\circ$  для получения максимальной чувствительности является оптимальным, что согласуется с теоретическими положениями при измерении структур пористых материалов оптическими датчиками [3], [4].

## ВЫВОДЫ

1. Получены конкретные зависимости и численные значения выходного сигнала оптоэлектронного инфракрасного преобразователя от кратности пены и угла между оптическими осями оптопары, что подтверждает возможность контроля качества

пены в лабораторных и производственных условиях.

2. Приведенные выражения позволяют учитывать влияние скорости разрушения пены во времени на результаты измерений кратности пены.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Виниченко С.Н., Королев Ю.Н., Козлов А.Б.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №2.
2. *Виниченко С.Н., Козлов А.Б.* Автоматизация процесса приготовления пены для шлихтования // Сб. мат. Междунар. научн-техн. конф. – Ч.2. – 2004, Иваново, ИГТА.
3. *Козлов А.Б.* // Дис...докт. техн. наук. – М., 1994.
4. *Козлов А.Б., Космынин А.И., Милентьев Д.С.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №2.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 02.02.09.

УДК 534.833: 621

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ СИСТЕМ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ  
ДЛЯ ВЯЗАЛЬНО-ПРОШИВНЫХ МАШИН**

*Б.С. САЖИН, О.С. КОЧЕТОВ, М.В. ГОЛУБЕВА, С.С. ШЕСТАКОВ*

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

Уменьшение уровня вибрации на рабочих местах в текстильной и легкой промышленности является весьма актуальным в силу того, что в последнее время наметилась тенденция размещать высокоскоростное оборудование на 2- и 3-х этажах фабричных зданий. Так, например, установленные на 3-м этаже здания ОАО "Фабрика им. В.П.Ногина" (г. Санкт-Петербург) вязально-прошивные машины Малимо-1600 (фирмы Текстима) создают

значительную вертикальную вибрацию перекрытий; при этом в ряде точек на полу цеха уровень вибрации превышает санитарные нормы, регламентированные ГОСТом 12.1.012–90. Ввиду сравнительно высокой частоты вынужденных колебаний (16 Гц) для виброизоляции машины Малимо-1600 применимы новые виброизоляторы с повышенным гистерезисным сопротивлением.

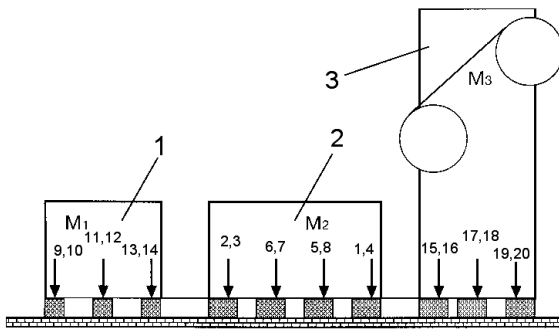


Рис. 1

Схема машины Малимо-1600, установленной на виброизоляторы с повышенным гистерезисным сопротивлением, с расположением опор, общее число которых составляет 20, приведена на рис.1 (1 – устройство для съема полотна; 2 – вязально-прошивной узел; 3 – стойка с навоями.). Схема координат опорных точек наиболее виброактивного вязально-прошивного узла

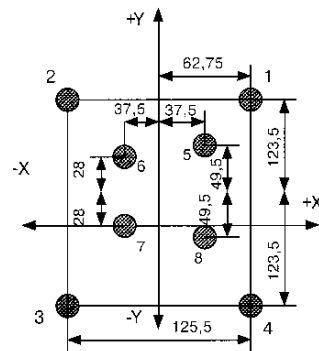


Рис. 2

представлена на рис. 2. Общий вес машины составляет 5940 кгс.

Для определения уровня вибрации в цехе при работе машин Малимо-1600 проводились измерения вибрации с помощью виброизмерительного прибора марки 00042 фирмы Роботрон. Измерялась вибрация на рабочем месте машины № 31 при работе всего цеха и при работе одной ма-

шины, а также фон при неработающем цехе. Результаты измерений вибрации при различных условиях приведены в табл.1

(уровни виброскорости, дБ, на рабочих местах машины Малимо-1600).

Таблица 1

Условия измерений	Среднегеометрические частоты, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Фон в цехе	52	55	64	73	70	66
ГОСТ 12.1.012-90	108	99	93	92	92	92
Работает весь цех	55	56	73	102	78	70
Превышение нормы	-	-	-	10	-	-
Работает машина № 31	55	55	71	97	74	66
Превышение нормы	-	-	-	5	-	-

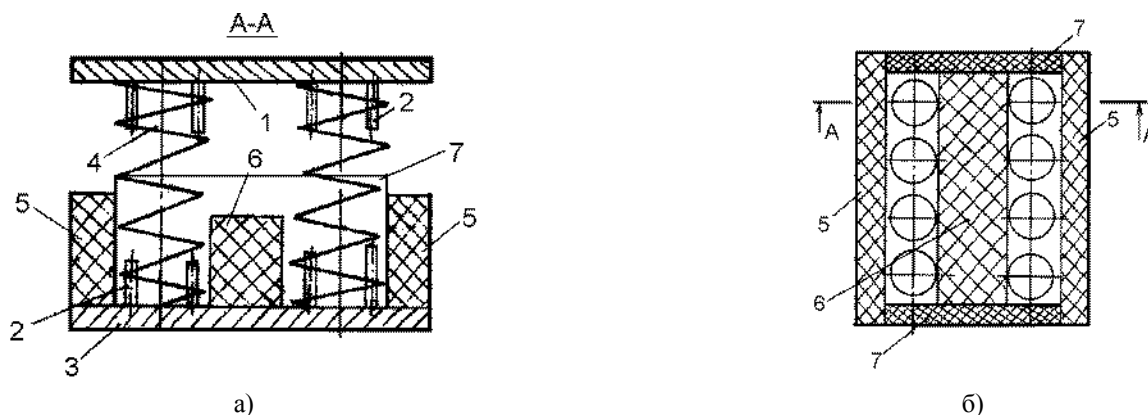


Рис. 3

На рис.3-а,б представлена схема виброизолятора с повышенным гистерезисным сопротивлением (а) фронтальный разрез; б) вид сверху). Он выполнен в виде верхней 1 и нижней 3 прямоугольных плит, между которыми размещены упругие элементы 4, 5, 6, 7 разной жесткости, причем цилиндрические винтовые упругие элементы 4 закреплены посредством не менее трех штифтов 2 к обоим плитам, а резиновые упругие элементы 5 и 7 закреплены на нижней плите 3 таким образом, что образуют замкнутый контур по периметру нижней плиты, а один упругий элемент 6 установлен по центру нижней плиты во всю длину до соседних упругих элементов 7, причем все резиновые упругие элементы имеют разную высоту для компенсации различного веса виброизолируемого объекта, что позволяет системе виброизоляции обеспечить равночастотные свойства. Винтовые упругие элементы могут быть выполнены в виде пакета, состоящего из цилиндрических винтовых пружин 8,9,10 разной жесткости и высоты,

что также позволяет системе виброизоляции обеспечить равночастотные свойства и, следовательно, высокую эффективность виброизоляции, вне зависимости от массы виброизолируемого объекта.

Эффективность виброизоляции для симметричной машины определяется значением коэффициента передачи силы, который без учета диссипативных сил определяется по формуле:

$$K_p = 1 / |1 - (F_{\text{вын}} / F_{\text{соб}})^2|, \quad (1)$$

где  $F_{\text{вын}}$  – частота вынуждающей силы, Гц;  $F_{\text{соб}}$  – частота собственных колебаний виброизолированной машины в вертикальном направлении, Гц.

Поскольку частота вынуждающей силы задана и в нашем случае равна  $F_{\text{вын}} = 16,7$  Гц, то величина коэффициента передачи определяется частотой собственных колебаний машины, которая является основной характеристикой системы виброизоляции:

$$F_{\text{соб}} = F_{\text{вын}} \sqrt{\frac{K_p}{K_p + 1}} \quad (2)$$

Вычислим из (2) собственную частоту системы виброизоляции, необходимую для снижения уровня вибрации в 3 раза:

$$\begin{aligned} K_p &= 1/2; \quad F_{\text{соб}} = 9,6 \text{ Гц}, \\ K_p &= 1/3; \quad F_{\text{соб}} = 8,33 \text{ Гц}. \end{aligned}$$

Найдем необходимую суммарную динамическую жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении:

$$C_{z\text{сп}} = Cz \frac{M_{\text{сп}}}{M_{\text{общ}}} = 21,83 \cdot 10^6 \frac{1000}{6000} = 3,84 \cdot 10^6 \quad [\text{Н/м}].$$

Для рабочего узла:

$$C_{z\text{ру}} = Cz \frac{M_{\text{ру}}}{M_{\text{общ}}} = 21,83 \cdot 10^6 \frac{3360}{6000} = 12,2 \cdot 10^6 \quad [\text{Н/м}].$$

Для стойки с навоями:

$$C_{z\text{сн}} = Cz \frac{M_{\text{сн}}}{M_{\text{общ}}} = 21,83 \cdot 10^6 \frac{1580}{6000} = 5,74 \cdot 10^6 \quad [\text{Н/м}].$$

Для частоты  $F_{\text{соб}} = 8,33$  Гц эти частоты будут соответственно равны:

$$C_{z\text{сп}} = 2,74 \cdot 10^6 \quad [\text{Н/м}]; \quad C_{z\text{ру}} = 9,21 \cdot 10^6 \quad [\text{Н/м}]; \quad C_{z\text{сн}} = 4,33 \cdot 10^6 \quad [\text{Н/м}].$$

Коэффициенты жесткости виброизоляторов, установленных в различных точках имеют следующие значения:

$$\begin{aligned} K_{x1} &= K_{y1} = \dots = K_{x4} = K_{y4} = 225 \text{ кГс/см}; \\ K_{z1} &= K_{z2} = \dots = K_{z4} = 1860 \text{ кГс/см}; \\ K_{x5} &= K_{y5} = \dots = K_{x8} = K_{y8} = 112,5 \text{ кГс/см}; \\ K_{z5} &= K_{z6} = \dots = K_{z8} = 930 \text{ кГс/см}. \end{aligned}$$

Для исследования эффективности виброизоляции необходимо найти собственные частоты системы виброизоляции. Сис-

$$Cz = 4 \pi^2 F_{\text{соб}}^2 M \quad (3)$$

при  $M = 6000$  кг и  $F_{\text{соб}} = 9,6$  Гц;  $Cz = 21,83 \cdot 10^6$  Н/м;

при  $M = 6000$  кг и  $F_{\text{соб}} = 8,33$  Гц;  $Cz = 16,45 \cdot 10^6$  Н/м.

Динамическая жесткость виброизоляторов для отдельных частей машины пропорциональна их массе. При этом для отдельных узлов машины она определится следующим образом.

Для устройства съема полотна при частоте  $F_{\text{соб}} = 9,6$  Гц:

тема уравнений для свободных колебаний с учетом наличия у машины осей симметрии имеет вид

$$\begin{aligned} M_x + A_x X + B_{xz} \varphi_y &= 0, \quad M_y + A_y Y + B_{yz} \varphi_x = 0, \\ M_z + A_z Z &= 0, \quad J_{\text{ox}} \varphi_x + C_x \varphi_x + B_{yx} Y = 0, \\ J_{\text{oy}} \varphi_y + C_y \varphi_y + B_{zx} X &= 0, \quad J_{\text{oz}} \varphi_z + C_z \varphi_z = 0. \end{aligned}$$



Коэффициенты уравнений системы на- ходятся по формулам

Линейные жесткости:

$$A_y = \sum K_y = 1350 \text{ [ кгс/см ]},$$

$$A_x = \sum K_x = 225 \cdot 4 + 112,5 \cdot 4 = 1350 \text{ [ кгс/см ]},$$

$$A_z = \sum K_z = 1860 \cdot 4 + 930 \cdot 4 = 11160 \text{ [ кгс/см ]}.$$

Крутильные жесткости:

$$C_x = \sum (K_{y_i} Z_{oi}^2 + K_{z_i} Y_{oi}^2),$$

$$C_y = \sum (K_{x_i} Z_{oi}^2 + K_{z_i} X_{oi}^2),$$

$$C_z = \sum (K_{x_i} Y_{oi}^2 + K_{y_i} X_{oi}^2).$$

Линейно-поворотные жесткости:

$$B_{yx} = -\sum K_y X_{oi} = 225(2 \cdot 62,8 - 2 \cdot 62,8) + 112,5(37 - 37) = 0,$$

$$B_{zx} = \sum K_{z_i} X_{oi} = K_{z_i} \sum X_{oi},$$

$$B_{yz} = \sum K_y Z_{oi} = Z_{oi} \sum K_y = -65 \cdot (-1350) = 87750 \text{ [кгс/см]},$$

$$B_{zy} = -\sum K_z Y_{oi} = -K_z \sum Y_{oi} = 0,$$

$$B_{xy} = -\sum K_x Z_{oi} = -65 \sum K_x = -65 \cdot 1350 = -87750 \text{ [кгс/см]},$$

$$B_{xy} = \sum K_{x_i} Y_{oi} = 0.$$

Гироскопические жесткости

$$D_{xyz} = -\sum K_{x_i} Y_{oi} Z_{oi} = -Z_{oi} \sum K_{x_i} Y_{oi} = 0,$$

$$D_{zyz} = -\sum K_z X_{oi} Y_{oi} = -K_z \sum X_{oi} Y_{oi} = 0,$$

$$D_{yxz} = \sum K_{y_i} X_{oi} Z_{oi} = 0,$$

$$\sum X_{oi} Y_{oi} = 62,8 \cdot 123,5 - 62,8 \cdot 123,5 + 62,8 \cdot 123,5 - 62,8 \cdot 123,5 = 0.$$

Откуда собственные частоты опреде- лятся следующим образом:

$$\Omega_z = \sqrt{\frac{11160}{3,425}} = 57,08 \text{ [рад/с]} (F_z = 9,08 \text{ Гц}),$$

$$\Omega_{\varphi_z} = \sqrt{\frac{3280000}{21745}} = 12,3 \text{ [рад/с]} (F_{\varphi_z} = 1,95 \text{ Гц}),$$

$$\Omega^2_{\varphi_x} = 5294; \Omega_{\varphi_x} = 72,76 \text{ рад/с}; F_{\varphi_x} = 11,6 \text{ Гц},$$

$$\Omega^2_y = 747; \Omega_y = 27,23 \text{ рад/с}; F_y = 4,35 \text{ Гц}.$$

Коэффициент передачи силы по верти-

кальному направлению будет равен

$$K_{py} = \frac{P_n}{P_y} \frac{A_x}{M \left[ \omega^2 x - \omega^2 + \frac{B^2 x y}{M x (\omega^2 - \Omega^2 \phi x)} \right]}$$

Подсчеты дают следующий результат:  
 $K = 0,037$  или 28,6 дБ.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена методика расчета системы виброизоляции с повышенным гистерезисным сопротивлением для вязально-прошивного станка модели Малимо-1600.

2. Установка станка на предложенные виброизоляторы типа ВР позволяет снизить амплитуды динамических нагрузок в вертикальном направлении на 28,6 дБ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вибрация и шум в текстильной и легкой промышленности /Под ред. проф. Коритыцкого Я.И. – М.: Легкая индустрия, 1974.

2. Кочетов О.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №1. С.88...92.

3. А.с. СССР № 1388613. Упругий элемент / О.С. Кочетов, Л.Ю. Поляковский – Оpubл. 1988. Бюл. № 14.

4. Кочетов О.С., Поляковский Л.Ю. Пружинные виброизолирующие устройства с равночастотными свойствами // Тез. докл. Всесоюз. научн. совещ. по проблемам виброизоляции машин и приборов. – М., 1986, ИМАШ АН СССР. С.92...93.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 18.02.08.

УДК 677.024: 519.15

**ДВОИЧНЫЙ ПОИСК И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ  
ПРИ МИНИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА  
НЕОБХОДИМЫХ ПРОБОРОК ОСНОВ В РЕМИЗ**

*Г.И. БОРЗУНОВ*

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

Ранее в [1] был описан разработанный автором итеративный алгоритм Eq1\_1, который последовательно генерирует варианты разбиения множества в порядке монотонного возрастания числа подмножеств. В данной статье рассматривается усовершенствованный (на основе алгоритма Eq1\_1) итеративный алгоритм Eq2\_1. Алгоритм Eq2\_1 также последовательно генерирует варианты разбиения множества в порядке монотонного возрастания числа подмножеств, но в отличие от алгоритма Eq1\_1 для управления его работой используются два новых параметра: ns и nf. Значение параметра ns определяет начальное (минимальное) значение числа подмно-

жеств в генерируемых разбиениях, а значение параметра nf – конечное (максимальное) значение числа подмножеств в генерируемых разбиениях. При равенстве значений этих параметров, например ns= nf=5, алгоритмом Eq2\_1 генерируются все возможные разбиения, которые содержат в точности 5 подмножеств (табл. 1). В табл. 1 разбиения множества, состоящего из 6 элементов, представлены характеристическими векторами pChi[i], соответствующими векторам спецификации pPsi[i]. Структура векторов pChi[i] и pPsi[i] и их роль в генерации разбиений множеств описываются в [1].

Т а б л и ц а 1

№ п/п	pPsi[i] –вектор спецификации						pChi[i] – характеристический вектор разбиения множества					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5
2	1	2	2	3	4	5	1	2	1	3	4	5
3	1	2	2	3	4	5	1	2	2	3	4	5
4	1	2	3	3	4	5	1	2	3	1	4	5
5	1	2	3	3	4	5	1	2	3	2	4	5
6	1	2	3	3	4	5	1	2	3	3	4	5
7	1	2	3	4	4	5	1	2	3	4	1	5
8	1	2	3	4	4	5	1	2	3	4	2	5
9	1	2	3	4	4	5	1	2	3	4	3	5
10	1	2	3	4	4	5	1	2	3	4	4	5
11	1	2	3	4	5	5	1	2	3	4	5	1
12	1	2	3	4	5	5	1	2	3	4	5	2
13	1	2	3	4	5	5	1	2	3	4	5	3
14	1	2	3	4	5	5	1	2	3	4	5	4
15	1	2	3	4	5	5	1	2	3	4	5	5

Таким образом, использование алгоритма Eq2\_1 обеспечивает возможность генерации разбиений не подряд, а выборочно, что позволяет использовать при поиске минимальных разбиений схему двоичного поиска. Ниже приводится разработанный автором алгоритм двоичного поиска минимальных разбиений заданных множеств EQ3\_1.

1. Пусть исходное множество X содержит n элементов. Положить  $ns=1$ ,  $nf=n$ ,  $P=(0,0,0,\dots,0)$ , где P – характеристический вектор.

2. Положить  $pr=nf$ . Используя алгоритм EQ2\_1, выполнить поиск допустимого разбиения множества X на pr частей. Если найден характеристический вектор допустимого разбиения pChi, то выполнить: { $P= pChi$ ;  $nf--$ ;} иначе решения не существует, стоп.

3. Выполнить  $pr= (nf + ns)/2$ . Здесь деление выполняется нацело, то есть с отбрасыванием остатка. Используя алгоритм EQ2\_1, выполнить поиск допустимого раз-

биения множества X на pr частей. Если найден характеристический вектор допустимого разбиения pChi, то выполнить:  $P=pChi$ ; иначе перейти к п.5.

4. Положить  $nf = pr$ ; если  $ns < nf$ , то перейти к п. 3; иначе P – характеристический вектор минимального разбиения множества X, стоп,

5. Если  $ns < nf$ , то выполнить  $ns= pr+1$ ; иначе P – характеристический вектор минимального разбиения множества X, стоп,

6. Выполнить  $pr= (nf + ns)/2$ . Деление выполняется нацело. Используя алгоритм EQ2\_1, выполнить поиск допустимого разбиения множества X на pr частей. Если найден характеристический вектор допустимого разбиения pChi, то выполнить: {  $P= pChi$  и перейти к п. 4;} иначе перейти к п. 5.

В табл. 2 приводятся результаты теоретического сравнения алгоритма EQ1\_1 с ранее предложенными алгоритмами [2], [3] и алгоритма EQ3\_1 с алгоритмом EQ1\_1.

Т а б л и ц а 2

Число элементов (n)	Ускорение алгоритма EQ1_1 по сравнению с алгоритмами [2], [3]		Ускорение алгоритма EQ3_1 по сравнению с EQ1_1	
	в худшем	в среднем	в худшем	в среднем
10	1	2	1,69	1,05
20	1	2	1,67	1,15
30	1	2	1,66	1,20
40	1	2	1,85	1,32
50	1	2	1,78	1,32

На основе алгоритма EQ2\_1 впервые разработана вычислительная схема параллельного поиска минимального разбиения (алгоритм EQ4\_1). Псевдокод алгоритма EQ4\_1 приводится ниже. При описании параллельных операций используются обозначения, принятые в книге Дж. Макконелла "Анализ алгоритмов".

1. Пусть n – число элементов в исходном множестве X; p – число процессоров, доступных для выполнения поиска; fp[n] – вектор активных процессоров:  $nsp[i]$ ,  $nfp[i]$  – соответственно начальное (минимальное) и конечное (максимальное) числа подмножеств в разбиениях при поиске, который реализуется с использованием i-го процессора; pChi[i], pr[i] – характери-

стический вектор разбиения, удовлетворяющий заданным ограничениям, и текущее число подмножеств в этом разбиении; icr – номер процессора, с использованием которого найдено минимальное разбиение; i, ii, – управляющие параметры циклов; k – рабочая переменная; ms[i] – сообщение i-го процессора о завершении его работы; pChiMin, prMin – характеристический вектор минимального разбиения и число подмножеств в этом разбиении.

2. Центральный процессор определяет диапазоны поиска  $nsp[i]$ ,  $nfp[i]$  для p процессоров, передает им эти значения и активизирует их работу:  $icr = p$ ;  $fp[] = (0, 0, \dots, 0)$ ;  $pChiMin = (1, 2,$

```
..., n); k = n/p; nsp[0]=1; nfp[0]=k-1;
for(i=1; i < p; i++) { nsp[i] += k; nfp[i] += k;
передать nsp[i], nfp[i] процессору P[i];
fp[i] = 1; активизировать P[i]}
```

3. Активизированные процессоры осуществляют параллельный поиск минимального разбиения:

```
Parallel Start
for(ii=1; ii < p; ii++) { P[ii]: np[ii]= nsp[ii];
P[ii]: while (np[ii] <= nfp[ii] && fp[ii] == 1)
{Выполнить EQ2_1; if(pChi[ii] – удовлетворяет заданным ограничениям) {передать центральному процессору ms[ii]=1 и pChi ; } } P[ii]: if (fp[ii] == 1) { передать центральному процессору сообщение о завершении поиска ms[ii]=0; стоп [ii];}}
```

Parallel End

4. Центральный процессор, получив сообщение о завершении поиска от ii-го процессора выполняет действия:

```
while(fp[i]! =(0, 0, ..., 0)) { Читать ms[ii];
if(ms[ii]==0) { for(i=0; i <= ii; i++) fp[i] = 0;}else { Читать pChi[ii]; if(npMin > np[ii])
{icp=ii; npMin = np[ii]; pChiMin = pChi[ii]; } if (ii < n-1){for(i=ii+1; i < n; i++) fp[i] = 0; }}
Стоп, в pChiMin размещается характеристический вектор минимального разбиения, а в npMin – число подмножеств в минимальном разбиении.
```

В табл. 3 приводятся оценки временной сложности алгоритма EQ4\_1 для простейшего случая:  $p=n$ . При этом считалось, что время измеряется как число рассматриваемых разбиений, и искомые варианты допустимого минимального разбиения множества  $X$  распределены равномерно.

Т а б л и ц а 3

Размерность задачи (n)	Алгоритм EQ3_1 Число рассмотренных разбиений		Алгоритм EQ4_1 Число рассмотренных разбиений		Алгоритм EQ4_1 Ускорение	
	в худшем	в среднем	в худшем	в среднем	в худшем	в среднем
10	55060,1	68667,5	15585,5	42525	3,532777	1,614756
20	2,24233e+13	3,08902e+13	5,37966e+12	1,51709e+13	4,168163	2,036148
30	3,52401e+23	5,10233e+23	7,61458e+22	2,15047e+23	4,627977	2,372658
40	5,96778e+34	8,51494e+34	1,2787e+34	3,58599e+34	4,667068	2,374502
50	7,04773e+46	8,57827e+46	1,39437e+46	3,84008e+46	5,054419	2,233878

Результаты анализа, приведенные в табл. 3, показывают ускорение, которое растет по мере увеличения размерности задачи.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанный автором алгоритм EQ3\_1 реализует двоичный поиск минимальных разбиений заданных множеств, что обеспечивает уменьшение временной сложности решения данной задачи в 2...3 раза.

2. Для дальнейшего уменьшения временной сложности задачи следует использовать при ее решении параллельный алгоритм EQ4\_1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борзунов Г.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №5. С.102...104.
2. Романовский И. В. Алгоритмы решения экстремальных задач. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва "Наука", 1971.
3. Липский В. Комбинаторика для программистов.–М.: Мир, 1988.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна. Поступила 23.01.09.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА В ПРОЦЕССЕ ИГЛОПРОКАЛЫВАНИЯ

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.В. СЕРЯКОВА

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

Одним из распространенных механических способов производства нетканых материалов (НМ) является иглопробивной способ [1], при котором волокнистый холст скрепляется составляющими его волокнами в результате прокалывания его специальными иглами [2].

При погружении иглы в НМ игла захватывает волокна, находящиеся в области ее движения, и протягивает их сквозь НМ в направлении своего движения как при поступательном, так и при возвратном движении иглы. Из-за трения и сцепления волокна с соседними волокнами величина его перемещения тем меньше, чем дальше участок волокна от иглы, а направление перемещения также различно для разных участков волокна. Поэтому для оценки изменений в форме и взаимном положении волокон до и после прохода иглы целесообразно построить модель этих изменений. С этой целью предлагается следующая геометрическая модель изменения формы волокна в результате его взаимодействия с иглой.

Обозначим через  $r(k)$ ,  $k = 0, \dots, N$  – радиусы-векторы реперных точек волокна, имеющего внутри НМ произвольную форму и положение;  $N$  – число точек, причем  $r(0)$  и  $r(N)$  – векторы концов волокна. В промежутках между реперными точками элемент волокна аппроксимируется отрезком, вектор которого равен  $dr(k) = r(k) - r(k-1)$ ,  $k = 1, \dots, N$ . При достаточно больших значениях  $N \sim 100$  очевидно, что аппроксимация является вполне удовлетворительной. При известной длине волокна  $L$  длина элементов принимается одинаковой:  $dr = L/N$ . Поскольку форма и положение волокна в НМ имеют случайную форму, векторы  $dr(k)$  и  $r(k)$  являются случайными. Для их моделирования использован алго-

ритм, описанный в [3]: углы  $\theta$  и  $\varphi$  локальной полярной системы координат для каждого элемента  $k$  генерируются как равномерно распределенные случайные величины  $\theta \sim Un(-\pi/2; \pi/2)$ ;  $\varphi \sim Un(0; 2\pi)$ . Декартовы координаты векторов  $dr(k)$  вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} dx(k) &= dr \cos \theta \cos \varphi, \\ dy(k) &= dr \cos \theta \sin \varphi, \\ dz(k) &= dr \sin \theta. \end{aligned} \quad (1)$$

Задавая координаты одного конца  $r(0)$  волокна случайным образом в пределах моделируемого объема НМ, получаем все векторы  $r(k) = r(k-1) + dr(k)$ . Линейный сплайн по реперным точкам  $r(k)$  дает гладкую форму волокна, но длина волокна при такой аппроксимации отличается от начальной длины  $L$ . Более приемлемым вариантом является аппроксимация кубическим сплайном, которая, помимо гладкой формы волокна, позволяет сохранить начальную длину волокна  $L$ .

Предположим, что игла перемещается вдоль оси  $z$  при  $x = 0$  и  $y = 0$ . При радиусе  $R$  захвата волокон иглой область ее непосредственного действия является круговым цилиндром  $C$  в начале координат  $(x; y)$  вдоль оси  $z$  радиуса  $R$  и высотой  $H$ , равной величине перемещения иглы. Найдем номер  $j$  реперной точки, ближайшей к игле:

$$j = \arg \min_k |r(k)|, \quad \forall r(k) \in C. \quad (2)$$

Вектору  $r(j)$  найденной реперной точки присваивается новое значение, соответствующее перемещению иглы и конечному положению точки захвата:  $r^N(j) = (0; 0; 0)$ . Далее производится вычисление новых

$$f = r(k) - r^n(k-1); \quad r^n(k) = r^n(k-1) + d \ell \frac{f}{|f|}, \quad k = j+1, \dots, N, \tag{1}$$

$$f = r(k-1) - r^n(k); \quad r^n(k-1) = r^n(k) + d \ell \frac{f}{|f|}, \quad k = j, j-1, \dots, 1.$$

Здесь вектор  $f$  задает направление, в котором перемещается реперная точка. Это направление определяется исходным положением этой точки  $r(k)$  и новым положением уже сместившейся соседней точки  $r^n(k-1)$  при  $k > j$  или  $r^n(k)$  для точки  $r(k-1)$  при  $k < j$ .

На рис.1 представлены результаты компьютерного моделирования процесса протаскивания иглы: волокно до и после перемещения иглы.

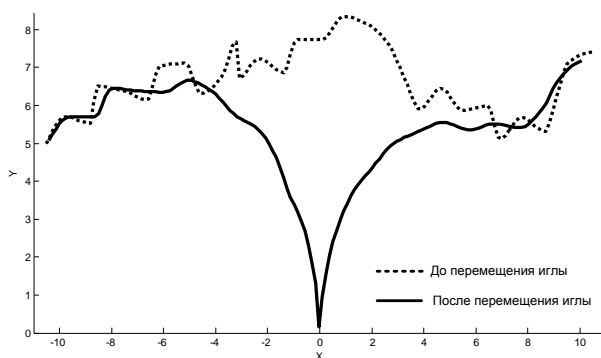


Рис. 1

Как известно [4], цель иглопрокалывания – упрочнение НМ за счет увеличения его плотности и взаимодействия между волокнами. Это достигается за счет изменения положения, размеров и формы той области, которую занимает волокно до и после иглопрокалывания, увеличения плотности волокнистой массы в пределах этой области и увеличения числа точек касания между волокнами, имеющими общую область расположения.

Для оценки результатов моделирования использовался подход, предложенный авторами [5]. Оценка осуществлялась по двум характеристикам: мере расстояния между двумя волокнами  $D$  и мере формы и извитости волокна до и после иглопрокалывания  $\alpha$ .

Расчет данных характеристик при компьютерной имитации процесса выполнялся методом статистического моделирования. Для этого имитировались описанным выше методом два волокна, затем моделировалось движение иглы и вызванное им изменение формы волокон, после чего оценивались перечисленные характеристики положения, формы каждого волокна и их близости до и после действия иглы. Эти этапы повторялись  $M$  раз для получения статистически надежных оценок.

На рис. 2 приведены распределения (полигоны)  $D$  расстояний между волокнами до и после иглопрокалывания. Как видно из рисунка, после перемещения иглы увеличилось число волокон и элементов длины волокон, расстояния между которыми сократились, что позволяет сделать вывод о произошедшем уплотнении НМ.

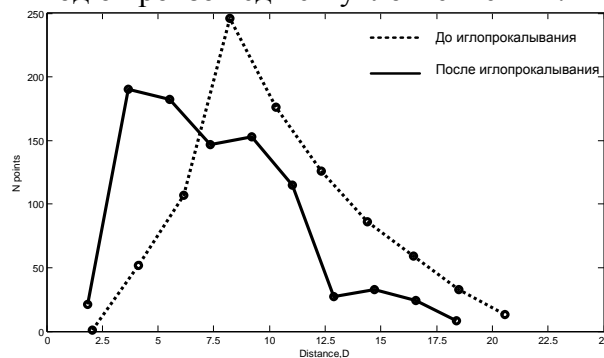


Рис. 2

На рис. 3 представлены распределения меры  $\alpha$  углов извитости между соседними радиус-векторами реперных точек волокон. Как видно из рисунка, после перемещения иглы значительно увеличилось число волокон и элементов длины волокон, между которыми угол извитости стремится к 0, что говорит о произошедшем распрямлении волокон НМ.

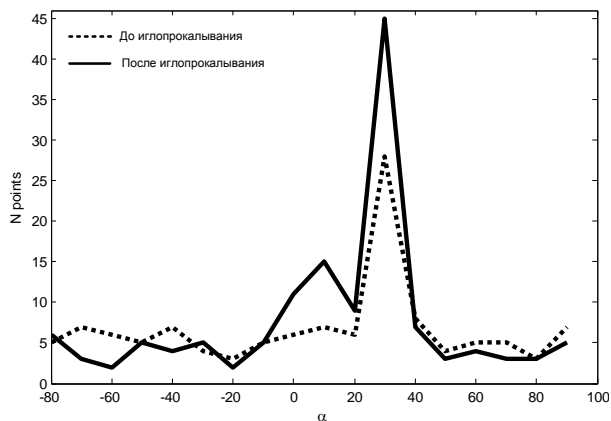


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. Для исследования изменения структуры НМ в процессе иглопрокальвания разработана геометрическая модель и алгоритм имитации изменения формы волокна в результате его взаимодействия с иглой.

2. Проведено компьютерное моделирование изменения формы и положения во-

локна в результате его взаимодействия с иглой. Показано, что с помощью предложенных критериев может быть оценена степень этих изменений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Осьмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. Соловьев А. Н., Кукин Г. Н. Текстильное материаловедение. – Часть III. – М: Легкая индустрия, 1967.
3. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. – М.: Физматлит, 2005.
4. Сергеев А.Н. Теория процессов, технология, оборудование подготовки смесей и холстообразования. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2004.
5. Севостьянов П.А., Серякова Т.В. // Изв. вузов: Технология текстильной промышленности. – 2009, №1. С.111...115.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 28.11.08.



УДК 677.07:658.562

**ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАРДОЧЕСАНИЯ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ IDEF0\****Н.Э. ЧИСТЯКОВА, А.Ю. МАТРОХИН***(Ивановская государственная текстильная академия)**

С учетом требований нормативных документов по разработке систем менеджмента качества (СМК) [1] применительно к текстильным предприятиям для успешного их функционирования, а также повышения результативности и эффективности их деятельности необходимо моделирование всех взаимосвязанных и взаимодействующих процессов с учетом значимости и последовательности каждого из них. Структуру укрупненных процессов СМК предприятия можно представить в виде пяти блоков: организация функционирования СМК; ответственность руководства; менеджмент ресурсов; процессы жизненного цикла продукции (ЖЦП); измерение, анализ и улучшение. Основой эффективного функционирования СМК является четкое описание взаимодействия всех перечисленных процессов.

В связи с появлением интегрированных компьютеризированных производств и автоматизированных предприятий особую актуальность приобретает методология моделирования IDEF0 [2], позволяющая не только исследовать структуру, параметры и характеристики производственно-технических систем, но и определять владельцев процессов, выявлять внешние и внутренние связи между технологическими операциями. Внедрение методологии IDEF0 на текстильном предприятии позво-

лит детализировать процессы производства пряжи, тканей, установить четкие границы между этапами производственного процесса, определить контрольные точки процесса и требования, предъявляемые к полуфабрикатам, выпускаемым на каждом этапе. Технология описания процессов по методологии IDEF0 реализована в различных программных продуктах (MS Visio, BP Win), которые обеспечивают автоматизацию обмена информацией между подразделениями.

В качестве объекта исследования приняли один из ключевых технологических процессов прядильного производства – кардочесание, осуществляемый на чесальной машине марки С 51 с интегрированной системой шлифовки (IGS) фирмы RIETER (Германия). В соответствии с сущностью данного процесса [3] выделили основные технологические операции (рис.1) от питания кардочесальной машины настилом из волокон (технологической смесью) до укладки чесальной ленты в таз. Дочерняя диаграмма "Кардочесание" (A452), представленная на рис.1, описывает один из блоков более общей диаграммы "Производство пряжи" (A45), которая, в свою очередь, относится к процессам ЖЦП (A4).

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Б.Н. Гусева.

В соответствии с предыдущей диаграммой А45 граничными входными потоками для процесса кардочесания являются: сырьевой поток (настил) *i1*, типовые технологические режимы (план прядения) *i2* и энергетические ресурсы (электроэнергия) *i3*. Методология IDEF0 позволяет моделировать операции, выполняемые последовательно, а также более сложные операции, протекающие одновременно. Применительно к процессу кардочесания такими операциями являются: удаление пороков и сорных примесей, разведение пучков волокон на отдельные волокна и смешивание волокон. В результате их выполнения формируется конкретный полуфабрикат (ватка прочеса), поступающий в дальнейшем для формирования ленты (блок А4524). Соответствующий полуфабрикат

(прочес, лента) поступает в испытательную лабораторию прядильного производства *o2*, либо контролируется в режиме реального времени с помощью средств цеха контрольно-измерительных приборов и автоматики. Кроме полуфабрикатов на каждом этапе появляются отходы производства *o1*, которые могут быть возвратными (пух, обраты, орешек трепальный, чесальный, очес кардный и др.) и невозвратными. Отходы, являясь граничным выходным потоком, передаются для контроля содержащихся в них компонентов с целью установления результативности процессов очистки, протекающих на кардочесальной машине. Возвратные отходы передаются на предыдущий этап прядильного производства – формирование технологической смеси для очистки и смешивания.

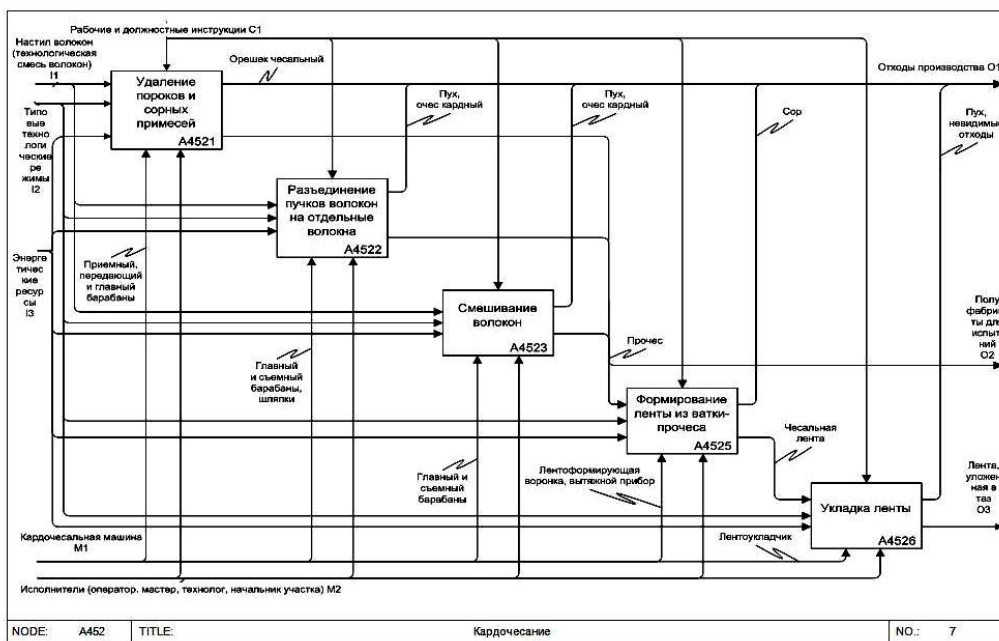


Рис. 1

Каждая операция процесса кардочесания должна быть обеспечена соответствующими техническими средствами (механизмами). В роли механизма *m1* выступает чесальная машина С 51 и ее основные узлы (приемный, передающий, главный, съемный барабаны, шляпочное полотно, лентоформирующая воронка, вытяжной прибор, лентоукладчик), которые распределены по операциям в соответствии с

рис. 1. Кроме этого, на диаграмме указаны исполнители *m2*, отвечающие за результаты каждой операции. Ответственность за результаты всего технологического этапа кардочесания несет руководитель соответствующего участка, он же контролирует деятельность по регистрации, идентификации результатов и их прослеживаемости.

На данном уровне декомпозиции все технологические операции, выполняемые

операторами оборудования, а также все действия низшего управленческого состава (мастера) жестко регламентируются посредством рабочих и должностных инструкций с1, которые принято называть управляющими воздействиями. Конечным результатом рассматриваемого процесса является кардочесальная лента, уложенная в таз о3, подлежащая подаче на ленточные машины, а также возможному транспортированию и хранению в течение требуемого периода времени.

Одним из необходимых элементов описания технологического процесса являются четкие требования к параметрам сырьевого потока, оборудования и окружающей среды. Эти требования детализируются с помощью электронных ссылок или специального поля к соответствующим стрелкам. Преимуществом представленной диаграммы IDEF0 является то, что требования по полуфабрикатам конкретного ассортимента могут устанавливаться централизованно службой качества и передаваться далее по локальной компьютерной сети всем заинтересованным службам предприятия. Другим преимуществом является возможность оперативного внесения изменений в карту контроля и доведения этих

изменений до непосредственных исполнителей.

## ВЫВОДЫ

В соответствии с методологией IDEF0 проведена декомпозиция технологического процесса кардочесания, которая необходима применительно к текстильным предприятиям для успешного их функционирования, а также повышения результативности и эффективности их деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Системы менеджмента качества. Требования.
2. Р 50.1.028–2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования.
3. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 15.12.08.

УДК 622.023

## НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬЩИКОВ

*И.Н.ПАНИН, С.Д.НИКОЛАЕВ, С.И.МОРОЗОВ, Е.П. ЦИМБАЛЮК*

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

Примером эффективного сотрудничества является взаимодействие ученых Московского государственного текстильного университета им. А.Н.Косыгина и Ульяновского государственного университета (филиала в г.Димитровграде). Оно направлено на расширение границ использования технического текстиля при решении сложных экологических задач.

Совместная научная работа ученых текстильщиков и химиков позволила до-

биться высоких результатов в деле создания новых технологий получения фильтровальных перегородок с заданными свойствами.

Следует отметить, что в последние годы при решении экологических задач все большее применение находят текстильные материалы. Все фильтровальные полотна представляют собой либо плоские объемные волокнистые структуры, размеры и форму которых задают из требуемых па-

раметров фильтров, либо трубчатые текстильные фильтры в виде рукавов из тканых или нетканых материалов (войлоков, трикотажных полотен и рукавов). Изготовление текстильных материалов для фильтров различного назначения требует применения сложного, многопроцессного технологического оборудования, что сопряжено с большими экономическими затратами, поэтому разработка новых, высокоэффективных технологий формирования текстильных фильтров с заданными свойствами является актуальной задачей.

Особую актуальность приобретают вопросы придания новых свойств текстильным материалам, используемым при создании фильтровальных перегородок, например, способность обеззараживания фильтруемых сред (воды, воздуха и т. д.)

Именно эти задачи были поставлены и решены совместными усилиями ученых МГТУ им. А.Н.Косыгина и Димитровградского филиала УлГУ.

Так, в ноябре 2008 г., в г. Кемерово на Международной выставке-ярмарке "ЭКСПО-Сибирь" в разделе "ИНТЕХВОД" были впервые представлены воздухоочистительные модули "ПАНТЕКС", которые предназначены не только для очистки воздуха от мелкодисперсных примесей и взвесей, но и для обеззараживания воздуха, поступающего в жилые помещения или производственные объекты с большим скоплением людей (метрополитены, шахты, складские помещения, убежища и т. д.)

Основной особенностью данных модулей является однопроцессный способ формирования сложной (слоисто - каркасной), многослойной структуры фильтровальных перегородок на базе мотальных паковок специального назначения.

Именно эта особенность позволила разработке завоевать на выставке - ярмарке золотую медаль и диплом "Лучший экспонат" ярмарки.

Кроме вышеописанных ноу-хау новые воздухоочистительные модули обладают целым рядом преимуществ перед аналогами, которые могут быть сформулированы в виде основных свойств, которыми должны обладать все конструкции фильтро-

вальных систем, применяемых для очистки и обеззараживания воздуха, это:

- обеспечение максимальной производительности при минимальных значениях площади входного сечения фильтра;

- исключение явлений "пробоя" фильтровальной перегородки (чем страдают все плоские монолитные структуры) и преждевременного выхода фильтра из строя;

- структура фильтровальной перегородки должна обеспечивать легкое удаление осадка при регенерации (с минимальными затратами) без разрушения ее целостности;

- антимикробная обработка и стерилизация технологического воздуха и воздуха в рабочих помещениях не должны наносить вред здоровью человека;

- антимикробные материалы, используемые в структуре фильтров, должны обеспечивать высокую эффективность работы на протяжении длительного времени и при условии многократной регенерации;

- конструкция фильтров должна обладать простотой, доступностью для обслуживания и низкой себестоимостью.

Именно такими свойствами и такой структурой фильтровальных перегородок обладают в полной мере мотальные паковки специального назначения. Структура данных мотальных паковок защищена патентами, а конструктивные особенности мотального технологического оборудования, используемые для их формирования, позволяют формировать заданную (требуемую) систему расположения витков нитевидного материала в различных слоях намотки, что позволяет получить заданную пористость и проницаемость фильтра, а следовательно, требуемую эффективность и степень очистки воздуха.

Важными отличительными характеристиками всех мотальных паковок специального назначения являются:

- размеры пор в структуре фильтровальной перегородки;

- взаимное расположение и направление смещения пор по радиусу в толще намотки фильтра;

- требуемая (заданная) объемная плотность намотки нитей различного сырьево-

го состава в слоисто-каркасной намотке фильтра.

На рис. 1-а, б и в показаны примеры и внешний вид различных структур намоток, паковок специального назначения: а) – сомкнутая; б) – замкнутая; в) – спиралевидная.

Следовательно, наибольшую объемную

плотность и наименьшую проницаемость имеет сомкнутая структура намотки нитей (рис.1-а), а наиболее пористую структуру имеют намотки сотовой (рис.1-б) и спиралевидной (рис.1-в) намоток. В зависимости от структуры намотки фильтровальной перегородки или от их сочетания обеспечивается требуемая тонкость очистки воздуха.

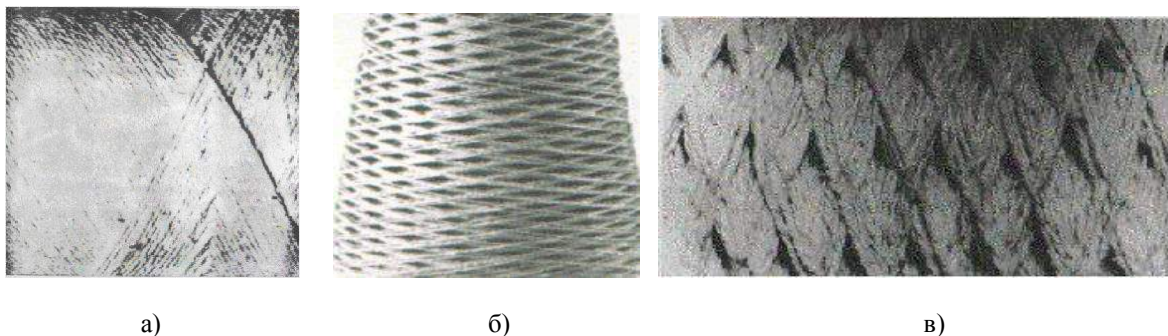


Рис. 1

Научно-производственные организации ООО "НИЦ ВИСКОЗЫ" и ООО "ТКАЧ" смогли обеспечить выпуск фильтровальных модулей "ПАНТЕКС" с показателями степени очистки воздуха, соответствующими ГОСТу 51251–99 и EUROVENT 4/9. Общий вид модуля показан на рис. 2.



Рис. 2

Наборная ячейка включает в себя девять сменных картриджей "ПАНТЕКС", соединяемых муфтами в общий модуль.

Площадь фильтровальной перегородки может быть задана размерами высоты намотки картриджей от 4 до 2000 см, что обеспечивает высокую производительность фильтров.

## ВЫВОДЫ

1. Для формирования фильтровальных установок для очистки и обеззараживания воздуха и выполнения требований международных стандартов целесообразно использовать специальные мотальные паковки слоисто-каркасной структуры "ПАНТЕКС", обладающие комплексом преимуществ перед аналогами из плоских фильтровальных полотен.

2. Простота технологии изготовления картриджей "ПАНТЕКС", а также специфические свойства нитевидного материала позволяют обеспечивать высокую степень очистки воздуха и его обеззараживания при низкой себестоимости очистки.

Рекомендована кафедрой ткачества МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 05.12.08.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНКУРЕНТНОЙ ЦЕНЫ ТКАНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

*И.А. ЛОМАКИНА, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, Б.Н. ГУСЕВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Одним из основных направлений стабильного и рентабельного развития текстильного предприятия является совершенствование системы ценообразования и повышение качества выпускаемой продукции.

Известные способы ценообразования продукции в большей степени основаны на определении затрат на ее проектирование, изготовление и реализацию [1]. Однако для установления конкурентной цены необходимо постоянно осуществлять анализ (мониторинг) реализации на рынке аналогичной продукции не только по цене, но и по качеству.

Объектом изучения выбраны хлопчатобумажные ткани, а методология исследования включала расчет фактического значения качества и цены ткани по различным предприятиям, обработку данных с применением методов корреляционно-регрессионного анализа, нахождение уравнения конкурентной цены, а также определение ценовых статистик.

На основе маркетингового исследования и информации Российского союза предпринимателей текстильной и легкой промышленности о производстве основных видов текстильной продукции предприятиями Российской Федерации в 2008 г. были получены данные о единичных показателях качества для бязи (арт. 146) в соответствии с нормативными документами и ценах на конкретный вид ткани по восьми предприятиям текстильной промышленности.

Определение фактического значения качества ткани по каждому предприятию осуществлялось по новой методике [2], основанной на построении непрерывной шкалы сорта в интервале от 0,0 до 2,0 в соответствии с нормативными значениями единичных показателей качества по ГОСТу 29298–2005 и ГОСТУ 161–86.

Исходные данные по цене и качеству по исследуемым текстильным предприятиям представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Предприятие	Показатели	
		сорт	Ц <sub>ф</sub>
1	АО ХБК "Шуйские ситцы" (Ивановская область)	0,33	45,3
2	ООО "Камышинский ХБК" (Волгоградская область)	1,20	40,2
3	ООО "Красная Талка" (г. Иваново)	1,85	37,5
4	АО "Родники-текстиль" (Ивановская область)	0,65	39,4
5	ООО "Самойловский текстиль" (г. Иваново)	0,90	42,7
6	АО "Серпуховской текстиль" (Московская область)	1,35	42,1
7	АО "Ткацко-отделочная фабрика "Авангард" (Владимирская область)	0,55	43,2
8	ОАО "НИМ" (г. Иваново)	1,52	39,0

По результатам обработки исходных данных было получено уравнение линейной регрессии в виде  $Y = 45,16 - 3,81X$  (где  $X$  – значение сорта, а  $Y$  – значение цены ткани). При этом значение коэффициента корреляции  $r_{XY} = - 0,774$ , а для про-

верки его значимости использовался критерий Стьюдента:  $t_{экс} = 2,995$ ,  $t_{кр} (\alpha = 0,05; n = 8) = 2,45$ . Следовательно, получаем  $t_{экс} > t_{кр}$ , что показывает на тесную линейную зависимость между качеством и ценой ткани.

Зависимость  $Y = \varphi(X)$  (рис. 1) отражает меновую стоимость ткани, соответствующую ее предельной (критической) стоимости.

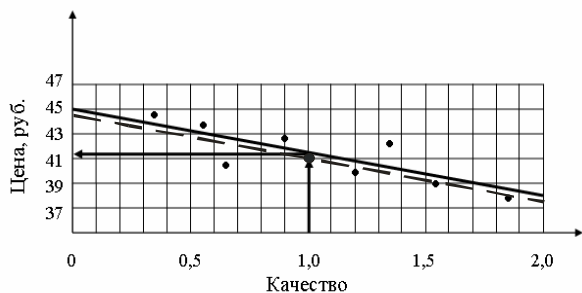


Рис. 1

При установленной зависимости цены и качества ткани далее определяли изменение цены в случае снижения или повышения ее качества (сортности).

Для обеспечения конкурентоспособности ткани ее цена должна быть несколько меньше предельной цены, что можно охарактеризовать соответствующим индексом:

$$I_{Ц} = \frac{Ц_{п}}{Ц_{ф}}$$

где  $Ц_{п}$ ,  $Ц_{ф}$  – предельная и фактическая цены ткани при данном значении ее качества (сорты). Уровень конкурентоспособности ткани определяется величиной индекса конкурентной цены: если  $I_{Ц} > 1$ , то конкурентоспособность выше, и потребитель за ткань не доплачивает (при данном уровне качества фактическая цена занижена относительно потребительской ценности ткани). Если  $I_{Ц} < 1$ , то потребитель переплачивает за ткань. Выбор потребителем менее конкурентоспособной продукции часто происходит из-за отсутствия у него информации об уровне конкурентоспособности представленных на рынке тканей.

Разность между предельной и фактической ценой ткани определяет запас ее конкурентоспособности:

$$З_{КС} = Ц_{п} - Ц_{ф}$$

Установим  $З_{КС}$  на уровне его среднего значения и проведем соответствующую

прямую параллельно зависимости  $Y = \varphi(X)$  (на рис. 1 показано штриховой линией), которая и будет отражать значения конкурентной цены ткани в зависимости от уровня ее качества.

Запас конкурентоспособности ( $З_{КС}$ ) показывает, с одной стороны, недоплаченную (переплаченную) сумму за ткань потребителем, с другой – потенциальные возможности изменения цены ткани с целью приведения ее к установившейся в обществе цене на ткани данного уровня качества. Чем больше запас конкурентоспособности, тем выше потенциал расширения доли рынка текстильного предприятия. Если на свободном рынке при наличии аналогичной продукции запас конкурентоспособности отрицательный, то доля рынка предприятия уменьшится, и потребители могут вообще отказаться от покупки данного вида ткани.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Показатели		
	$Ц_{п}$ , руб.	$I_{Ц}$	$З_{КС}$ , руб.
1	43,9	0,97	- 1,4
2	40,6	1,01	+ 0,4
3	38,1	1,02	+ 0,6
4	42,7	1,08	+ 3,3
5	41,7	0,98	- 1,0
6	40,0	0,95	- 2,1
7	43,1	0,99	- 0,1
8	39,4	1,01	+ 0,4

## В Ы В О Д Ы

Предложена методика назначения конкурентной цены ткани с учетом ее качества, которая позволяет обеспечить конкурентоспособность текстильной продукции на выбранном сегменте рынка.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Герасименко В.В. Ценообразование. – М.: Инфра-М, 2008.
2. Ломакина И.А., Евсеева Н.В., Гусев Б.Н. // Текстильная промышленность. – 2008, №4. С.60...63.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 02.02.09.

## ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕННОСТНО-СМЫСЛОВОГО ЯДРА ПРИ ПОДГОТОВКЕ К БУДУЩЕЙ РАБОТЕ НА ТЕКСТИЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

*А.А. ЛАЗАРЕВ*

(Шуйский государственный педагогический университет)

Происходящие в настоящее время в Ивановской области социально-экономические изменения требуют от преподавателей общеобразовательных школ существенно иной подготовки учеников, концептуальной новизны, качественных результатов образования. Учащийся сейчас должен не только обладать комплексом определенных знаний, но и уметь ориентироваться в различных жизненных ситуациях, брать на себя ответственность за свои решения, действия, определять цели, просчитывать риски, прогнозировать результат, прилагать максимум усилий по его достижению. Таким образом, работник текстильного предприятия должен соответствовать современным, новым социальным потребностям рынка труда, быть компетентным и конкурентоспособным.

Следует отметить тот факт, что ориентация на подготовку школьника, стремящего работать на текстильном предприятии, не сводится лишь к достижению высокого уровня его знания профильных предметов, таких как физика, химия, математика и другие. Предпрофильная и профильная подготовка школьника в условиях рыночной экономики предполагает обязательную социальную подготовку, которая гарантирует подростку компетентность в вопросах трудового права, социальную защиту, творческую свободу и активность при работе на текстильном предприятии.

Проблема непрерывного развития профессиональной компетентности учащихся в период перестройки общественных устоев, традиционных экономико-социальных отношений отмечается многими учеными: Н.С. Пряжниковым, А.Я. Найном, Г.Н. Сериковым, Б.С. Гершунским и другими.

На основе анализа кадрового потенциала текстильных предприятий Ивановской области можно выделить несколько приоритетных проблем формирования ценностно-смыслового ядра самоопределяющейся личности при ориентировании учащихся старших классов на осуществление профессиональной деятельности на текстильном предприятии [1...3].

Во-первых, при построении иерархии ценностей и смыслов вокруг необходимости работы на текстильном предприятии для учащегося преподаватель школы сталкивается с проблемой высокого темпа научно-технического прогресса, обуславливающего быстрое старение знаний, являющихся основоположными для осуществления деятельности на текстильном предприятии. Кризис образования заключается в том, что оно не приспособлено к эпохе бурного развития технологий и техники. Одной из основных причин разрыва содержания образования и реальных условий жизни общества является инертность, присущая всем звеньям системы образования, в том числе и производственных комбинатов, ориентированных на подготовку кадров для текстильных предприятий.

Во-вторых, современные текстильные предприятия нуждаются не в специалистах, подготовленных по экстенсивно-информационной модели, базирующейся на критериях объема и полноты знаний в области текстильной промышленности, а, прежде всего, в таких характеристиках личности, как стремление к постоянному развитию своих способностей, самостоятельному решению производственных проблем на текстильном предприятии, выдвижению альтернатив производимой продукции или технологическим решени-



ям, выработке критериев качества своей деятельности.

В-третьих, старение нормативно-правовой базы, действующей при подготовке учащихся к работе на текстильном предприятии. Данная база не ориентирована на подготовку самоопределяющегося человека к достойному поведению в ситуациях ненормативного жизненного и профессионального кризиса.

Выход из создавшегося положения возможен только на основе комплекса взаимосвязанных мер, которые направлены на оздоровление обстановки в системе подготовки старшеклассников к работе на текстильном предприятии в условиях подвижной конъюнктуры рыночной экономики.

В этой ситуации назрела необходимость менять содержание школьного образования текстильного края, чтобы обеспечить конкурентоспособность и адаптацию работника текстильного предприятия и организации в целом к рыночным условиям.

Школьные педагоги, сталкиваясь с нормативными и ненормативными кризисами у учащихся старших классов, должны следовать концепции, определенной Пряжниковой Е.Ю. и Пряжниковым Н.С. [1], при которой необходима тщательная проработка проблемных направлений раз-

вития профориентационной помощи, постепенная разработка новых (приоритетных) методик, дальнейшая работа с разработанными методиками, их корректировка. Накопленный опыт и наработанные методики помогут изменить направление профессиональной ориентации, которая начинается "со школьной скамьи", дадут возможность коренным образом переломить обстановку в пользу текстильного предприятия в условиях тотального изменения производственного функционального назначения знаний в Ивановской области на торговое.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Пряжникова Е.Ю., Пряжников Н.С.* Профориентация: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательский центр "Академия", 2007.
2. *Равкин З.И.* Аксиологические аспекты историко-педагогического обоснования стратегии развития отечественного образования // Тез. докл. и выступл. на XV сессии Науч. совета по пробл. истории образования и пед. науки, 17-18 мая 1994.г – М.:ИТП и МРАО,1994. С.3...10
3. *Лебедев С.А.* Философия социальных и гуманитарных наук: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический проект, 2006.

Поступила 16.03.09.

УДК 677.072.7

## КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ШВЕЙНЫХ НИТОК ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*В.Е. БЕДЕНКО, М.Н. ИВАНОВ, А.Е.РУДИН*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Применяемые в настоящее время ГОСТ 6309–93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия и ГОСТ 30226–93. Нитки обувные хлопча-

тубумажные и синтетические. Технические условия не охватывают новые виды ниток, в частности нитки технического и специального назначения.

В рамках "Программы разработки национальных стандартов Российской Федерации на 2007-2008 годы" нами разработан проект стандарта "Нитки швейные для изделий технического и специального назначения. Технические условия", который представлен в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, где проходит окончательную процедуру согласования перед утверждением и выходом в свет.

Основной задачей при создании стандарта являлось отражение в нем последних достижений в области производства и применения ниток технического и специального назначения. Кроме того, в него включены дополнительные показатели, обеспечивающие возможность инженерного и технико-экономического проектирования ниточных швов.

Проект стандарта охватывает новый ассортимент тепло-, огне-, кислото- и щелочестойких ниток (более чем 50 типонумеров) из нового поколения нитей – арамидных, полипропиленовых, полиэфирных и полиамидных, а также из армированной арамиднополиэфирной, полипропиленполиэфирной, штапельной арамидной пряжи [1...4].

Технические требования проекта стандарта обоснованы результатами научно-исследовательских работ и промышленного внедрения нового ассортимента ниток, созданного в ОАО "НИИниток "Петронить", ОАО "Каменскхимволокно" и на других предприятиях Российской Федерации.

В процессе разработки проекта стандарта возникла необходимость усовершенствования классификации, кодирования, терминологии, а также введения условных обозначений, отражающих структуру и особенности технологии получения новых видов ниток как объектов стандартизации. При создании обозначений учитывалось, что они должны сочетаться, с одной стороны, с традиционными и общепринятыми в странах СНГ обозначениями, а с другой

– отражать зарубежный опыт в данной области.

Для сокращения времени, требуемого на освоение вводимого впервые стандарта, важно ознакомить его будущих пользователей с новыми обозначениями ассортиментных групп ниток.

В табл. 1...3 приведены новые наименования ниток технического и специального назначения, их типонумера, включенные в проект стандарта, а также типонумера ниток, традиционно применяющиеся в России. Кроме этого, в них представлены примеры обозначения ниток данного ассортимента, выпускаемых фирмами Coats (Англия) и Amann-S (Германия) – мировыми лидерами в производстве данного вида продукции.

Традиционно для большинства типонумеров швейных ниток (кроме хлопчатобумажных, шелковых и льняных) условное обозначение ниток содержит, как правило, цифру, приближенно равную линейной плотности ниток в тексах, и буквы, указывающие на волокнистый состав ниток. Данный принцип сохранен и в проекте стандарта. Новым стандартом вводятся только типонумера, указанные в соответствующей графе таблиц, так как остальные типонумера рассматриваемых ассортиментных групп входят в другие нормативные документы. Традиционное обозначение приводится выборочно для сопоставления с аналогичным ассортиментом зарубежных производителей.

В табл. 1 указана ассортиментная группа швейных ниток "корд" из комплексных нитей. Из нее видно, что для обозначения ниток из высокопрочных комплексных нитей в проекте стандарта введен термин "корд" (от французского "corde" – веревка) [5].

Цифра после слова "корд" обозначает линейную плотность ниток, буква или слово, следующие за цифрой, указывают вид исходных комплексных нитей.

Т а б л и ц а 1

Волокнистый состав	Условные обозначения			Нитки зарубежных производителей	
	Новый стандарт		Традиционные	Coats (Англия)	Amann-C (Германия)
	ассортиментные группы	типономера			
Полиэфирные (лавсановые)	корд-Л	корд* 110Л корд 130Л корд 180Л	33Л 47Л 70Л 86Л 180Л 270Л 380Л	Gral 80 Gral 60 Gral 40 Gral 30 Gral 20 Gral 10 -	Synton 80, Synton 60 Synton 40 Synton 30 Synton 20 Synton 10 Serafill 8
Полиамидные (капроновые)	корд-ПА	-	50 к 95 к 190 к	Aptan 60 Aptan 30 Aptan 13	-
Полипропиленовые	корд-ПП	корд 40-ПП корд 60-ПП корд 68-ПП корд 118-ПП и др.	-	-	-
СВМ	корд-СВМ	корд 30-СВМ корд 45-СВМ корд 59-СВМ корд 60-СВМ корд 118-СВМ	-	-	N-tech (Kevlar) жаропрочные
Из русара или армоса и других параарамидных нитей	корд-русарм	корд 30-русарм корд 45-русарм корд 59-русарм корд 60-русарм корд 90-русарм корд 118-русарм	-	-	-
Полиимидные (аримидные)	корд-аримид	-	45 ат, 60 ат, 120 ат, 180 ат, 240 ат	-	-

П р и м е ч а н и е. \*допускается не указывать название ассортиментной группы, то есть 110Л, 40-ПП и т.п.

Для сокращенного обозначения ассортимента двухкомпонентных армированных (каркасных) швейных ниток (табл. 2) введен термин "арми" (от латинского "armaze" – укреплять, упрочнять один материал ме-

ханическим соединением с другим) [5]. Первые буквы или слово, следующие через тире за словом "арми" указывают вид нити, образующий сердечник, а вторые – на вид волокна, образующего оплетку.

Т а б л и ц а 2

Волокнистый состав и строение	Условные обозначение			Нитки зарубежных производителей	
	Новый стандарт		Традиционные	Coats (Англия)	Amann-C (Германия)
	ассортиментные группы	типономера			
Сердечник – полиэфирные (лавсановые) комплексные нити, оплетка – хлопок	арми-ЛХ	арми 54 -ЛХ	36 ЛХ 44 ЛХ 65 ЛХ	Koban 100 Koban 75 Koban 50	Rasant 100 Rasant 75 Rasant 50
Сердечник – полиэфирные (лавсановые) комплексные нити, оплетка – полиэфирные штапельные волокна	арми-ЛЛ	арми* 55ЛЛ арми* 45ЛЛ-bk арми 65ЛЛ-bk арми 95ЛЛ-bk арми 125ЛЛ-bk	25 ЛЛ 35 ЛЛ 45 ЛЛ 70 ЛЛ 80 ЛЛ 100 ЛЛ	- Epic 100 Epic 80 Epic 40 - -	Saba C-120 Saba C-100 Saba C-80 Saba C-50 Saba C-35 Saba C-30

Сердечник – полпропиленовые комплексные нити, оплетка – полиэфирные (лавсановые) штапельные волокна	арми-ППЛ	арми 59ППЛ-А арми 85ППЛ-А арми 110ППЛ-А арми 68ППЛ-Б арми 96ППЛ-Б	-	-	-
Сердечник – комплексные нити СВМ, оплетка – полиэфирные (лавсановые) штапельные волокна	арми-СВМ-Л	арми 38СВМ-ЛА арми 44СВМ-ЛА арми 66СВМ-ЛА арми 88СВМ-ЛА арми 55СВМ-ЛБ арми 85СВМ-ЛБ	-	-	N-tech (Nomex)
Сердечник – комплексные нити русар или армос, оплетка – полиэфирные (лавсановые) штапельные волокна	арми-русарм-Л	арми 44русарм-ЛА арми 66русарм-ЛА арми 88русарм-ЛА арми 55русарм-ЛБ арми 86русарм-ЛБ	-	-	-

Примечание. \*Допускается не указывать название ассортиментной группы, то есть 55ЛЛ, 45ЛЛ-бк и т.п.

Вводимые условные обозначения типонумеров ниток предусматривают возможность включения дополнительной цифровой или буквенной информации фирм-производителей или разработчиков ниток. Например, часть типонумеров ниток арми-ЛЛ включает латинские буквы "bk", отражающие особенности структуры сердечника – бикомпонентный сердечник ниток.

Для ниток арми-ППЛ, арми-СВМ и арми-русарм условное обозначение типонумеров дополнительно в конце включает буквы А или Б, указывающие на процентное содержание полиэфирной оплетки. В

частности, для ниток арми-ППЛ буква А обозначает, что доля штапельных полиэфирных волокон составляет не более 30%, а буква Б – от 31 до 40% от массы нити. Для ниток арми-СВМ и арми-русарм буква А обозначает, что доля штапельных полиэфирных волокон составляет от 30 до 40%, а буква Б – от 41 до 55% от массы нити.

Для ассортимента ниток из штапельного арамидного волокна (табл. 3) введено условное обозначение "тварш", представляющее собой аббревиатуру фразы "теплостойкое волокно арамидное штапельное".

Таблица 3

Волокнистый состав	Условные обозначение			Нитки зарубежных производителей	
	Новый стандарт		Традиционные	Coats (Англия)	Amann-C (Германия)
	ассортиментные группы	типономера			
Полиэфирные (лавсановые) волокна	-	-	30 ЛШ 30 ЛШ-1 40 ЛШ	Astra 120 - Astra 80	Belfil-S 120 Belfil-S 100 Belfil-S 80
Арамидные волокна	тварш	35 тварш 45 тварш 59 тварш 60 тварш 66 тварш 72 тварш	-	-	-

Из таблиц 1...3 видно, что предложенная система условных обозначений, с одной стороны, полностью сочетается с традиционными и общепринятыми в странах

СНГ, а с другой – дополняет, расширяет ее и обладает хорошей информативностью.

Существующий в настоящее время в России ассортимент ниток вполне обеспе-

чивает возможность изготовления изделий технического и специального назначения в соответствии с их областью применения.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена классификация и обозначения ассортиментных групп и типомомеров швейных ниток технического назначения.

2. Сделан сравнительный анализ и приведены данные о соответствии ряда типомомеров отечественных и зарубежных ниток.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беденко В.Е., Полушкин А.А. Новый ассортимент швейных ниток для спецодежды, защищающей от действия повышенных температур // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. – 2002, № 4 (16). С. 33...37.

2. Беденко В.Е., Полушкин А.А. Ассортимент ниток для спецодежды, защищающей от действия кислот и щелочей высоких концентраций // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. – 2002, № 5 (17). С. 34...36.

3. Беденко В.Е., Малышкин А.Л., Стефанская И.В. Армированные полиарамидно-лавсановые швейные нитки. Разработка нового ассортимента ниток // Швейная промышленность. – 2008, № 2. С. 54...56.

4. Беденко В.Е., Малышкин А.Л., Стефанская И.В. Твароновые швейные нитки. Разработка нового ассортимента ниток для спецодежды, защищающей от действия повышенных температур и огня // Швейная промышленность. – 2007, № 4. С. 36...38.

5. Современный словарь иностранных слов. – М.: Русский язык, 1993.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 09.02.09.

**РОСТИСЛАВУ ВАСИЛЬЕВИЧУ КОРАБЕЛЬНИКОВУ 70 ЛЕТ**

13 августа 2009 года исполняется 70 лет доктору наук, профессору теории механизмов и машин и проектирования стильных машин, проректору по научной работе Костромского государственного логического университета Ростиславу Васильевичу Корабельникову.

Доктор технических наук, профессор Р.В. Корабельников – известный ученый в области механики текстильных машин и механической технологии волокнистых материалов.

Главным в его научной деятельности является разработка приоритетного направления в науке и технике – развитие теории и совершенствование процессов, рабочих органов и создание новых текстильных машин с учетом свойств перерабатываемого продукта. О новизне разработок профессора Р.В. Корабельникова свидетельствуют издание 5 монографий, более 200 научных статей, 85 полученных авторских свидетельств СССР и патентов РФ на изобретения по созданию высокоэффективного оборудования для очистки волокнистого материала, в том числе на изобретения, которые нашли практическое использование при создании новых машин, что подтверждено награждением Р.В. Корабельникова нагрудным знаком "Изобретатель СССР".

Профессором Р.В. Корабельниковым создана научная школа по созданию более современных текстильных машин в ТИТЛП и КГТУ. Научное направление по совершенствованию машин с учетом свойств перерабатываемого сырья в настоящее время развивается применительно к технологии переработки льна, в све-



те 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.

При непосредственном участии Р.В. Корабельникова в Костромском государственном технологическом университете открыта специализация 17.07.04 "Машины и аппараты легкой промышленности".

Общественным признанием научной школы профессора Р.В. Корабельникова является назначение его заместителем главного редактора журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", избранием в 1998 г. членом-корреспондентом Российской академии инженерных наук, а в 2000 г. – академиком РАИН. В 1999-2002 гг. Р.В. Корабельников был членом экспертного совета ВАК России по химическим технологиям. Он награжден знаками "Отличник высшей школы СССР", "Изобретатель СССР", двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР. Ему присвоено почетное звание "Заслуженный работник народного образования Республики Узбекистан" (1992 г.), а также "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 были подготовлены шесть докторов технических наук и 22 кандидата технических наук.

Профессор Р.В. Корабельников является председателем диссертационного совета

по защитах 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 Костромского государственного технологического университета. 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 университете, разработана контрактная система подготовки докторов наук в университете, создан и издается периодический научный журнал "Вестник КГТУ" и др. В течение трех лет профессор Р.В. Корабельников возглавлял кафедру ТММ и ПТМ Костромского государственного

технологического университета. С 1997 г. он руководит диссертационным советом по защитах докторских и кандидатских диссертаций.

Особое внимание Р.В. Корабельников уделяет совершенствованию системы подготовки научно-педагогических кадров. За период с 1997 по 2009 гг. в университете защищены 51 докторская и более 180 кандидатских диссертаций. За это время открыты новые специальности в докторантуре и в аспирантуре. Эффективность аспирантуры в последние 5 лет значительно поднялась и составила 52%.

Профессор Р.В. Корабельников пользуется заслуженным авторитетом у студентов, аспирантов, преподавателей и сотрудников университета.

Поздравляя Ростислава Васильевича с юбилеем, хочется пожелать ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов в научной и педагогической деятельности, а также на посту проректора по научной работе нашего университета!

**Ректорат Костромского государственного технологического университета.**

**Редакционная коллегия журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".**

**ПАМЯТИ ЕВГЕНИЯ ДМИТРИЕВИЧА ЕФРЕМОВА**

1 января 2009 г. исполнилось 80 лет со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники, доктора технических наук, профессора, Почетного работника высшего образования России Евгения Дмитриевича Ефремова.

Родился Е.Д. Ефремов 1 января 1929 г. в селе Борисовское Владимирской области в семье текстильщиков. Его трудовая деятельность началась в 1952г. в должности мастера на Ивановской фабрике им.8 Марта после окончания с отличием Ивановского текстильного института им. М.В.Фрунзе (ныне Ивановская государственная текстильная академия) по специальности инженера-технолога по ткачеству.

После года работы на производстве Евгений Дмитриевич возвратился в ИвТИ в качестве ассистента кафедры высшей математики. В 1963 г. Е.Д.Ефремов был избран на должность заведующего этой кафедрой, а в 1968 г. – заведующим кафедрой ткачества. В 1965 г. Евгений Дмитриевич успешно защищает кандидатскую, а в 1971 г. – докторскую диссертацию. В 1973 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

Докторская диссертация Е.Д.Ефремова на тему "Движение и натяжение нити в процессе ее наматывания на паковку" представляет глубокий анализ кинематических условий наматывания нитей на мотальных и других машинах, условий баллонирования пряжи при ее наматывании, действия на нить разносторонних сил и параметров, определяющих структуру получаемых паковок, неравномерность натяжения нити при наматывании и др.



С 1970 по 1975 гг. Евгений Дмитриевич работал проректором по учебной, а затем по научной работе ИвТИ, совмещая свой труд с большой научной и общественной деятельностью.

С 1978 по 1982 гг. Е.Д. Ефремов трудился в ИвНИТИ в должности заместителя директора, отдавая много сил и энергии внедрению законченных научных исследований в промышленность, подготовке научных кадров, не порывая при этом связей с Ивановским текстильным институтом.

В 1982-83 гг. профессор Е.Д. Ефремов был заведующим кафедрой ткачества Костромского технологического института (ныне КГТУ), где оказал неоценимую помощь в подготовке для кафедры ткачества высококвалифицированных кадров. Вернувшись в ИвТИ, Евгений Дмитриевич работал заведующим кафедрой художественного оформления тканей средствами ткачества, а затем – заведующим кафедрой высшей математики. До последних дней своей жизни Е.Д.Ефремов был профессором этой кафедры (ныне – кафедра высшей математики и статистики).

Широкий научный кругозор, глубокие теоретические знания, редкое трудолюбие и практический опыт позволили проф. Е.Д.Ефремову успешно исследовать самые различные процессы ткачества. Им существенно развита теория процессов перематывания нитей на машинах и автоматах, а также партионного и ленточного снования, заложены основы математического моделирования процессов ткацкого производства. В области непосредственно ткачества проф. Е.Д.Ефремов имеет большое количество трудов по строению тка-



ней и практически по всем типам ткацких станков; по нитенатяжителям и датчикам измерения натяжения нитей; по прядильным машинам БД и ПК. Вслед за своим учителем, профессором В.А.Гордеевым, Е.Д. Ефремов развил теорию упругой системы заправки и оптимизации заправочных параметров ткацких станков.

Профессором Е.Д. Ефремовым опубликовано более 300 научных работ, в том числе три монографии и пять учебных пособий. Он автор 50 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Среди работ проф. Е.Д. Ефремова есть фундаментальная монография в соавторстве со своими учениками "Технологический процесс снования пряжи в текстильном производстве", а также "Тезаурус информационно-поисковый по текстильной промышленности" и др. Многие результаты научных работ проф. Е.Д. Ефремова вошли в учебники и учебные пособия для текстильных вузов страны.

Труды профессора Е.Д. Ефремова по теории технологических процессов явились основополагающими для создания возглавляемой им научной школы. Под руководством проф. Е.Д.Ефремова аспирантами, научными сотрудниками и работниками текстильной промышленности защищено около 70 кандидатских и 2 докторские диссертации. Евгений Дмитриевич по-отечески заботился о своих учениках и студентах, передавал им свой богатый научный и жизненный опыт. Во многих из них он пробудил стремление к научному поиску, к вечной идее совершенства, которая, реализуясь в конкретных делах, продолжает жить.

Многочисленные труды профессора Е.Д. Ефремова, его тесная связь с промышленностью снискали Евгению Дмитриевичу широкую известность среди ученых-текстильщиков и работников текстильных предприятий не только у нас в стране, но и за ее пределами. Сотни учеников Е.Д.Ефремова трудятся сегодня в вузах, НИИ, на различных предприятиях России, стран СНГ и дальнего зарубежья, претворяя в жизнь его идеи и разработки.

Евгений Дмитриевич вел активную общественную работу, являясь в разные годы членом двух диссертационных советов (ИГТА, КГТУ), членом ученых советов ВНИИПИАСУлегпрома и ИвНИТИ. Более 30 лет Е.Д. Ефремов проработал заместителем главного редактора журнала "Технология текстильной промышленности". Его глубокие знания, стремление к совершенству, огромная эрудиция на протяжении всех этих лет неуклонно способствовали повышению научного уровня журнала, становлению и укреплению связей издания не только с наукой, но и производством.

За большую научную и общественную деятельность проф. Е.Д. Ефремов награжден многими почетными грамотами, знаками отличия и медалями. Высокая работоспособность, целеустремленность в достижении поставленной цели позволили Евгению Дмитриевичу пройти путь от ассистента до профессора, Заслуженного деятеля науки и техники России. Богатое творческое наследие проф. Е.Д.Ефремова, являющееся неоценимым вкладом в развитие текстильной науки, несомненно будет предметом изучения для многих поколений научных работников и студентов.

**Ректорат Ивановской государственной текстильной академии.**

**Кафедра высшей математики и статистики.**

**Кафедра ткачества.**

**Редакционная коллегия и редакция журнала "Технология текстильной промышленности".**

СОДЕРЖАНИЕ

**Экономика и организация производства**

<i>Кузьмин С.А.</i> Логистический подход к ресурсосбережению в легкой промышленности .....	3
--	---

**Текстильное материаловедение**

<i>Рудовский М.П., Палочкин С.В., Рудовский П.Н.</i> Исследование влияния упругих свойств комбинированных нитей на технологические параметры накопителя .....	6
<i>Васильева Н.О., Нечушкина Е.А.</i> Прогнозирование проницаемости тканых полотен .....	9

**Первичная обработка. Сырье**

<i>Бойко С.В.</i> Моделирование взаимодействия льняной пряжи с билем трепального барабана .....	11
<i>Пашина Л.В., Пашин Е.Л.</i> Исследование селекционных сортов льна по изгибной жесткости волокна .....	13
<i>Иброгимов Х.И., Корабельников Р.В.</i> Особенности взаимодействия колков рабочего барабана очистителя с частицами хлопка-сырца, имеющими волокнистые связи, при нецентральной ударе .....	16
<i>Новиков Э.В.</i> Изучение воздушных потоков в трепальной секции агрегата АЛС-1 и устройстве отделения несвязанной костры .....	20
<i>Федосова Н.М., Вихарев С.М., Болонкин В.А.</i> Совершенствование анатомического анализа льна ...	22

**Прядение**

<i>Пестовская Е.А., Иванов А.Н.</i> Влияние химической обработки ровницы и химического строения льняного волокна на обрывность в прядении .....	24
<i>Столяров А.А.</i> Построение и анализ диаграммы натяжения нити при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине .....	28
<i>Разумеев К.Э., Голайдо С.А.</i> Исследование деформации аппаратной ровницы при сжатии .....	30

**Ткачество**

<i>Саввин О.А., Кузнецов Г.К., Герасимова С.Ф.</i> Система заправки ткацкого станка как механическая система с переменными параметрами .....	33
<i>Цыбикдоржиева А.В., Юхин С.С.</i> Проектирование разрывной нагрузки нитей из различных видов сырья при ткачестве на основе теории подобия и анализа размерностей .....	36
<i>Селиверстов В.Ю., Гречухин А.П., Либерова А.В.</i> Определение плотности ткани по утку, выработанной на станке типа СТБ с модернизированным товарным регулятором .....	39

**Отделка**

<i>Алеева С.В., Кокшаров С.А.</i> Влияние способа клейстеризации крахмала на распределение клеящего вещества в структуре пряжи .....	42
<i>Одинцова О.И., Смирнова О.К., Кротова М.Н., Мельников Б.Н.</i> Проблемы выбора текстильных вспомогательных веществ для процессов подготовки и промывки текстильных материалов .....	46
<i>Некрасова В.Н., Щеглова Т.Л., Белокурова О.А.</i> Эффективные загустители для активных красителей .....	49
<i>Козлова О.В., Щитова Н.П., Алешина А.А.</i> Подработка цветов камуфлированного рисунка с использованием триады пигментов на базе данных спектрофотометрических исследований .....	52
<i>Худайбердиева Д.Б.</i> Механизм суплирования натурального шелка этиленхлоргидрином .....	56

**Технология нетканых материалов**

<i>Горчакова В.М., Ходакова И.Н., Макрушина О.Н.</i> Нетканые материалы с углеродными наполнителями для защиты от электромагнитных излучений .....	62
--	----

<i>Фролов В.Д., Фролова И.В., Швидкий С.П., Капустин С.Ю.</i> Эффективность регенерации текстильных отходов при использовании технологий с дополнительными ограничительными условиями	65
<b>Трикотажное производство</b>	
<i>Столяров О.Н., Труевцев А.В.</i> Механические свойства кулирного трикотажа из арамидных нитей	68
<b>Швейное производство и дизайн</b>	
<i>Ли Юе, Ван Сяоган, Кузьмичев В.Е.</i> Технология реконструкции виртуальных сканированных фигур	71
<b>Текстильные машины и агрегаты</b>	
<i>Максудов Р.Х.</i> Теория испытания и определения натяжения ремня механизма привода технологических машин	75
<b>Автоматизация технологических процессов</b>	
<i>Романов В.В., Титов С.Н., Померанцев М.А.</i> Совершенствование методов контроля неравномерности угловой скорости главного вала ткацкого станка	80
<i>Авроров В.А., Волков В.В., Николаев В.С., Горюнова М.В.</i> Анализ функции преобразования датчика линейной плотности волокнистой ленты тензометрического типа	83
<i>Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К.</i> Емкостная неустойчивость полевых датчиков	87
<i>Пережилин В.А., Козлов А.Б.</i> Контроль качества пены при нанесении ее на текстильные материалы	90
<b>Экология и промэнергетика</b>	
<i>Сажин Б.С., Кочетов О.С., Голубева М.В., Шестаков С.С.</i> Разработка и исследование новых систем виброизоляции для вязально-прошивных машин	94
<b>Информационные технологии</b>	
<i>Борзунов Г.И.</i> Двоичный поиск и параллельное программирование при минимизации количества необходимых проборок основ в ремиз	99
<i>Севостьянов П.А., Серякова Т.В.</i> Компьютерная имитация изменений структуры нетканого материала в процессе иглопрокалывания	102
<b>Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения</b>	
<i>Чистякова Н.Э., Матрохин А.Ю.</i> Описание технологического процесса кардочесания с применением методологии IDEF0	105
<i>Панин И.Н., Николаев С.Д., Морозов С.И., Цимбалюк Е.П.</i> Новые разработки текстильщиков	107
<i>Ломакина И.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> Определение конкурентной цены ткани с применением методов корреляционно-регрессионного анализа	110
<i>Лазарев А.А.</i> Формирование ценностно-смыслового ядра при подготовке к будущей работе на текстильном предприятии	112
<i>Беденко В.Е., Иванов М.Н., Рудин А.Е.</i> Классификация и обозначение швейных ниток для изделий технического и специального назначения	113
Ростиславу Васильевичу Корабельникову 70 лет	118
Памяти Евгения Дмитриевича Ефремова	120

## CONTENTS

### Economics and Production Planning

<i>Kuzmin S.A.</i> Logistic Approach to Resource Saving in the Light Industry .....	3
---	---

### Textile Materials

<i>Rudovskiy M.P., Palochkin S.V., Rudovskiy P.N.</i> Study of the Influence of Elastic Properties of Combined Strings on the Technological Parameters of the Storage .....	6
<i>Vasilyeva N. O., Netchoushkina E. A.</i> The Prognostication of Woven Clothes Permeability .....	9

### Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Boyko S.V.</i> Modelling of the Interaction of Flax Fibre with the Scutching Machine Beater .....	11
<i>Pashina L.V., Pashin E.L.</i> Research of Selection Grades of Flax on Bend Rigidity of the Fibre .....	13
<i>Ibrogimov H.I., Korabelnikov R.V.</i> Features of Interaction of Pirs of the Cleaner Working Drum with Particles of Raw Cotton Having Thready Links during Non Central Impact .....	16
<i>Novikov E.V.</i> The Study of Air Flows in the Scutching Section of the ALS-1 Unit and the Separator of Unbound Boon .....	20
<i>Fedosova N.M., Vikharev S.M., Bolonkin V.A.</i> The Improvement of Flax's Anatomic Analysis .....	22

### Spinning

<i>Pestovskaya E.A., Ivanov A.N.</i> The Influence of Flax Rove Treatment and Chemical Structure on Breaking During Spinning .....	24
<i>Stolyarov A.A.</i> Designing and Analysis of the Thread Tension Diagram for the Production of Yarn on the Ring Spinning Machines .....	28
<i>Razumeev K.E., Golaydo S.A.</i> The Study of Apparatus Rove Deformation During Compression .....	30

### Weaving

<i>Savvin O.A., Kuznetsov G.K., Gerasimova S.F.</i> Feeding System of a Loom as a Mechanical System with Variable Parameters .....	33
<i>Tsybikdorzhziyeva A.V., Yukhin S.S.</i> The Engineering of Breaking Load of Threads for the Different Types of Raw Material in Weaving the Base of the Similarity Theory and Dimensional Analysis .....	36
<i>Seliverstov V.Y., Grechukhin A.P., Liberova A.V.</i> Determination of the Weft Density of Fabric Produced on the STB-type Loom with the Modernized Take-Up Section .....	39

### Finishing

<i>Aleeva S.V., Koksharov S.A.</i> Influence of Starch Pastation Method on the Distribution of Gluing Substance in the Structure of Yarn .....	42
<i>Odintsova O.I., Smirnova O.K., Krotova M.N., Melnikov B.N.</i> Problems of Selection of Auxiliaries for the Processes of Preparation and Washing of Textile Materials .....	46
<i>Nekrasova V.N., Sheglova T.L., Belokurova O.A.</i> Effective Thickeners for Active Dyes .....	49
<i>Kozlova O.V., Shitova N.P., Aleshina A.A.</i> Pick out of Colors in the Camouflage Pattern Using Triad of Pigments from a Database of Spectrophotometric Investigations .....	52
<i>Khudayberdieva D.B.</i> Mechanism of Weighting of Natural Silk with Ethylene Chlorohydrin .....	56

### Technology of Non-Wovens

<i>Gorchakova V.M., Khodakova I.N., Makrushina O.N.</i> Nonwovens with Carbonic Excipients for Protection from Electromagnetic Radiation .....	62
<i>Frolov V.D., Frolova I.V., Shvidky S.P., Capustin S.U.</i> Efficiency of Regeneration of Textile Wastes when Using the Technologies with Additional Exclusion Conditions .....	65

### Knitting

<i>Stolyarov O.N., Truevtsev A.V.</i> Mechanical Properties of Weft-Knitted Fabrics Made of Aramid Yarn ....	68
--	----

## Sewing and Design

<i>Li Yue, Wang Xiaogang, Kuzmichev V.E.</i> The Technology of the Virtual Scanning Bodies' Reconstruction and Repairing .....	71
--	----

## Textile Machines and Aggregates

<i>Maksudov R.H.</i> Theory of Testing and Defining of the Tension in a Driving Mechanism of Technological Machines .....	75
---	----

## Automation of Technological Processes

<i>Romanov V.V., Titov S.N., Pomerantsev M.A.</i> Perfecting of Methods of Verification of Angular Speed Irregularity of the Main Shaft of a Loom .....	80
<i>Avrorov V.A., Volkov V.V., Nikolaev V.S., Goryunova M.V.</i> The Analysis of the Transfer Function of a Tensometric Sensor for a Sliver's Linear Density .....	83
<i>Razumova E.F., Rastorguev A.K.</i> Capacitive Instability of Gauges.....	87
<i>Perezhilin V.A., Kozlov A.B.</i> Quality Control of the Foam when Putting it to a Textile Material .....	90

## Ecology and Industrial Heat Engineering

<i>Sajin B.S., Kochetov O.S., Golubeva M.V., Shcestakov S.S.</i> Development and Study of the New Vibroisolation Systems for Knitting-Sewing Machines .....	94
---	----

## Information Technologies

<i>Borzunov G.I.</i> Binary Search and Parallel Programming in the Minimization of Necessary Number of Base Passes into the Harness .....	99
<i>Sevostyanov P.A., Seryakova T.V.</i> Computer Simulation of Changes in the Structure of Nonwoven Material in the Process of Needle-Punching .....	102

## Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

<i>Chistyakva N.E., Matrokhin A.J.</i> The Description of Technological Process of Carding with Application of the IDEF0 Methodology .....	105
<i>Panin I.N., Nikolaev S.D., Morozov S.I., Tzimbalyuk E.P.</i> New Developments of Textile Men .....	107
<i>Lomakina I.A., Gruzinceva N.A., Gusev B.N.</i> Determination of the Competitive Price of Fabrics Using the Methods of Correlation-Regression Analysis .....	110
<i>Lazarev A.A.</i> The Formation of the Value-Meaning Core in the Preparation for Future Work at a Textile Enterprise .....	112
<i>Bedenko V.E., Ivanov M.N., Rudin A.E.</i> Classification and Designation of Sewing Threads for the Goods of Technical and Special Applications .....	113
70th anniversary of Rostislav Vasilievich Korabelnikov .....	118
In Memory of Evgeniy Dmitrievich Efremov .....	120

*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 глянцевого) 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

## **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.