

Федеральное агентство по образованию

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 4 (309)
2008**

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, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, 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, Н.В. ЛУСТГАРТЕН, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Н.И. МАКСИМОВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, 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, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, М.И. СЕМИН, Н.А. СМЕРНОВА, А.П. СОРКИН, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.П. ЩЕРБАКОВ, С.С. ЮХИН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

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

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

E-mail: ttp@igta.ru

<http://www.igta.ru>

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.07.2008. Подписано в печать 01.08.2008. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 16,74 усл.-печ. л.; 16,99 усл. кр.-отг. Заказ 355.

Тираж 450 экз.

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

УДК 658.7:677.07

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЗАКАЗА ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ЭТАПЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА
И СРОКОВ ПОСТАВКИ**

Е.А.ЮХИНА, С.С.ЮХИН

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

При определении условий изготовления заказа производителем важно учитывать, каким образом и как быстро будет производиться смена артикула. В первую очередь, следует определить, будет ли производиться смена артикула путем полной перезаправки станка или будет использоваться унификация заправки ткани на станке (унифицированная заправка). Для сокращения затрат на смену артикула текстильные предприятия всегда стремились использовать унифицированную заправку тканей на ткацком станке, под которой подразумеваются такие параметры заправки, которые будут общими для группы тканей, а именно: число нитей в основе, номер берда, число нитей, пробираемых в зуб берда; количество ремизок; вид проборки нитей в ремиз.

Следует иметь в виду, что при любом заказе смена артикула будет включать одно или несколько действий, приведенных в табл.1 (порядок и длительность действий при смене артикула), имеющих определенную длительность в зависимости от типа оборудования и квалификации рабочих. Поэтому для каждого предприятия эти показатели будут индивидуальны. Общим для них являются варианты сочетания этих действий, которые зависят от параметров заказываемой ткани и типа унификации на предприятии.

Т а б л и ц а 1

Порядок действий при смене артикула	Время, мин
1. Смена утка T_v , мин, на 1 станок	5
2. Изменение плотности по утку P_y , т.е. замена шестерни товарного регулятора	30
3. Изменение переплетения, т.е. замена зевобразовательных кулачков или набора кулачков в заданной (новой) последовательности по рискам	60
4. Изменение линейной плотности основы T_o , т.е. обмашка и смена навоя, привязка основы	120
5. Изменение плотности по основе P_o , т.е. проборка основных нитей в бердо заданного (другого) номера (возможно только на станке АТПР-100)	60

Возможны различные сочетания вышеуказанных действий (типов унификаций):

$$\begin{aligned}
 1+2 &\rightarrow T_{пер1}=5+30=35 \text{ мин (0,58 ч)}, \\
 1+2+3 &\rightarrow T_{пер1}=5+30+60=95 \text{ мин (1,58 ч)}, \\
 1+2+3+4 &\rightarrow T_{пер1}=5+30+60+120= \\
 &=215 \text{ мин (3,58 ч)}, \\
 1+2+3+4+5 &\rightarrow T_{пер1}=5+30+60+120+60= \\
 &=275 \text{ мин (4,58 ч)},
 \end{aligned}$$

также:

$$\begin{aligned}
 2+3 &\rightarrow T_{пер1}=30+60=90 \text{ мин (1,5 ч)}, \\
 2+4 &\rightarrow T_{пер1}=30+120=150 \text{ мин (2,5 ч)}, \\
 1+3+5 &\rightarrow T_{пер1}=5+60+60=125 \text{ мин (2,08 ч)}
 \end{aligned}$$

и т.д.,

где $T_{пер1}$ – время за заправку (перезаправку) одного станка, ч.

При использовании полной перезаправки время смены артикула будет величиной постоянной, не зависящей от параметров заказываемой ткани. При использовании унифицированной заправки время смены артикула будет различным для каждого заказа. Следовательно, независимо от заказа можно рассчитать количество станков, которое необходимо перезаправить в заданные сроки, в зависимости от времени смены артикула, которое может изменяться от нескольких минут до пяти часов в случае применения унифицированной заправки или составлять около 16 часов в случае обычной заправки станка. Используя эти данные можно построить графические зависимости объема производства от количества станков в заправке с использованием обычной и унифицированной заправки. Примеры таких зависимостей приведены на рис.1 – зависимость объема выработки от количества перезаправляемых станков. Эти зависимости могут быть использованы при запросах типа 1 и 2, когда требуется определить объемы поставки ткани к заданному сроку.

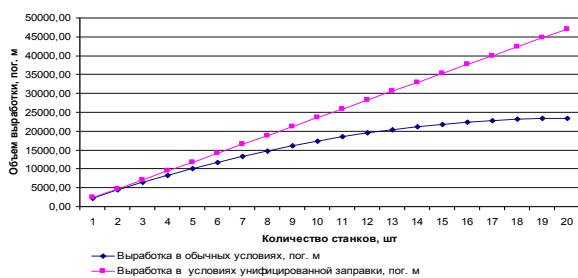


Рис.1

Если требуется определить сроки поставки заданного количества ткани, то следует построить графические зависимости времени наработки заказа от количества

ва перезаправляемых станков. Примеры таких зависимостей представлены на рис.2.

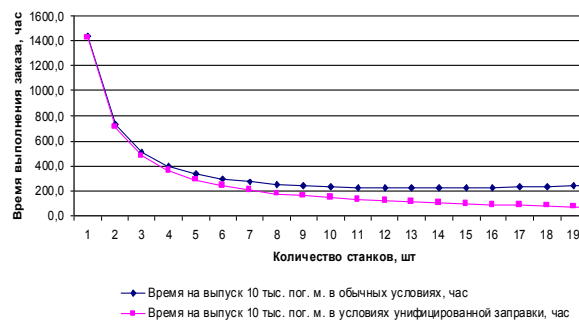


Рис.2

Если эти зависимости построить для объемов заказа с интервалом 1000 м или 10000 м (в зависимости от среднего размера заказа предприятия), то, используя эти графики, можно быстро определить время выполнения заказа. Это позволит сократить время, необходимое для анализа заказа и оперативно реагировать на изменение спроса.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены особенности анализа заказа текстильного предприятия в зависимости от способа смены артикула.
2. Предложены способы определения объемов и сроков поставки ткани, используя графические зависимости времени наработки среднего заказа от количества перезаправляемых станков при полной и унифицированной заправках ткани на станке.

Рекомендована кафедрой экономики. Поступила 17.04.08.

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАЧЕТА ВЗАИМНЫХ ДОЛГОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КРИЗИСА НЕПЛАТЕЖЕЙ В ФИНАНСОВО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРУППАХ

В. П. ЩЕРБАКОВ, Л. Е. ЗЕРНОВА, Е. С. ЕРОХИН

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

Любая экономическая система включает в себя большое число предприятий, обменивающихся между собой товарами и услугами. Взаимосвязанность всех звеньев экономической системы в первую очередь проявляется при проведении расчетов между предприятиями и фирмами за поставленную продукцию. Если поставки и платежи за них происходят своевременно (или одновременно), то с точки зрения финансового обращения экономической системе ничего не грозит. Для продолжения своей деятельности предприятиям нет необходимости ни использовать значительную часть своих финансовых ресурсов, находящихся на банковских счетах, ни продавать основные фонды. Но реально между поставкой товара и его оплатой (либо предоплатой всего товара или его части и следующей за ней поставкой) всегда имеется задержка во времени. При небольших лагах небольших партий товара (или небольших денежных сумм) предприятия на короткое время привлекают небольшую часть своих свободных финансов, а затем пополняют их из получаемых от своих партнеров платежей.

Однако возможно состояние, когда время задержки платежей (поставок) становится сравнимым со временем оборота финансов, а абсолютное значение невыполненных платежей или поставок – сопоставимым с объемом свободных оборотных средств предприятий. Возникает так называемый кризис неплатежей, способный привести к серьезному кризису всей экономической системы. Предприятие, не получившее деньги за поставленную продукцию, не может расплатиться со своими поставщиками. В свою очередь поставщики не расплачиваются со своими клиентами, те – со своими и т. д. Возника-

ют длинные цепочки неплатежей. Они могут состоять из N звеньев, а их общее число достигать величины порядка $N!$ (N – общее число предприятий). Сумма абсолютных величин долгов по всем цепочкам может превышать свободные средства предприятий и даже становиться сравнимой со стоимостью их основных фондов. Здесь имеется в виду именно сумма абсолютных долгов, так как любое предприятие одновременно может быть как дебитором, так и кредитором. Система заходит в тупик – предприятия или должны прекратить производство, или снова занять друг у друга средства, увеличив суммарный взаимный долг.

Любая финансово-промышленная группа, действующая в текстильной и легкой промышленности, включает в себя много звеньев. Она может быть организована в виде технологической цепочки (от производства хлопка до выпуска и реализации готовых швейных и трикотажных изделий), а может иметь усеченный с точки зрения производственных возможностей, но более разветвленный вид (например, выпускать из купленной у поставщиков пряжи суровые и готовые ткани и иметь разветвленную систему торговых организаций, реализующих эту продукцию). Тем не менее, в любой из таких систем между предприятиями (фирмами) образуются дебиторско-кредиторская задолженность, возникают взаимные долги. Это ухудшает финансовое состояние группы, замедляя ее развитие.

Для разрешения подобной проблемы возможен подход, когда банк, входящий в состав ФПГ, выдает всем предприятиям единовременный кредит, равный сумме всех долгов. Тогда они расплачиваются между собой и затем возвращают кредит.

Однако такая кредитная эмиссия может спровоцировать сильную инфляцию, так как производство товаров не увеличилось, а денег в обороте стало значительно больше. Кроме того, у банка может не оказаться возможностей выдавать льготные кредиты такому большому количеству предприятий. Банк может сомневаться в своевременном возврате таких значительных сумм кредитных долгов.

Рассмотрим «техническую» компоненту кризиса неплатежей, связанную с несовершенством самой процедуры расчетов. Здесь моделируются трудноформализуемые объекты с заметным вмешательством людей, а экономических, политических и других причин возникновения кризиса неплатежей здесь касаться не будем [1]. Теоретический аспект данной проблемы разработан в 1995 г. Н.Н. Калиткиным [2]. Применим теорию данного метода к задаче оптимизации взаимных долгов предприятий и фирм внутри ФПГ. Идею проблемы поясним на простом примере. Имеется система из трех предприятий. Каждое из них имеет свободные средства, равные одной условной финансовой единице, и основные фонды, равные 10 единицам. Пусть первое предприятие должно второму 100 единиц, второе должно третьему 100 единиц и третье первому тоже 100 единиц. Но движение этих денежных средств в виде долгов сопровождается выполнением работ или услуг на те же суммы. Тогда суммарный абсолютный долг предприятий равен 600 единицам. Он велик в сравнении с их фондами (30 единиц) и свободными средствами (3 единицы). Но финансовое положение системы не вызывает опасений, так как суммарный «долг» каждого предприятия в отдельности равен нулю. Очевидная процедура взаимозачета состоит в одновременном аннулировании (погашении) всех долгов: объявляется, что никто никому не должен, и предприятия продолжают свою работу в условиях освобождения от долгового бремени.

Подобную операцию нельзя реализовать для большого числа предприятий (фирм), входящих в состав ФПГ, с огромным количеством финансовых обяза-

тельств. Требуется более общий подход и для этого необходимо формализовать задачу.

Пусть экономическая система (ФПГ) состоит из N предприятий, которые могут иметь взаимные долги. Обозначим долг m -го предприятия n -му через x_{nm} ($1 \leq n, m \leq N$). Тем самым условились, что $x_{nm} > 0$, если m -е предприятие должно n -му, и $x_{nm} < 0$ в обратном случае. Ясно, что

$$x_{nm} = -x_{mn}, \quad x_{nn} = 0, \quad x_{mm} = 0. \quad (1)$$

Поэтому матрица долгов описывается кососимметричной матрицей размера $N \times N$ с нулевой диагональю, а $x_{mm} = x_{nn} = 0$, поскольку предприятие самому себе должно быть не может. Тогда достаточно задавать только ее поддиагональный треугольник ($1 \leq m < n \leq N$), содержащий $\frac{N(N-1)}{2}$ элементов.

Сумма всех взаимных долгов вычисляется через индивидуальные долги по формуле

$$X = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N |x_{nm}|. \quad (2)$$

Величина (2) является интегральной количественной характеристикой финансового положения системы, если она сопоставима с суммой свободных средств предприятий X_0 , то есть

$$X \geq X_0 = \sum_{n=1}^N x_n, \quad (3)$$

то описываемое неравенством (3) состояние означает кризис неплатежей. Здесь $x_n \geq 0$ – свободные средства каждого из n предприятий.

При построении математической модели процедуры взаимозачета долгов последовательно используется ряд действий, аналогичных проводимым при исследовании естественнонаучных объектов. Первое из них – отказ на определенном этапе от детального рассмотрения множества инди-

видуальных долгов и соответствующих связей между предприятиями. Процедура прослеживания цепочек неплатежей, примененная выше для трех предприятий, не только трудновыполнима для N предприятий, но имеет также принципиальный недостаток. Действительно, рассмотрим сначала цепочку, в которой каждое предприятие с первого по M -е ($M \leq N$) должно другому одинаковую сумму, и такую же сумму должно M -е предприятие первому (рис.1-а). Цепочка замкнута, и решение очевидно – все долги в цепочке погашаются. Пусть теперь M -е предприятие не должно первому (рис. 1-б). Тогда цепочка разомкнута, и этот метод не применим. В то же время простое решение заключается в том, что долги предприятий со второго по $(M-1)$ -е аннулируются, а долг первого переадресовывается M -му (рис.1-в).

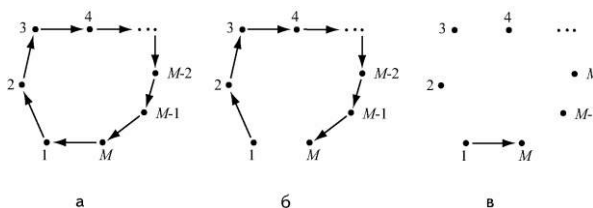


Рис.1

В отличие от ситуации с долгами в цепочках полная система долгов по всем цепочкам замкнута, так как рассматриваются взаимные долги.

Задача погашения взаимных долгов состоит в том, чтобы, зная матрицу x_{nm} , найти новую матрицу z_{nm} , для которой выполнялось бы $Z < X$. Обозначим через y_{nm} изменение каждого долга при взаимозачете. Новая матрица долгов

$$z_{nm} = x_{nm} + y_{nm}$$

является также кососимметричной. Отсюда следует, что матрица взаимозачета тоже должна быть кососимметричной:

$$y_{nm} = -y_{mn}, \quad y_{nn} = 0 \quad y_{mm} = 0. \quad (4)$$

Тогда матрица Y может быть задана поддиагональным треугольником. Эта матрица должна удовлетворять одному необходимому условию: сумма долгов каждого предприятия не должна меняться при взаимозачете:

$$\sum_{m=1}^N x_{nm} = \sum_{m=1}^N (x_{nm} + y_{nm}), \quad n = \bar{1}, \bar{N}.$$

Отсюда

$$\sum_{m=1}^N y_{nm} = 0, \quad n = \bar{1}, \bar{N}. \quad (5)$$

Теперь можно сформулировать условие оптимальности. Выберем в качестве критерия оптимальности величину абсолютных долгов

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N (x_{nm} + y_{nm})^2. \quad (6)$$

На целевую функцию (6) наложены ограничения (условия) в виде (4) и (5). Минимизация квадратичной формы (6) при указанных ограничениях является задачей условной оптимизации. Поиск точек на условный экстремум выполняют с помощью необходимого условия условного локального экстремума [3]. Если точка x^* является точкой условного экстремума функции $f_0(x)$ при условиях

$$f_l(x) = 0, \quad l = \bar{1}, \bar{k}$$

причем функции $f_l(x) = 0, \quad l = \bar{1}, \bar{k}$ непрерывно дифференцируемы в окрестности точки x^* и матрица Якоби $J(x)$ векторной функции

$$f(x) = (f_1(x) \dots f_k(x))$$

в точке x^* имеет максимальный ранг k , то существуют такие множители Лагранжа $\lambda_1, \dots, \lambda_k$ что для функции Лагранжа

$$L(x) = f_0(x) + \sum_{l=1}^k \lambda_l f_l(x)$$

в точке x^* выполняется необходимое условие экстремума:

$$\text{grad}(x^*)=0.$$

Поиск стационарных точек функции Лагранжа сводится к решению системы $n+k$ уравнений:

$$\frac{\partial L(x)}{\partial x_j} = 0, \quad j = \bar{1}, \bar{n};$$

$$f_l(x) = 0, \quad l = \bar{1}, \bar{k},$$

содержащей $n+k$ неизвестных $x_1, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_k$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. – М.: Наука, 1997.
2. Калиткин Н.Н. Оптимальный взаимозачет долгов предприятий // Математическое моделирование. – 1995, №1, т. 7. С. 11...21.
3. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 29.01.08.

УДК 677.253:577.151.36

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРЯЖИ***

С.В. АЛЕЕВА, С.А. КОКШАРОВ

(Институт химии растворов РАН, г. Иваново,
Ивановская государственная текстильная академия)

Для контроля качества подготовки льняной ровницы к прядению в [1] предложен комплексный показатель – степень мацерации волокна δM , связывающий из-

менения разрывной нагрузки ровницы во влажном P^M и высушенном P^C состояниях и ее линейной плотности T :

$$\delta M = \frac{\left[\frac{P_{\Pi}^C - P_{\Pi}^M}{P_{\Pi}^C} - \frac{P_{И}^C - P_{И}^M}{P_{И}^C} \right] \times \left(1 + \frac{1,2T_{\Pi} - T_{И}}{T_{\Pi}} \right)}{\frac{P_{И}^C - P_{И}^M}{P_{И}^C}},$$

где индексы «И» и «П» соответствуют значениям контролируемых показателей для исходной ровницы и прошедшей цикл подготавливающей варки; $\left(1 + \frac{1,2T_{\Pi} - T_{И}}{T_{\Pi}} \right) = k_m$ – коэффициент эффективности мацерации, повышающий (понижающий) расчетную величину δM в случае потерь массы волокна менее (более) допустимого уровня 20 %.

Учитывая изначальный смысл понятия «мацерация», означающий размягчение и распад на отдельные клетки тканей растений в результате растворения межклеточного вещества [2], следует уточнить, что при переработке льняных текстильных материалов глубина мацерационных процессов наряду с облегчением дробления технического волокна на более тонкие комп-

лексы должна обеспечивать склеиваемость групп волокон в структуре формируемой пряжи после ее высыхания. Данная работа посвящена анализу прогностической способности комплексного показателя качества подготовки льняной ровницы по результатам расширенной оценки геометрических, физико-механических и упругоэластических свойств пряжи.

В качестве объекта исследования использована ровница чесаного льна №16, сформированная на ОАО «Вологодский текстиль» из смеси тверского и калужского льна. Подготовка ровницы осуществлялась на аппарате марки АЛ 210/1 в соответствии с принятым на предприятии режимом щелочно-пероксидной обработки (контроль), а также по ферментативно-пероксидной технологии (проба) с применением на первой стадии ферментной

* Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (код проекта №06-08-00600) и гранта Президента Российской Федерации (проект №МК-8178.2006.3):.

композиции, разрушающей только пектиновые и гликопротеиновые примеси, которые являются клеящей основой межклеточных веществ в структуре комплексного волокна.

Параметры ферментативной обработки оптимизированы по максимальному уровню показателя степени мацерации волокна в лабораторном эксперименте. Последующее прядение осуществлялось мокрым способом на прядильной машине ПМ-88-Л8 в сопоставимых условиях для выработки пряжи с номинальной линейной плотностью 56 текс.

В табл. 1 представлены данные изменения свойств льняной ровницы по результатам анализа, осуществленного сотрудниками ОАО «Вологодский текстиль» с отбором образцов непосредственно по ходу проведения испытаний. Нетрудно видеть, что при реализации ферментативно-пероксидной технологии уже на первой

стадии воздействия биокатализаторов обеспечивается фундамент более эффективного протекания мацерационных процессов по сравнению с неизбирательным разрушением спутников целлюлозы в межклеточных пространствах комплексных волокон. Последующая пероксидная обработка, обеспечивающая деструкцию лигниновых спаек между элементарными волокнами, позволяет в 3 раза превысить значение степени мацерации волокна по сравнению с классическим режимом щелочно-пероксидной подготовки ровницы. При этом более высокое значение комплексного показателя δM определяется не только снижением разрывной нагрузки волокнистого материала в мокром виде, но также и более существенным восстановлением прочности после удаления влаги, и повышением сохранности нейтральных полисахаридов, способствующих процессу прядения.

Т а б л и ц а 1

Показатели качества ровницы		Анализируемый образец			
		исходный	контрольный	обработанный	
				био	H ₂ O ₂
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	R ^М	2,7	2,0	2,1	1,5
	R ^С	3,6	3,1	3,3	3,5
Содержание в волокне по массе, %	пектинов	2,71	2,53	1,76	1,35
	гемицеллюлоз	12,6	3,8	12,1	9,71
	лигнина	5,4	0,53	5,7	1,31
Потери массы волокна, %		–	16,3	9,7	13,8
Коэффициент эффективности мацерации, k _м		–	1,03	1,10	1,06
Степень мацерации волокна, δM		–	0,43	0,50	1,36

Оценка качества подготовки льняного волокна по показателю δM сопоставлена с представленными в табл. 2 технологическими характеристиками пряжи, полученной из ровницы по анализируемым вариантам химической и биохимической подготовки. Анализ образцов проведен на технической базе кафедры материаловедения и товароведения ИГТА в соответствии со стандартными и общепринятыми методиками измерений и статистической обработки данных. Выбранная совокупность единичных показателей полуфабриката позволяет охарактеризовать рациональность протекания мацерационных процессов в комплексном волокне с нескольких позиций, определяющих его перерабаты-

ваемость в прядильно-ткацком производстве.

Изменение показателей 1...5, отражающих способность технического волокна к дроблению, согласуется с уменьшением вклада R_П^М в комплексный показатель качества подготовки ровницы δM . Пряжа из биомодифицированной ровницы тоньше и стабильнее по геометрическим параметрам, коэффициент вариации по диаметру пряжи снижается в 1,2 раза. При проведении щелочно-пероксидной обработки в волокнистом материале сохраняется большое число нерасщепленных комплексов, обуславливающих появление в пряже утолщений (узлов), чередующихся с утонениями. Ферментативное разрушение клеящей

основы межклеточного вещества снижает в 1,5...2 раза количество дефектов с 1,5-

кратными отклонениями от величины $d_{\text{ср}}$.

Т а б л и ц а 2

Показатели качества пряжи		Технологические режимы подготовки ровницы	
		контроль	проба
1	Линейная плотность, текс	58,9	53,6
2	Количество дефектов в расчете на 100 м пряжи: - утолщения, превышающие 1,5 диаметра; - утонения, менее 0,7 диаметра	412 433	214 283
3	Коэффициент крутки	41,2	40,3
4	Коэффициент вариации по крутке, %	8,5	7,4
5	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	22,5	24,4
6	Коэффициент вариации по удельной разрывной нагрузке, %	12,1	10,5
7	Разрывное удлинение, мм	8,7	10,0
8	Выносливость к многократному изгибу и истиранию $n_{\text{и}}$, циклы	5595	6436
9	Доля компонентов относительного удлинения при одноцикловых испытаниях, %: - быстрообратимое, - медленнообратимое, - остаточное	0,43 0,12 0,45	0,42 0,18 0,40

Показатели 6...8 демонстрируют повышение гибкости комплексного волокна при ферментативном регулировании протекания мацерационных процессов. Улучшение характеристик крутки связано с большей подвижностью структурных фрагментов волокнистых материалов благодаря ослаблению адгезионных взаимодействий, а также присутствию гемицеллюлозных примесей, разветвленное строение макромолекул которых обеспечивает возможность их взаимного смещения без разрыва водородных связей между боковыми ответвлениями.

Положительное значение повышения сохранности гемицеллюлоз в межклеточном веществе волокнистого материала (табл.1) проявляется в комплексном улучшении полуцикловых разрывных характеристик пряжи, что согласуется с нарастанием вклада составляющих $R_{\text{п}}^{\text{с}}$ и $k_{\text{м}}$ в повышении показателя δM . Наличие гемицеллюлоз препятствует излишней упорядоченности расположения элементарных волокон и чрезмерному повышению плотности образования водородных связей между полимерами после удаления влаги из сформированной пряжи. Как известно, при неравномерном распределении межмолекулярных взаимодействий прикладываемые внешние усилия концентрируются на наиболее ослабленных структурных участках, что повышает вероятность разрушения материала.

В сопоставляемых вариантах подготовки ровницы ферментативно-пероксидная обработка обеспечивает более прочную и более равномерную склеенность волокна в высушенной пряже. Наблюдаемое при этом повышение разрывного удлинения также является следствием повышения сохранности гемицеллюлоз, не образующих поперечно сшитых структур в отличие от полиуронидно-белковых образований или лигнина, на первоочередное разрушение которых должны быть направлено проведение мацерационных процессов. Благодаря гибкости боковых ответвлений гемицеллюлоз и в сухом волокнистом материале обеспечивается возможность продольного перемещения связываемых ими групп элементарных волокон без разрыва водородных связей и разрушения текстильного материала. Как следствие, для биохимического способа подготовки ровницы зафиксировано увеличение в 1,2 раза работы разрыва получаемой пряжи при снижении в 1,3 раза коэффициента вариации по этому показателю. Полученные результаты позволяют отнести к числу преимуществ биохимической подготовки ровницы снижение обрывности пряжи при последующих многократных перемотках.

Показатели 8, 9 характеризуют перерабатываемость пряжи в процессах ткачества. Оценку выносливости пряжи к многократному изгибу и истиранию определяли на приборе ТКИ при следующих условиях:

угол прохождения нити через глазки галев ремиз 10° , длина хода 40 мм, нагрузка 15 % от разрывной, частота колебаний 600 мин^{-1} . Устойчивость пряжи при многократном изгибе с одновременным истиранием о контактирующую поверхность оценивали по количеству циклов до полного разрушения. Условия испытаний моделируют воздействия на пряжу при ее переработке на ткацком станке. Как видно, выносливость биомодифицированной пряжи повышается в 1,15 раза.

Для переработки пряжи в ткацком производстве принципиальное значение имеют релаксационные свойства пряжи при воздействии многократных растягивающих усилий. В связи с этим с использованием релаксометра РМ-5 для испытуемых образцов пряжи проведено определение полной деформации и ее условных составных частей. Анализ изменения доли компонентов относительного удлинения текстильного материала свидетельствует, что биохимическое регулирование протекания

мацерационных процессов обеспечивает повышение эластических свойств пряжи и уменьшение ее склонности к пластической необратимой деформации.

ВЫВОДЫ

Подтверждена возможность оценки качества подготовки льняной ровницы по показателю степени мацерации волокна для комплексного улучшения его переработки в процессах прядения, перемотки и ткачества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева С.В., Кокишаров С.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008, №1.
2. Популярный биологический словарь / Н.Ф. Реймерс. – М.: Наука, 1990. С. 253...254.

Рекомендована научно-техническим семинаром отдела «Химия текстильных материалов» ИХР РАН. Поступила 29.01.08.

УДК 677-487.5.23.275

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОСТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ НИТИ НА БОБИНУ*

М.Н. НУРИЕВ

(Азербайджанский государственный экономический университет)

В [1] показано, что на основе преобразований Хоха можно создать надежный алгоритм распознавания дефектов структуры намотки нити на бобину по изображению ее поверхности. Однако такой алгоритм требует значительного объема вычислений и поэтому не может работать достаточно быстро.

Большой объем вычислений связан с тем, что все точки изображения проверяются на принадлежность к определенному классу прямых линий. В том случае, когда

анализу подвергается динамическое изображение, мощным средством для сокращения объема вычислений при распознавании его элементов является сравнение последовательно отснятых кадров [2]. При анализе структуры намотки такая возможность появляется в том случае, когда анализируемая бобина разматывается. В этом случае необходимо сравнить два последовательно отснятых кадра и выделить изображение смотанной между двумя последовательными кадрами нити.

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук П.Н. Рудовского

Поскольку все остальное изображение на этих кадрах остается неизменным, то выделить требуемое изображение можно вычитанием яркости соответствующих пикселей друг из друга. В результате вычитания значения разности яркости для всех пикселей статической части изображения принимают значение, близкое к нулю, а изменившейся части изображения

$$d(x, y, i) = \begin{cases} 1, & \text{если } |f(x, y, i) - f(x, y, i+1)| \geq \theta, \\ 0, & \text{если } |f(x, y, i) - f(x, y, i+1)| < \theta, \end{cases} \quad (1)$$

где $f(x, y, i)$ – значение яркости исходного изображения пикселя с координатами x, y на i -м кадре; $d(x, y, i)$ – значение яркости нового изображения пикселя с координатами x, y на i -м кадре; θ – значение порогового уровня (порога бинаризации).

Таким образом, с помощью преобразования по формуле (1) производится бинаризация изображения, что должно в дальнейшем упростить процесс распознавания.

Для исследования алгоритма были использованы тестовые видеоизображения, на которых зафиксирован процесс размотки бобин, сформированных на прядильной пневмомеханической машине БД-200 и прядильно-крутильной машине ПК-100.

Исходные кадры видеоизображения переводились в серое полутоновое изображение, затем соседние кадры попиксельно вычитались друг из друга, после чего проводилась бинаризация по правилу (1). При этом подбиралось значение порогового уровня θ по критерию малого уровня шума при сохранении изображения нитей.

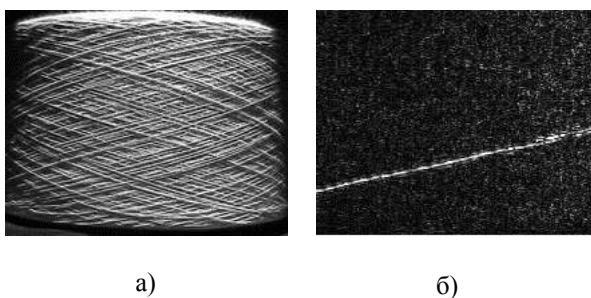


Рис. 1

– значение, отличное от нуля. Критерием близости разности яркости к нулю служит экспериментально определяемое пороговое значение θ . Исходное изображение преобразуется в новое, предназначенное для анализа с помощью преобразований Хоха, по следующему правилу:

На рис. 1 показаны: а – кадр (720×576 пикселей) исходного видеоизображения бобины, б – фрагмент (210×170 пикселей) изображения, полученного как разность исходного и следующего за ним кадра. На рис. 2: а – бинаризованное изображение (порог бинаризации 40). Как видно, после бинаризации уровень шума на изображении высокий. При увеличении порога бинаризации до 120 (рис. 2-б) уровень шума на изображении снижается, однако при этом изображение нити не получается сплошным, оно разбито на участки, причем ширина разрывов сравнима с шириной целых участков. Это может создавать определенные трудности для работы алгоритмов распознавания образа нити на изображении.

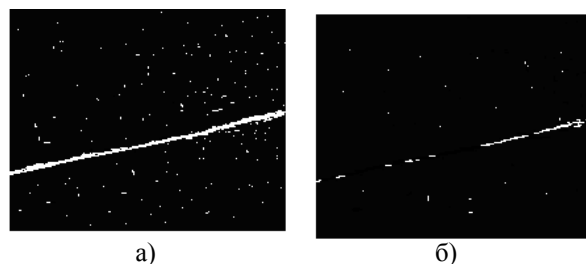


Рис. 2

Анализ влияния условий съемки на порог бинаризации показал, что для получения приемлемого качества изображения нельзя установить фиксированное значение порога. Оно изменяется в весьма широких пределах от 30 до 240. При низком пороге бинаризации хорошо сохраняется изображение нити, но велик уровень шумов. При высоком пороге бинаризации шумы могут практически отсутствовать,

но пиксели изображения нити частично утрачиваются (количество пикселей, принадлежащих нити, может уменьшиться в 2...20 раз). Таким образом, порог бинаризации при построении алгоритма распознавания структуры намотки не может быть постоянным. Его назначение оператором внесет большую долю субъективизма в работу системы и существенно замедлит ее работу.

Автоматизировать выбор порога бинаризации можно на основе анализа гистограмм яркости пикселей разностного изображения. В этом случае назначается количество самых ярких пикселей, которое должно остаться на изображении после обработки. Этот параметр должен зависеть от размера изображения, однако в задаче распознавания структуры намотки анализируемый фрагмент изображения может оставаться постоянным, а поэтому количество пикселей изображения после обработки можно зафиксировать на постоянном уровне.

На рис.3 показана гистограмма яркости пикселей разностного изображения. По гистограмме выбирается порог, при котором после бинаризации останется заданное количество наиболее ярких точек. На рис.4-а приведено изображение, для которого этот параметр равен 1000, что соответствует порогу бинаризации, равному 65. Шум на изображении достаточно эффективно устранен. Незначительное количество ярких точек на изображении существенным образом не скажется на эффективности работы алгоритма распознавания нити.

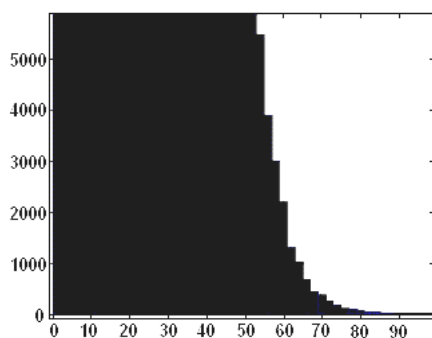


Рис. 3

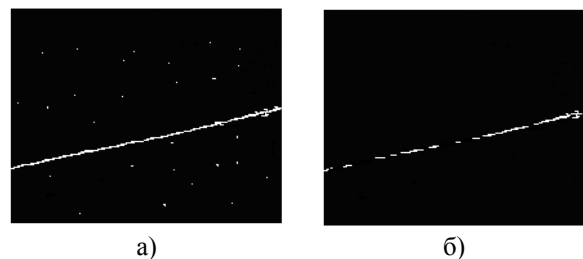


Рис. 4

Для улучшения качества изображения перед бинаризацией можно использовать шумоподавляющие фильтры [3]. Суть их работы заключается в том, что яркость пикселя определяется в зависимости от яркости окружающих его пикселей. Количество окружающих пикселей определяется размером маски, которая представляет собой, как правило, квадратную матрицу. Фильтрация осуществляется перемещением слева направо (или сверху вниз) маски на один пиксель. При каждом положении маски производится перемножение элементов матрицы, содержащей весовые множители на соответствующие значения яркостей точек исходного изображения с последующим суммированием этих произведений. Полученное значение присваивается пикселю изображения, соответствующего центральному элементу маски. Обычно это значение делится на заранее заданное число — нормирующий множитель. Маска содержит нечетное число строк и столбцов, чтобы центральный элемент определялся однозначно.

Очевидно, что чем больше размер маски, используемой для фильтрации, тем большее время требуется для выполнения этого процесса.

Подготовка изображения к распознаванию включает в себя следующие операции: копирование цветного изображения из буфера видеокамеры в буфер программного приложения (5 мс); получение серого полутонового изображения из цветного (15 мс); получение разностного изображения; фильтрация разностного изображения одним из фильтров (40 мс); построение гистограммы разностного изображения и расчет порога бинаризации (20 мс); бинаризация разностного изображения (10 мс).

Здесь также приведены средние временные затраты при обработке одного кадра изображения для каждой операции.

На рис.4-б показано изображение с порогом бинаризации 40 мс и сглаживающим фильтром 7×7 элементов. Шумы на изображении практически устранены, однако, несмотря на низкий порог бинаризации, изображение нити получается тонким и разорванным.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение двух последующих кадров при видеосъемке формируемой бобины позволяет выделить изображение наматываемой нити.

2. На основе анализа гистограммы распределения яркостей точек изображения можно построить алгоритм автоматического определения порога бинаризации.

УДК 677.017. 032:004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОРСОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРЯЖИ С УЧЕТОМ ЕЕ НОРМИРУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Т.Н. КОРОБОВА, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Оценка и прогнозирование качества продукции, как правило, базируются на использовании статистического материала, получаемого в результате контрольных испытаний, исследований продукции в лабораторных условиях или наблюдений за ее поведением в реальных условиях эксплуатации. При этом решению многих научных задач способствует моделирование.

Целью исследования являлось моделирование ворсовой поверхности пряжи для создания виртуальной модели изображения пряжи с заранее известными значениями показателей ворсистой и гладкости. Полученная модель может быть использована в качестве эталона при оценке качества процесса измерения показателей ворсистой пряжи компьютерным методом, а также для оценки и прогнозирования поведения ворса при последующих

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нуриев М.Н.* Обнаружение дефектов структуры намотки по изображению поверхности бобины с помощью преобразования Хоха // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2008, №3. С.128...131.

2. *Садыков С.С., Стулов Н.Н.* Методы и алгоритмы выделения признаков объектов в системах технического зрения – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.

3. *Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А.* Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 22.03.08.

В качестве технического средства для осуществления операций компьютерного моделирования использовали пакет прикладных программ MATLAB – Image Processing Toolbox, позволяющий создавать графические модели исследуемых объектов.

Объектом исследования выбрана пряжа линейной плотности 16,6 текс, состоящая из полиэфирных волокон. При моделировании ворсовой поверхности пряжи применяли следующие соотношения областей, представленные в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование области или зоны	Доля по отношению к стволу пряжи
Область ствола пряжи	1,00
Область ворса пряжи	1,58
в том числе:	
зона плотного ворса	0,50
зона информативного ворса	1,33

Первой задачей, создающей основу последующего моделирования, является создание модели ствола пряжи. При моделировании ствола пряжи возможно использование двух вариантов. Первый вариант заключается в принятии положения о том, что ствол пряжи не имеет отклонений по толщине. При этом сечение пряжи принимает идеальную цилиндрическую форму. Исходя из того, что нити непустотелы, их условный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{yc} = 0,0357 \sqrt{T_{\Pi} / \gamma}, \quad (1)$$

где T_{Π} – линейная плотность пряжи; γ – объемная плотность пряжи.

Параметры, необходимые для моделирования идеально цилиндрического ствола пряжи, представлены в табл. 2.

Второй вариант моделирования не исключает отклонений пряжи по ее толщине. Значения отклонений диаметра по длине пряжи получили с помощью генератора случайных чисел, где за основу были взяты параметры, указанные в табл. 2.

Зона плотного ворса является самой сложной зоной для расчета показателей ворсистости пряжи, так как здесь ворсинки плотно переплетены друг с другом и трудно различимы. Ширина зоны плотного ворса рассчитывается исходя из данных, представленных в табл.1 и 2. Так, доля зоны плотного ворса по отношению к диаметру ствола пряжи составляет 0,5 (или 50%). Диаметр ствола пряжи равен 0,12 мм. Отсюда можно рассчитать, что ширина зоны плотного ворса составит 0,06 мм.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя и единица измерения	Условное обозначение	Значение
Линейная плотность пряжи, текс	T_{Π}	16,6
Условный диаметр пряжи, мм	d_{yc}	0,12
Длина отрезка пряжи, мм	$l_{изм}$	1,00

Зону плотного ворса для задачи моделирования можно разделить на две части. Первая состоит из небольших участков ствола пряжи, оставшихся после удаления области ствола, и ворсинок, образующих плотные, не делимые на отдельные ворсинки, комочки. В общем случае данную часть можно определить как слой неровностей на поверхности пряжи. Вторая часть образована плотно переплетенными ворсинками, но здесь ворсинки становятся более различимыми. Деление зоны плотного ворса на выделенные части условно и индивидуально для различных видов пряжи. В данном случае моделирования приняли значение ширины слоя неровностей, равное 50% ширины зоны плотного ворса, то есть 0,03 мм.

Максимальная высота неровности зависит от величины задаваемого отклонения. Для создаваемой модели величина отклонения равняется 0,01 мм и соответствует 0,04 мм. Высота отклонения задается программой автоматически с помощью генератора случайных чисел в установленных пределах.

Зона информативного ворса является заключающей зоной ворса для объектов, имеющих позитивную направленность по отношению к ворсистости, а у объектов с негативной направленностью имеется еще одна дополнительная зона – зона случайного ворса, характеризующаяся наличием редких кончиков волокон, имеющих значительную длину [2]. Принцип построения моделей двух обозначенных зон одинаков и поэтому остановимся только на проблеме построения модели слоя информативного ворса.

Экспериментально в ряде исследований [3] подтверждена адекватность распределения числа ворсинок по длине закону Пуассона. Учитывая, что все волокна могут иметь свободные концы (ворсинки) на поверхности, среднее число кончиков волокон на 1 м длины пряжи может быть рассчитано из соотношения:

$$n_{\text{кв}} = 2 \cdot 10^3 \bar{T}_{\text{п}} / (\bar{T}_{\text{в}} \bar{\ell}_{\text{в}}), \quad (2)$$

где $\bar{T}_{\text{п}}$ – средняя линейная плотность пряжи, текс; $\bar{T}_{\text{в}}$ – средняя линейная плотность волокон, текс; $\bar{\ell}_{\text{в}}$ – средняя длина волокон, м.



Рис.1



Рис.2

Результаты построения модели информативного ворса представлены на рис.1, на рис. 2 показано увеличенное изображение участка.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что общую задачу моделирования ворсовой поверхности пряжи можно разбить на следующие подзадачи, а именно: создание модели ствола пряжи,

Для определения числа волокон на 1 м пряжи необходимы следующие данные: средняя линейная плотность волокон 0,3 текс; средняя длина волокон 77 мм.

Расчетное значение среднего числа кончиков волокон на 1 м пряжи по формуле (2) равно:

$$n_{\text{кв}} = 2 \cdot 10^3 \cdot 16,6 / (0,3 \cdot 77 \cdot 10^{-3}) = 1437,23.$$

Исходя из первоначально заданных данных моделирования ствола пряжи (табл. 2), число кончиков волокон на модели, соответствующей длине пряжи в 1 мм, является равным двум. Однако такая модель не удовлетворяет целям исследования ввиду малых размеров. Поэтому целесообразно увеличить длину моделируемой пряжи до 1 см.

Также при создании модели пряжи использовалась вероятность появления групп ворсинок на поверхности, рассмотренная в [4]. Для моделирования слоя информативного ворса использовались следующие данные: длина отрезка пряжи 1 см; общее количество ворсинок 29 (из них кончиков 15, петель 14).

разработка модели слоя неровностей пряжи и построение модели слоя информативного ворса.

2. Рассмотрена структура зоны плотного ворса и выявлено, что ее можно разделить на две части: первая состоит из небольших участков ствола пряжи, оставшихся после удаления области ствола, и ворсинок, образующих плотные, не делимые на отдельные ворсинки, комочки (то

есть слоя неровностей на поверхности пряжи); вторая образована плотно переплетенными ворсинками. С использованием первоначальных данных моделирования определено число ворсинок на поверхности пряжи фиксированной длины. Построена модель информативного ворса пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коробов Н.А. Исследование методов выявления границ ствола ворсистой пряжи // Вестник ИГТА.– 2001, №1. С. 99...103.
2. Коробова Т.Н. Анализ ассортимента текстильных материалов с учетом образования гладкой и ворсистой поверхности // Сб. мат. межвуз.

научн.-техн. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (ПОЙСК-2007). Ч. 2 – Иваново: ИГТА, 2007. С. 205.

3. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). – М.: Легпромбытиздат, 1989.

4. Коробова Т.Н., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. Формирование алгоритма компьютерной обработки изображения пряжи для измерения показателей ее ворсистости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005,- №2. С. 109...113.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 03.02.08.

УДК 667.017

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ТЕРМОСКРЕПЛЕННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.С. ШУСТОВ, А.В. КУРДЕНКОВА, А.Х. ГАЛИМУЛИН, Ю.Я. ТЮМЕНЕВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Российский государственный университет туризма и сервиса)

В процессе эксплуатации нетканые материалы подвергаются различным механическим воздействиям, которые приводят к их разрушению, поэтому наиболее важным показателем качества, характеризующим надежность полотен при их использовании, является разрывная нагрузка.

На разрывную нагрузку P_p будут оказывать влияние следующие факторы [1]:

$$P_p = \eta = f(v, T_B, \rho_B, M'), \quad (1)$$

где v – скорость движения зажимов разрывной машины, мм/мин; $v = 100$ мм/мин; T_B – линейная плотность волокна, текс; $T_B = 0,24$ текс; ρ_B – плотность волокна, г/см³;

$\rho_B = 0,92$ г/см³; M' – поверхностная плотность нетканого полотна, г/м².

Для прогнозирования разрывной нагрузки нетканых материалов воспользуемся методами теории подобия и анализа размерностей [2].

В качестве основных параметров, определяющих размерность разрывной нагрузки, примем v, T_B, ρ_B . В системе физических величин они имеют следующие размерности:

$$[v] = [M]^{\mu_v} [L]^{\lambda_v} [T]^{\tau_v} = [M]^0 [L]^1 [T]^{-1}, \quad (2)$$

где M, L, T – основные единицы измерения, соответственно масса, длина, время; μ_v, λ_v, τ_v – показатели степени.

$$[T_B] = [M]^{\mu_{T_B}} [L]^{\lambda_{T_B}} [T]^{\tau_{T_B}} = [M]^1 [L]^{-1} [T]^0; \quad (3)$$

$$[\rho_B] = [M]^{\mu_{\rho_B}} \cdot [L]^{\lambda_{\rho_B}} \cdot [T]^{\tau_{\rho_B}} = [M]^1 \cdot [L]^{-3} \cdot [T]^0. \quad (4)$$

Определитель, составленный из коэффициентов уравнения, имеет следующий вид:

$$\Delta = \begin{bmatrix} \mu_{\Delta P} & \lambda_{\Delta P} & \tau_{\Delta P} \\ \mu_{T_B} & \lambda_{T_B} & \tau_{T_B} \\ \mu_{\rho_B} & \lambda_{\rho_B} & \tau_{\rho_B} \end{bmatrix} \neq 0. \quad (5)$$

По второй теореме подобия система уравнений (2)...(4) имеет единственное решение, если составленный определитель не равен нулю. Подставляя соответствующие значения μ_i, λ_i, τ_i величин v, T_B, ρ_B , находим определитель:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & -3 & 0 \end{bmatrix} = 2. \quad (6)$$

Так как $\Delta \neq 0$, следовательно, v, T_B, ρ_B можно использовать в качестве основных размерностей.

Применяя метод нулевых размерностей, представим уравнение (1) в виде комплекса безразмерных показателей:

$$\frac{P_p}{v^{\alpha_{P_p}} T_B^{\beta_{P_p}} \rho_B^{\gamma_{P_p}}} = f \left(\frac{M'}{v^{\alpha_{M'}} T_B^{\beta_{M'}} \rho_B^{\gamma_{M'}}} \right). \quad (7)$$

Значения α, β, γ определяются из условия, что входящие в уравнение (7) комп-

лексы – безразмерные величины.

Рассмотрим первый критерий подобия:

$$\begin{aligned} \frac{P_p}{v^{\alpha_{P_p}} T_B^{\beta_{P_p}} \rho_B^{\gamma_{P_p}}} &= \frac{[M]^1}{[L]^{\alpha_{P_p}} [T]^{-\alpha_{P_p}} [M]^{\beta_{P_p}} [L]^{-\beta_{P_p}} [M]^{\gamma_{P_p}} [L]^{-3\gamma_{P_p}}} = \\ &= [M]^{1-\beta_{P_p}-\gamma_{P_p}} [L]^{-\alpha_{P_p}+\beta_{P_p}+3\gamma_{P_p}} [T]^{\alpha_{P_p}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Таким образом,

$$[M] = 1 - \beta_{P_p} - \gamma_{P_p} = 0,$$

$$[L] = -\alpha_{P_p} + \beta_{P_p} + 3\gamma_{P_p} = 0,$$

$$[T] = \alpha_{P_p} = 0.$$

Решая систему уравнений, получим $\alpha_{P_p} = 0, \beta_{P_p} = 3/2, \gamma_{P_p} = -1/2$. Подставим полученные значения в уравнение (8) и найдем первый критерий:

$$\frac{P_p}{v^{\alpha_{P_p}} T_B^{\beta_{P_p}} \rho_B^{\gamma_{P_p}}} = \frac{P_p}{v^0 T_B^{3/2} \rho_B^{-1/2}} = \frac{P_p}{\sqrt{\frac{T_B^3}{\rho_B}}}. \quad (9)$$

Рассмотрим второй критерий подобия:

$$\begin{aligned} \frac{M'}{v^{\alpha_{M'}} T_B^{\beta_{M'}} \rho_B^{\gamma_{M'}}} &= \frac{[M]^1 [L]^{-2}}{[L]^{\alpha_{M'}} [T]^{-\alpha_{M'}} [M]^{\beta_{M'}} [L]^{-\beta_{M'}} [M]^{\gamma_{M'}} [L]^{-3\gamma_{M'}}} = \\ &= [M]^{1-\beta_{M'}-\gamma_{M'}} [L]^{-2-\alpha_{M'}+\beta_{M'}+3\gamma_{M'}} [T]^{2\alpha_{M'}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Таким образом,

$$[M] = 1 - \beta_{M'} - \gamma_{M'} = 0,$$

$$[L] = -2 - \alpha_{M'} + \beta_{M'} + 3\gamma_{M'} = 0,$$

$$[T] = 2\alpha_{M'} = 0.$$

В результате решения системы уравнений получим $\alpha_{M'} = 0$, $\beta_{M'} = 1/2$, $\gamma_{M'} = 1/2$. Тогда второй критерий подобия примет вид:

$$\frac{M'}{v^{\alpha_{M'}} T_B^{\beta_{M'}} \rho_B^{\gamma_{M'}}} = \frac{M'}{v^0 T_B^{1/2} \rho_B^{1/2}} = \frac{M'}{\sqrt{T_B \rho_B}}. \quad (11)$$

$$(P_p)_{\text{расч}} = \frac{M' \sqrt{\frac{T_B^3}{\rho_B}}}{\sqrt{T_B \rho_B}} = M' T_B^{3/2} \rho_B^{-1/2} T_B^{-1/2} \rho_B^{-1/2} = \frac{M' T_B}{\rho_B}. \quad (13)$$

В качестве объектов исследования были выбраны термоскрепленные нетканые полотна. Образцы были выработаны из полипропиленовых волокон и отличались поверхностной плотностью.

Испытания проводились в соответствии с [1] на разрывной машине маятникового

В соответствии с теорией подобия и анализа размерностей зависимость разрывной нагрузки от параметров строения нетканых материалов примет вид:

$$\frac{P_p}{\sqrt{\frac{T_B^3}{\rho_B}}} = \frac{M'}{\sqrt{T_B \rho_B}}. \quad (12)$$

Таким образом, с учетом полученных безразмерных комплексов функциональную зависимость для расчета разрывной нагрузки можно записать так:

типа РТ-250 при расстоянии между зажимами 100 мм. Ширина образцов составляет 50 мм.

Результаты расчета разрывной нагрузки нетканых материалов для десяти повторностей приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

$M', \text{ г/м}^2$	$\frac{M' T_B}{\rho_B}$	$P_p, \text{ Н}$	$(P_p)_{\text{расч}}, \text{ Н}$	Отклонение от расчетного значения, %
43,0	0,0112	8,3	8,7	4,89
41,4	0,0108	7,8	8,3	5,29
36,9	0,0096	6,9	7,1	3,06
29,6	0,0077	5,0	4,8	4,86
77,7	0,0203	15,5	14,9	4,13
89,7	0,0234	16,8	16,4	2,75
112,3	0,0293	18,2	18,7	2,54
29,0	0,0076	4,7	4,5	3,23
29,2	0,0076	4,8	4,6	3,79
30,0	0,0078	5,2	4,9	5,89

В результате обработки экспериментальных данных получена следующая зависимость:

$$P_p = 10,468 \ln \left(\frac{M' T_B}{\rho_B} \right) - 16,645.$$

Формула справедлива в диапазоне: $7,565 \leq \frac{M' T_B}{\rho_B} \leq 29,296$. Отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 5,89%.

На основе теории подобия и анализа размерностей получены формулы, позволяющие с установленной погрешностью прогнозировать разрывную нагрузку термоскрепленных нетканых материалов с учетом параметров их строения и условий испытания.

1. ГОСТ 15902.3–79. Полотна нетканые. Методы определения прочности.

2. Шустов Ю.С. Методы подобия и размерности в текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 03.06.08.

УДК 677.017

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ТКАНЕЙ ПРИ СДВИГЕ

Л.В. МОРИЛОВА, Н.А. СМЕРНОВА

(Костромской государственной технологической университет)

Управление качеством швейных изделий на всех этапах производства основано на получении информации о свойствах материалов и прогнозировании их изменений в процессе переработки.

Проектирование и изготовление конкурентоспособной одежды из льна связано с необходимостью изучения способности тканей к сдвигу, обусловленному жесткостью и способностью к скольжению волокон. Сдвиг нитей происходит уже при разрезании ткани, а его величина зависит от направления раскроя. Об этом свидетельствует удлинение срезов деталей, особенно в направлениях близких к диагональному (рис. 1 – удлинение срезов под углом 45° к нитям основы).

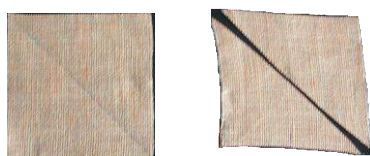


Рис.1

Для прогнозирования поведения тканей при изготовлении одежды разработана методика определения изменений линейных размеров (ИЛР) срезов при раскрое под различными углами к нитям основы. При разработке методики обоснованы форма,

размеры проб, рациональное время испытаний.

Для снижения материалоемкости испытаний предлагается проба в форме круга, позволяющая оценить анизотропию ИЛР тканей.

Испытание осуществляется следующим образом. Раскраивают пробу в форме круга диаметром 500 ± 1 мм, размечают линии разрезания по форме «ромашки» по различным направлениям, соответствующим направлению раскроя деталей изделия, например, под углами $0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 \dots 345^\circ$ к продольному направлению. Перед испытанием пробу выдерживают 24 ч в климатических условиях [1]. Пробу разрезают по намеченным линиям. Для закрепления пробы применяют дисковый столик диаметром 100 мм. Схема разметки и закрепления представлена на рис. 2.

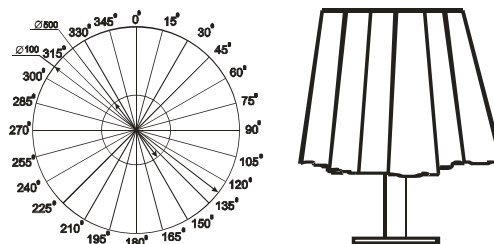


Рис.2

В результате разрезания ткани происходит сдвиг нитей и удлинение, которое измеряют по всем срезам ткани.

Критерием оценки служит величина относительной деформации:

$$\varepsilon_m(\alpha) = (L_1 - L_0) / L_0 \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $\varepsilon_m(\alpha)$ – деформация (удлинение) среза по направлению α под действием собственной массы, %; L_0 – начальная длина намеченной линии среза ткани, мм; L_1 – длина среза ткани в момент измерения, мм.

В результате использования метода планирования эксперимента и экспериментальных исследований обоснованы рациональные параметры испытаний: длина среза 200 мм и время испытаний 30 мин. С помощью полного факторного эксперимента ПФЭ ($k=2$) установлена зависимость

изменений линейных размеров от длины срезов X_1 и времени X_2 в виде:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2, \quad (2)$$

где Y – расчетное значение выходного параметра (прогнозируемое ИЛР срезов в направлении 45° к нитям основы, ε_m %); X_1 и X_2 – факторы, влияющие на удлинение среза; b_1 , b_2 – линейные коэффициенты; b_{12} – коэффициент парного взаимодействия факторов [2].

Определение регрессионной многофакторной модели на базе ПФЭ включало в себя нахождение условий для ПФЭ (табл. 1), проведение предварительного эксперимента, планирование ПФЭ (табл. 2), проведение основного эксперимента, анализ полученной модели.

Т а б л и ц а 1

Наименование факторов	Обозначение факторов		Уровни варьирования			Интервал варьирования
	натуральное	кодированное	нижний	основной	верхний	
1. Длина среза, мм	L	X_1	-1	0	+1	100
2. Время, мин	τ	X_2	10	30	50	20

Т а б л и ц а 2

Управляемые факторы				$Y_{\text{эксп}}$, %	$Y_{\text{расч}}$, %
кодированные		натуральные			
X_1	X_2	L, мм	τ , мин		
+1	+1	300	50	4,2	4,1
-1	+1	100	50	2,0	2,1
+1	-1	300	10	3,5	3,6
-1	-1	100	10	1,6	1,5

Выходная величина $Y_{\text{эксп}}$ – среднее экспериментальное значение изменений линейных размеров срезов под действием собственной массы ε_m , % установлено после проведения испытаний и проверки грубых ошибок.

Выходная величина $Y_{\text{расч}}$ – изменение линейных размеров срезов под действием собственной массы ε_m , %, рассчитано по уравнению (5) после построения математической модели и отбрасывания незначимых членов уравнения.

После обработки результатов ПФЭ получена регрессионная модель с кодированным обозначением факторов:

$$Y = 2,825 + 1,025 X_1 + 0,275 X_2 + 0,075 X_1 X_2 \quad (3)$$

Уравнение, включающее только значимые коэффициенты, имеет вид:

$$Y = 2,825 + 1,025 X_1 + 0,275 X_2 \quad (4)$$

По результатам эксперимента получена математическая модель в кодированном обозначении факторов в виде полинома первой степени. Адекватность математической модели проверена и подтверждена критерием Фишера ($F_p = 0,74 < F_{\tau} = 4,32$).

Уравнение регрессии в натуральном обозначении факторов имеет вид:

$$\varepsilon_m = 0,103 L + 0,014 \tau + 0,35 \quad (5)$$

Анализ уравнения позволяет установить, в какой мере каждый из факторов влияет на выходной параметр. По величинам коэффициентов можно сделать вывод, что длина разреза L (X_1) влияет на изменения линейных размеров в большей степени.

Проведенные исследования показали, что наиболее полно раскрывает способ-

ность ткани к сдвигу длина среза 200 мм. На рис. 3 показана зависимость ИЛР срезов проб от первоначальной длины: а) – при длине срезов 100 мм максимальное удлинение составило 6%; б) – при длине срезов 200 мм – 10%; в) – при длине срезов 300 мм – 8%.

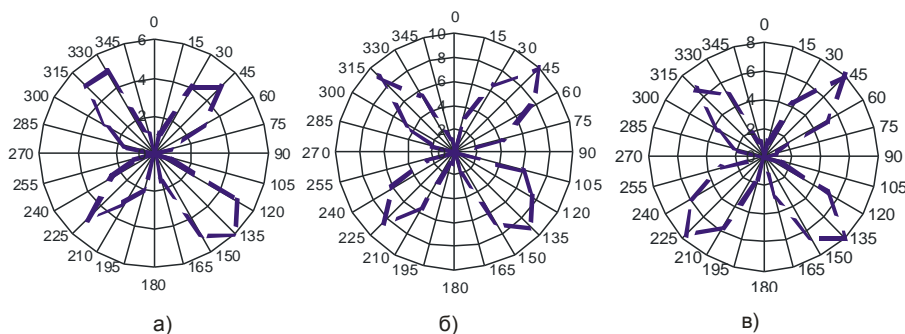


Рис.3

Достоинство предлагаемой методики заключается в получении новых характеристик изучаемых объектов за счет сведений о величинах изменений линейных размеров тканей при разрезании в различных направлениях, что дает объективное представление об анизотропии ИЛР срезов при раскрое. Научную новизну метода подтверждает патент на изобретение [3].

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика, позволяющая получить информацию об изменениях линейных размеров тканей при сдвиге нитей в результате разрезания в различных направлениях, что дает объективное представление об анизотропии ИЛР срезов при раскрое. Обоснованы параметры испытаний, установлена степень влияния каждого из них на ИЛР.

2. Практическая значимость предлагаемой методики заключается в том, что сведения об анизотропии ИЛР могут быть использованы для обоснованного выбора направления раскроя, прогнозирования ИЛР

тканей при раскрое, а также определения рационального расположения конструктивных линий и покроя одежды.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 10681–75. Материалы текстильные. Климатические условия кондиционирования и испытания проб и методы их определения.– М.: Изд-во стандартов, 1982.
- Стельмашенко В. И. Методы и средства исследований в процессах оказания услуг: учеб.пособие / В.И. Стельмашенко, Н.В. Воронцова, Т.Н. Шушунова. – М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2007.
- Патент 2311637 Российская Федерация: МПК G 01N 33/36 Способ определения анизотропии изменений линейных размеров тканей при раскрое (разрезании)/ Л.В. Морилова, Н.А. Смирнова, Т.А. Колмогорова [и др.]; заявитель и патентообладатель Костромской гос. технол. ун-т. - № 2006111149/12; заяв.05.04.2006; опубл. 27.11.2007, Бюл. №33. – 7с.: ил.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 05.06.08.

УДК 677.021.151.254/256

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ НЕДОРАБОТАННОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА
В ПРОЦЕССЕ ЕГО ТРЕПАНИЯ**

С.В. БОЙКО

(Костромской государственной технологической университет)

Решение задачи по совершенствованию технологий обработки недоработанных пряжей должно базироваться на выявлении причин их образования и установлении закономерностей изменения показателей качества волокна при его переработке. Это требует создания моделей, связывающих условия обработки и показатели качества обрабатываемого материала. К числу последних относят: доля потери волокна Y_1 , %; степень удаления костры Y_2 , %; уровень осветления волокна Y_3 , отн. ед.; линейная плотность горсти по участкам Y_4 , ктекс; линейная плотность волокна по участкам Y_5 , текс.

В отличие от [1] предложено создание более универсальных регрессионных моделей изменения приведенных выше пока-

зателей качества обработки недотрепаного льна, а именно их зависимости от четырех исходных факторов: количества воздействий X_1 , осуществляемых в процессе трепания, %; группа цвета волокна X_2 , определяемая степенью вылежки тресты, из которой получено волокно; длины пряжи недоработанного волокна X_3 , см; участка пряжи по ее длине X_4 . При получении моделей использовали экспериментальный материал, представленный в [1]. Решение осуществляли, используя многофакторный регрессионный анализ, реализованный с применением программы «Statistika». В итоге была получена совокупность многофакторных регрессионных моделей второго порядка:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 10^{-3}(-9,31 X_1 + 515,34 X_2 + 43,59 X_3 + 159,80 X_4 - 1,95 X_4^2) - 4,7756, \\ Y_2 &= 10^{-3}(21,69 X_1 + 0,12 X_1^2 + 95,23 X_2 + 6,60 X_3 + 53,33 X_4 - 0,59 X_4^2) - 0,4851, \\ Y_3 &= 10^{-3}(-0,13 X_1 - 4,76 X_2 + 5,96 X_3 + 10,75 X_4 - 0,14 X_4^2) - 0,2659, \\ Y_4 &= 10^{-3}(-70,80 X_1 + 2307,20 X_2 + 313,30 X_3 + 1940,60 X_4 - 23,70 X_4^2) - 31,0304, \\ Y_5 &= 10^{-3}(-3,80 X_1 - 1643,98 X_2 + 101,21 X_3 + 273,36 X_4 - 3,62 X_4^2) - 0,24389. \end{aligned} \quad \} (1)$$

Оценка адекватности полученных моделей позволила установить, что модели (1) эффективно аппроксимируют экспериментальные данные при 95%-ном уровне доверительной вероятности. Применительно к каждой модели показателя каче-

ства, используя критерий Стьюдента, была проведена оценка значимости каждого из исследуемого фактора. Результаты расчета представлены на рис. 1 в виде диаграммы.

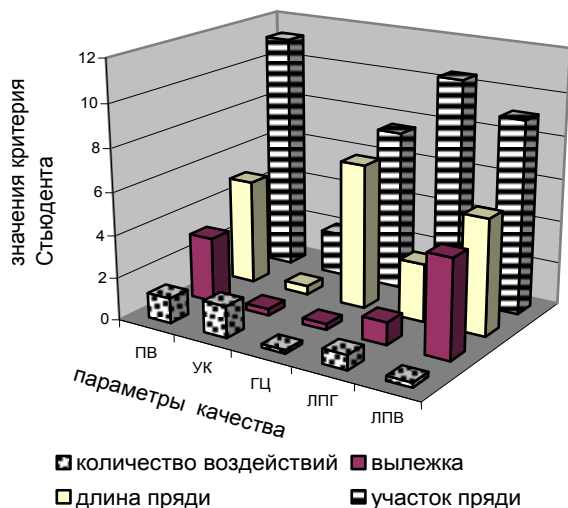


Рис.1

Из анализа диаграммы следует, что в наибольшей степени на все оценочные показатели качества влияет фактор участка пряжи по ее длине. Вторым по значимости является фактор первоначальной длины пряжи недоработанного волокна. Третьим по значимости является фактор группы

УДК 677.021

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВЕРХНЕГО ВАЛКА РИФЛЕННОЙ ПАРЫ ПРИ ПРОМИНЕ ЛЬНА

С.Е.МАЯНСКИЙ, А.А.БАРИНОВ, Е.Л.ПАШИН

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

В процессе промина льна верхние валки мяльных пар мяльной машины совершают вынужденные колебания. При этом наблюдаются как прямолинейные [1], [2], так и угловые их перемещения [3]. Причинами, вызывающими эти колебания, являются неровнота по толщине стеблевого слоя, статическая и динамическая неуравновешенность, биения рифлей верхнего и нижнего валков и др.

В работе [4] проведена оценка влияния кинематических возмущений валков при промине льняной тресты на глубину захождения рифлей и на изменение структурных параметров слоя. Рассмотрим теперь,

цвета волокна, определяемой степенью вылежки тресты, из которой получено волокно.

ВЫВОДЫ

Предложены регрессионные уравнения, определяющие изменение основных показателей качества недоработанного льняного волокна, применение которых позволяет прогнозировать качество волокна перед его трепанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко С.В., Пашин Е.Л. Исследование свойств недотрепаного волокна и их изменение в процессе его обработки //Деп. в ВИНТИ 20.11.06 № 1424-В2006, с. 49

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 26.11.08.

как влияют на перемещения верхнего валка его линейные и угловые колебания. Используем формулы для вычисления амплитуд вынужденных прямолинейных А и угловых В колебаний валка [3]:

$$A = \frac{C_{сл} e^{(-J_c \omega^2 + b)} - d C_{сл} \left(\frac{L}{2} - x \right) e}{(-m\omega^2 + a) (-J_c \omega^2 + b) - d^2}, \quad (1)$$

$$B = \frac{(-m\omega^2 + a) C_{сл} \left(\frac{L}{2} - x \right) e - C_{сл} e d}{(-m\omega^2 + a) (-J_c \omega^2 + b) - d^2}, \quad (2)$$

где

$$\Delta(\omega^2) = (-m\omega^2 + a)(-J_c\omega^2 + b) - d^2 \neq 0; \quad (3)$$

$$a = C_1 + C_2 + C_{сл};$$

$$b = \frac{C_1 L^2}{4} + \frac{C_2 L^2}{4} + C_{сл} \left(\frac{L}{2} - x \right)^2;$$

$$d = \frac{C_1 L}{2} - \frac{C_2 L}{2} + C_{сл} \left(\frac{L}{2} - x \right), \quad (4)$$

C_1 и C_2 – жесткости пружин, прижимающих верхний валок к нижнему через стеб-

$$k_{1,2} = \sqrt{\frac{mb + J_c a}{2J_c m}} \pm \sqrt{\frac{(mb + J_c a)^2}{4J_c^2 m^2} - \frac{(ab - d^2)}{J_c m}}. \quad (5)$$

Максимальные перемещения концов верхнего валка для каждой частоты возмущения будут определяться по формуле:

$$A_{1,2} = A \pm \frac{L}{2} B. \quad (6)$$

Расчеты амплитуд колебаний при реальных параметрах технологического процесса показали, что частоты свободных колебаний находятся в области рабочих частот вращения валков. Следствием данного обстоятельства может быть работа системы в режиме резонанса при значительных амплитудах. Это существенным образом скажется на величине захождения рифлей валков и на линейной скорости перемещения комлевых и вершинных участков слоя [7].

Проведенные расчеты выявили еще одно важное обстоятельство: на изменение амплитуды колебаний валка может влиять толщина слоя, а именно ее случайное изменение в процессе перемещения стеблевого потока. В работе [6] было показано, что толщина слоя случайным образом (по нормальному закону) изменяется по его длине и ширине. В этой связи представляет интерес оценка изменения амплитуды отклонения верхнего валка в условиях случайного изменения коэффициента жесткости стеблевого слоя $C_{сл}$ и расстояния x от левого торца валка до утолщения.

левой слой; $C_{сл}$ – жесткость слоя в месте его контакта с валком; x – расстояние от левого торца валка до утолщения; m – масса валка; L – длина валка; J_c – момент инерции валка относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно оси вращения валка; e – максимальная величина биения валка.

Значения двух частот свободных колебаний находятся из биквадратного уравнения [5]:

Был проведен машинный расчет амплитуды вынужденных прямолинейных A и угловых B колебаний валка, которые могут проявиться при случайном изменении величин $C_{сл}$ и x при определенной частоте вращения валка. В качестве значений математического ожидания были выбраны значения $C_{сл} = 5,26 \cdot 10^5$ Н/м; $x = 0,3$ м. В качестве значений стандартных отклонений (СО) были приняты значения $\sigma_C = 1 \cdot 10^5$ Н/м; $\sigma_x = 0,1$ м. Количество случайных комбинаций при расчете принято равным 1000. Дисбаланс валка $e = 2$ мм.

Было реализовано два варианта расчетов. Первый из них основывался на случайном изменении только коэффициента жесткости слоя $C_{сл}$, во втором варианте случайными величинами одновременно являются $C_{сл}$ и x . Частоту вращения валков приняли равной 135 рад/с.

Картина изменения суммарной амплитуды колебаний верхнего валка по первому варианту расчетов приведена на рис. 1 (плотность распределения суммарных амплитуд колебаний верхнего валка при случайном изменении $C_{сл}$).

Из анализа полученной графической зависимости следует, что случайное изменение жесткости стеблевого слоя приводит к случайному изменению суммарной амплитуды колебаний. Ее математическое ожидание составляет 14 мм, СО равно

61 мм. При этом вероятность возникновения амплитуды более 20 мм (примерная высота рифлей валка) находится в пределах 38%.

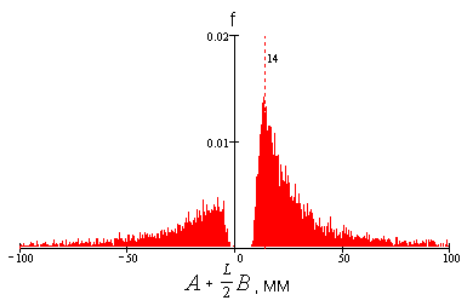


Рис. 1

При втором варианте расчета, когда случайным образом изменялись обе величины $C_{сл}$ и x , были получены иные результаты (рис. 2 – плотность распределения суммарных амплитуд колебаний верхнего валка при случайном совместном изменении $C_{сл}$ и x).

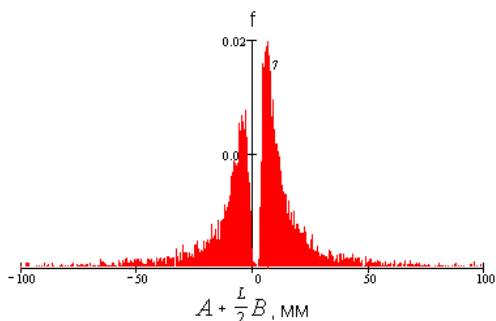


Рис. 2

Установлено также случайное изменение суммарных амплитуд колебаний. Однако их значения меньше, чем в первом варианте. Математическое ожидание составляет 7 мм, СО составляет 31 мм. Вероятность возникновения амплитуды более 20 мм составляет $\approx 15\%$. Снижение доли возникновения указанных амплитуд, вероятно, связано с компенсирующим действием угловых колебаний.

Полученные результаты расчетов подтверждают факт о возможности случайного изменения глубины захождения рифлей за счет возрастания амплитуды колебаний верхнего валка. При этом изменение параметра x , в основном определяющего долю угловых перемещений валка, существен-

ным образом влияет на величину его колебаний. Неучет последствий этих колебаний по [1] будет приводить к ошибкам при определении характеристик динамических явлений при промине. Заметим, что из-за этих же колебаний может случайным и существенным образом меняться периметр излома стебля. Это будет вызывать неопределенное смещение слоя тресты при выходе ее из мяльной машины по отношению к линии зажимного транспортера трепальной машины. Такой результат согласно [7] в конечном итоге будет способствовать снижению выхода длинного волокна.

ВЫВОДЫ

1. Интегрированный учет прямолинейных и угловых перемещений верхнего валка мяльной пары при его колебаниях приводит к меньшей вероятности возникновения амплитуд колебаний, равных и больших по величине высоты рифлей валков, в сравнении с вариантом учета только прямолинейных перемещений.

2. Прямолинейные и угловые перемещения верхнего валка, вызываемые неровнотой по толщине слоя льна и биениями самого валка, могут приводить к значительному росту амплитуды колебаний и, как следствие, к случайному изменению величины периметра излома стеблей, влияющего на их пригодность к трепанию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьячков В.А., Корабельников Р.В. Динамические явления при изломе стеблей в мяльной паре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 5. С. 19...23.
2. Маянский С.Е. Влияние биений рифлей нижнего валка на амплитуду колебаний верхнего валка мяльной пары // Вестник КГТУ. – 2007, № 15. С. 55...57.
3. Маянский С.Е. Прямолинейные и угловые перемещения верхнего валка мяльной пары при колебаниях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 6.
4. Маянский С.Е., Баринов А.А., Пашин Е.Л. Влияние кинематических возмущений валков при промине льняной тресты на глубину захождения рифлей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 4С.

5. Маянский С.Е. Свободные колебания верхнего вальца мяльной пары // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С. С. 84...88.

6. Трегубова Е.В., Пашин Е.Л. Анализ особенностей структуры слоя льняной тресты после слоетонения // Вестник ВНИИЛК. – 2005, №2. С. 45...48.

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

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 20.03.08.

УДК 677.051.152.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СЪЕМА ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА С ЗУБА ПИЛЫ МЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ В ПРОЦЕССЕ ПИЛЬНОГО ДЖИНИРОВАНИЯ

Р.Ф. ЮНУСОВ

(ОАО «Paxta tozalash»)

Проведенные исследования производственных процессов хлопкоочистительных заводов, в частности, пильных джинов, показали, что в настоящее время из-за применения пневматического съема волокна наблюдается неполный съем волокна с зубьев пил. Это волокно возвращается в рабочую камеру и теряется вместе с отджинированными семенами. Использование пневматики, потребности трубопроводов, воздушных циклонов и т.д. – все это ведет к большому расходу электроэнергии

По этим причинам целесообразно в пильных джинах использование механического съема. Для применения в пильных джинах механического съемника волокна в первую очередь необходимо определить соотношение скоростей пилы и щеточного барабана для обеспечения полноты съема. Поэтому рассмотрим механическую систему, состоящую из пилы, вращающейся щетки и хлопкового волокна (рис. 1).

На рис.1 использованы следующие обозначения: r_1 – радиус пилы; r_2 – радиус щетки; $m_{вр,z}$ – вращающий момент; z – ось вращения; ω_1 и ω_2 – соответственно угловые скорости пилы и щетки.

Для решения поставленной задачи применим теорему об изменении главного момента количества движения относительно неподвижной оси z ;

$$\frac{dL_z}{dt} = \sum_{k=1}^n m_z(F_k^e), \quad (1)$$

где L_z – главный момент количества движения относительно неподвижной оси z ; $m_z(F_k^e)$ – вращающий момент силы F_k^e относительно оси z . Вычислим L_z по формуле

$$L_z = L_z^{(1)} + L_z^{(2)}. \quad (2)$$

Здесь

$$L_z^{(1)} = I_z \dot{\phi}_1, \quad (3)$$

где $\dot{\phi}_1$ – угловая скорость хлопкового волокна.

В точке С совершается контакт пилы и щетки. Поэтому участвующие величины обозначены через индекс «С».

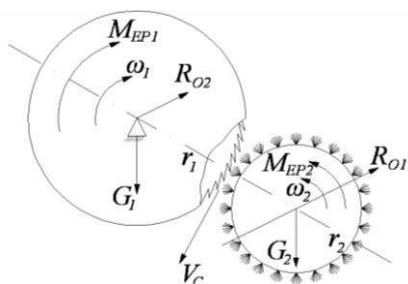


Рис.1

Так как щетка 2 совершает плоское движение, то применим формулу

$$L_{z0}^{(2)} = L_{zC}^{(2)} + m_{z0}(Q_C^{(2)}). \quad (4)$$

Имеем

$$L_{z0}^{(2)} = I_C^{(2)} \omega_{2z}.$$

С учетом того, что

$$I_C^{(2)} = m_2 r_2^2,$$

а

$$\omega_{2z} = \frac{r_1 + r_2}{r_2} \dot{\phi}_2,$$

получим

$$L_{z0}^{(2)} = m_2 r_2 (r_1 + r_2) \dot{\phi}_2 + m_B r_2 \dot{\phi}_2. \quad (5)$$

Далее:

$$m_{z0}(Q_C^{(2)}) = m_{z0}(m_2 \vartheta_C).$$

$$L_z = [I_z + m_2(r_1 + r_2)(r_1 + 2r_2)] \dot{\phi}_2 + m_B r_2 \dot{\phi}_2. \quad (8)$$

В процессе съема хлопка с зуба пилы учитывается сила упругости хлопкового волокна. Тогда потенциальная энергия

$$П = \frac{1}{2} C_b \Delta_1^2 - \frac{1}{2} C_b \Delta_0^2.$$

При движении хлопка в зубе $\Delta_0^2 = \Delta_{ст}^2$, при взаимодействии зуба со щеткой

$$\Delta_1 = \Delta_{ст} + a \sin \varphi.$$

При малых углах φ с учетом $\sin \varphi \approx \varphi$, получаем:

$$П = \frac{1}{2} C_b \sin \varphi (2 \Delta_{ст} + a \sin \varphi).$$

Поскольку

$$\vartheta_C = (r_1 + r_2) |\dot{\phi}_2|,$$

то (рис.1):

$$m_{z0}(Q_C^{(2)}) = m_2 (r_1 + r_2)^2 \dot{\phi}_2. \quad (6)$$

Подставив (5) и (6) в формулу (4), находим

$$L_{z0} = (r_1 + r_2) \varphi_2 m_2 (r_2 + 1) + m_B \vartheta_2 \dot{\phi}_2.$$

Если рассматривается в точке С $\varphi_1 = \varphi_2$ и $m_B = 0$, тогда

$$L_{z0}^{(2)} = m_2 (r_1 + r_2) (r_1 + 2r_2) \dot{\phi}. \quad (7)$$

Предполагается, что в точке «С» начинается съем хлопкового волокна. Поэтому изучаем механику процесса в точке «С». Подставив значения (3) и (7) в формулу (2), получим главный момент количеств движения системы относительно оси z:

К механизму приложены внешние силы: $P_1 = M_1 g$ – сила тяжести зуба пилы; $P_2 = M_2 g$ – сила тяжести щетки 2; вращающий момент $m_{вр}$, R_{01} , и R_{02} – составляющие реакции неподвижной оси z_0 , $R_p = R_{p1} + F_{упр}$; здесь R_p – реакция щетки, $F_{упр} = C_b (\Delta_1 - \Delta_0)$, в результате имеем:

$$\sum m_{z0}(F_k^e) = m_{врz} - R_p r_1. \quad (9)$$

Подстановка (8) и (9) в уравнение (1) дает

$$[m_b r_2 + I_z + M_2(r_1 + r_2)(r_1 + 2r_2)]\ddot{\phi} = m_{\text{впз}} - R_p r_1. \quad (10)$$

Мы не можем из уравнения (10) определить искомое угловое ускорение $\ddot{\phi}$ кривошипа, ибо не известен модуль реакции R_p . Поэтому для исключения R_p из уравнения (10) надо дополнительно применить к шестке 2 одну из общих теорем, например, теорему об изменении главного момента количества движения в относительном движении по отношению к центру масс:

$$\frac{dL_{zC}}{dt} = \sum_{k=1}^n m_{zC}(F_k^e). \quad (11)$$

Учитывая, что $\sum_{k=1}^n m_{zC}(F_k^e) = R_p r_2$,

$$\phi = \frac{m_{\text{впз}}}{I_z + 2M_2(r_1 + r_2) + 2m_b r_2^2} \frac{t^2}{2} + C_1 t + C_2.$$

При нулевых начальных условиях, то есть при $t=0$, $\phi=0$ и $\dot{\phi}=0$, из последних двух выражений получим $C_1=0$, $C_2=0$ и для закона вращения получим:

$$\phi = \frac{m_{\text{впз}}}{I_z + 2M_2(r_1 + r_2) + 2m_b r_2^2} \frac{t^2}{2}.$$

Решим эту задачу с помощью теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме:

$$dT = \sum_{k=1}^n \delta A_k. \quad (14)$$

Кинетическая энергия системы равна

$$T = T^{(OC)} + T^{(2)}. \quad (15)$$

В результате имеем

$$T^{(OC)} = \frac{1}{2} I_z \dot{\phi}^2. \quad (16)$$

после сокращения на r_2 получим:

$$\{m_b r_2 + M_2(r_1 + r_2)\}\ddot{\phi} = R_p. \quad (12)$$

Теперь, исключив R_p из системы уравнений (11) и (12), находим искомое угловое ускорение:

$$\ddot{\phi} = \frac{m_{\text{впз}}}{I_z + 2M_2(r_1 + r_2) + 2m_b r_2^2}. \quad (13)$$

Решим это дифференциальное уравнение. Непосредственно интегрируя два раза, получим:

$$\dot{\phi} = \frac{m_{\text{впз}}}{I_z + 2M_2(r_1 + r_2) + 2m_b r_2^2} t + C_1,$$

Далее

$$T^{(2)} = \frac{1}{2} M_2 \vartheta_C^2 + \frac{1}{2} I_C \omega_2^2 + \frac{1}{2} m_b \vartheta_c^2,$$

так как

$$I_C = M_2 r_2^2, \quad \vartheta_C = (r_1 + r_2)|\dot{\phi}| + r_2|\dot{\phi}|r,$$

а

$$\omega_2 = \frac{r_1 + r_2}{r_2} |\dot{\phi}|,$$

то

$$T^{(2)} = M_2(r_1 + r_2)^2 \dot{\phi}^2 + \frac{1}{2} m_b \vartheta_c^2. \quad (17)$$

Подставив (15) и (16) в формулу (5), получим

$$T = \frac{1}{2} [I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2] \dot{\phi}^2 + \frac{1}{2} m_b \vartheta_c^2. \quad (18)$$

Элементарная работа внешних сил на угловом перемещении $d\varphi$ системы равна:

$$\sum \delta A_k = m_{\text{впз}} d\varphi. \quad (19)$$

В выражение (19) реакция R_p не вошла, ибо $\delta A(R_p) = R_p dr_p = R_p v_p dt = 0$.

Отсутствие в (19) силы R_p значительно упрощает решение задачи.

Внеся значения (18) и (19) в уравнение (4), имеем:

$$\left[I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2 \right] \dot{\varphi} d\varphi = m_{\text{впз}} d\varphi. \quad (20)$$

Учитывая, что $m_{\text{впз}} = \text{const}$, непосредственно интегрируя последнее уравнение, получим:

$$\left[I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2 \right] \frac{\dot{\varphi}^2}{2} = m_{\text{впз}} \varphi + C_1.$$

Или, разрешая последнее уравнение относительно $\dot{\varphi}$:

$$\dot{\varphi} = \left[\frac{2m_{\text{впз}}}{\left[I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2 \right] \varphi + C_1'} \right]^{1/2}. \quad (21)$$

Здесь

$$C_1' = \frac{2C}{I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2}.$$

Разделяя переменные

$$\frac{d\varphi}{\left[\frac{2m_{\text{впз}}}{\left[I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2 \right] \varphi + C'} \right]^{1/2}} = dt$$

и еще раз интегрируя, получим

$$2 \left[\frac{2m_{\text{впз}}}{\left[I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2 \right] \varphi + C'} \right]^{1/2} = t + C_2, \quad (22)$$

где C_2 – постоянная интегрирования.

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 найдем из начальных условий: при $t=0$, $\varphi=0$, $\dot{\varphi}=0$. Подставляя эти условия в уравнения (21), (22), получим $C_1=0$, $C_2=0$.

Отсюда получим искомый закон вращения:

$$2 \left[\frac{2m_{\text{впз}}}{\left[I_z + 2M_2(r_1 + r_2)^2 \right] \varphi} \right]^{1/2} = t.$$

Приняв во внимание, что $\dot{\varphi} d\varphi = \frac{d\varphi}{dt} d\varphi = \dot{\varphi} d\varphi$, после сокращения уравнения (20) на $d\varphi$ получим искомое угловое ускорение $\ddot{\varphi}$ (см. формулу (14)). Для получения численных результатов составлен алгоритм и блок-схема. Исследовано уравнение $\Omega^* = \omega_2 / \omega_1$ в зависимости от $m^* = m_b / m_{\text{ц}}$. Результаты расчетов приведены на рис.2 (зависимость массы снимаемого с пилы хлопкового волокна от соотношения угловых скоростей пильного цилиндра и щеточного барабана). Из рис.2 видно, что щетка эффективно снимает хлопковое волокно в области $1,5 \leq \Omega \leq 2,5$. Это означает, что $\omega_2 = 2\omega_1$.

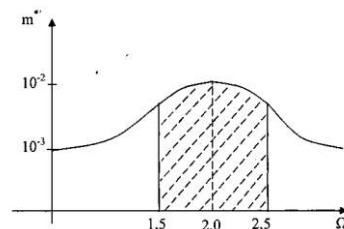


Рис.2

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования работы пильных джинов показали, что в настоящее время из-за применения пневматического съема волокна наблюдается неполный съем волокна с зубьев пил, и это волокно возвращается в рабочую камеру и теряется вместе с отджинированными семенами.

2. Для полного съема волокна с зубьев пил соотношения скоростей пильного цилиндра и щеточного барабана должны быть в пределах 1,5...2,5 раза.

1. Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел. – М.: Наука, 1969.

2. Кельзон А.С., Урманский Ю.П., Яковлев В.И. Динамика роторов в упругих опорах. – М.: Наука, 1982.

Рекомендована отделом джинирования ОАО «Рахта тозалаш». Поступила 20.03.08.

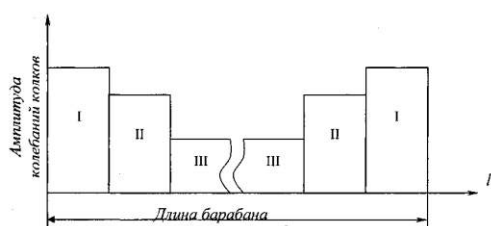
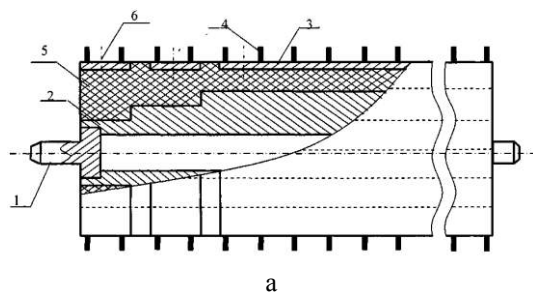
УДК 677.21

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛКОВОГО БАРАБАНА ОЧИСТИТЕЛЯ МЕЛКОГО СОРА

ДЖ.Ю.МИРАХМЕДОВ

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Для повышения эффективности и уменьшения кратности очистки хлопка от мелких сорных примесей рекомендуется новая конструкция [1] составного рыхлительного барабана (рис.1 – схема колкового барабана).



б
Рис.1

Сущность конструкции поясняется чертежами, где на рис.1-а – общий вид рыхлительного барабана, на рис.1-б – график изменения амплитуды колебаний колков барабана по его секциям.

Конструкция барабана состоит из вала 1, закрепленного на нем ступенчатого внутреннего цилиндра 2, секций 3 с колками 4 наружного цилиндра, упругого элемента 5 (резина) и винтов крепления 6. Конструкция работает следующим обра-

зом: при вращении барабана колки 4 взаимодействуют с хлопком-сырцом, захватывают и протаскивают их по сетчатой поверхности (на рис.1 не показано). При этом на колки 4 действуют силы сопротивления движению от хлопка-сырца. Из-за упругого основания под наружными цилиндрическими секциями 3 эти секции с колками 4 совершают определенные колебания. Амплитуда и частота колебаний колков 4 зависит от толщины резины 5, массы секции 3, возмущающей силы от хлопка. В средней секции 3 упругий элемент 5 имеет наименьшую толщину и поэтому колки 4 данной секции 3 совершают колебания с наименьшей амплитудой (рис.1-б, III), но с большой частотой. Здесь высокочастотные колебания колков 4 с наименьшей амплитудой позволяют эффективно выделять сорные примеси из хлопка. В крайних секциях 3 упругий элемент 5 имеет наибольшую толщину и поэтому секция 3 с колками 4 совершает колебания с наибольшей амплитудой (рис.1-б, I) и меньшей частотой. При этом протаскиваемый колками 4 хлопок подвергается также колебаниям с большей амплитудой, снижая тем самым, в какой-то степени, торможение хлопка из-за трения о боковые стенки очистителя. В итоге хлопок, протаскиваемый колками 4 рыхлительного барабана, разрыхляется и очищается от сорных примесей более равномерно по его длине. Количество секций и ступеньки выбраны так, чтобы в каждой секции было установлено как минимум два

круговых ряда колков. В существующей конструкции очистителя самая большая линейная скорость продвижения слоев хлопка приходится на середину рыхлительного барабана, а в предлагаемой конструкции из-за обеспечения колебаний секций с увеличивающейся амплитудой от середины к краям барабана линейная скорость движения хлопка в некоторой степени выравнивается, и тем самым эффект очистки хлопка также становится равномерным по длине рыхлительного барабана.

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 = M_y \sin \omega t - c(\varphi_1 - \varphi_2) - b(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \quad (1)$$

$$J_2 \ddot{\varphi}_2 = b(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - c(\varphi_1 - \varphi_2) - M_c,$$

где J_1, J_2 – моменты инерций внутреннего цилиндра и секции (колка) колкового барабана; φ_1, φ_2 – угловые перемещения внутреннего цилиндра и секции; c, b – коэффициенты жесткости и диссипации упругого элемента; M_y – амплитуда возмущения в установившемся режиме; M_c – сопротивление от протаскиваемого хлопка-сырца.

Для определения колебаний системы в установившемся режиме решение системы (1) запишем в виде:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= A \sin \omega t + B \cos \omega t, \\ \varphi_2 &= C \sin \omega t + D \cos \omega t. \end{aligned} \quad (2)$$

Для определения произвольных постоянных A, B, C, D получили соответствующие уравнения. В окончательном виде имеем выражения для определения амплитуд колебаний внутреннего цилиндра и соответствующей секции с колками барабана:

$$\varphi_1 = \sqrt{A^2 + B^2}; \quad \varphi_2 = \sqrt{C^2 + D^2}, \quad (3)$$

Для определения амплитуды угловых колебаний наружных цилиндров, состоящей из секций 3 с колками 2, проведены теоретические исследования. Колковый барабан рассматривали как двухмассовую систему для каждой секции. При этом дифференциальные уравнения, описывающие динамику системы в установившемся режиме, имеют вид:

где

$$A = \frac{M_y}{k} \left[(c - J_1 \omega^2) (J_2^2 \omega^4 + b^2 \omega^2) - J_2 b^2 \omega^4 \right],$$

$$B = \frac{M_y}{k} b J_2^2 \omega^5,$$

$$C = \frac{M_y}{k} \left[(c - J_1 \omega^2) b^2 \omega^2 - J_2 b^2 \omega^4 \right],$$

$$D = \frac{M_y}{k} J_2 b \omega^2 (c - J_2 \omega^2),$$

$$k = \begin{vmatrix} c - J_1 \omega^2 & -b\omega & 0 & b\omega \\ b\omega & c - J_1 \omega^2 & -b\omega & 0 \\ 0 & b\omega & -J_2 \omega^2 & -b\omega \\ -b\omega & 0 & b\omega & -J_2 \omega^2 \end{vmatrix}.$$

Численное решение задачи осуществлено при следующих значениях параметров: $M_y = 2,0 \div 2,5$ Н·м; $\omega = 30 \div 40$ с⁻¹;

$c = 350 \div 450$ Нм/рад; $b = 12 \div 14$ Н·м·с/рад.

При значениях $J_2 = 0,18 \div 0,25$ кгм² амплитуда колебаний

$$\varphi_2 = (0,06 \div 0,1) \text{ рад},$$

а при $J_2 = 0,1 \div 0,12 \text{ кгм}^2$:

$$\varphi_2 = (0,04 \div 0,07) \text{ рад.}$$

С увеличением значений жесткости упругого элемента амплитуды колебаний φ_1 и φ_2 уменьшаются.

ВЫВОДЫ

Рекомендована новая составная конструкция колкового барабана и получены формулы для расчета амплитуды колеба-

ний колков в установившемся режиме движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирахмедов Дж. и др.* Рыхлительный барабан очистителя волокнистого материала. Патент Рес.Уз. №FAP 20070080, 2008 г.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и деталей машин. Поступила 29.10.08.

УДК 677. 21.021

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРЕЖЕНИЯ СЛОЯ ХЛОПКА-СЫРЦА В ПИТАТЕЛЕ ОЧИСТИТЕЛЯ МЕЛКОГО СОРА

Х.И. ИБРОГИМОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Гаджикский технический университет им. академика М.С.Осими,
Костромской государственный технологический университет)

Основными рабочими органами питателей-очистителей хлопка-сырца от мелко-го сора 1-ХК(СЧ-01,СЧ-02 и 6А-12М1) являются шахта, питающие валики, имеющие регулируемый привод, и рыхлительный-приемный рабочий орган в виде колкового или колково-планчатого барабана рис.1-а. Из шахты 1 при помощи питающих валиков 2 хлопок-сырец уплотняется и подается в виде холста (под холстом подразумевается уплотненная масса хлопка-сырца в пространстве между питающими валиками и колковым барабаном) на вращающийся с большой частотой рыхлительный колковый барабан 3. Колки 4 рыхлительного барабана 3 за счет ударных воздействий захватывают нижний конец холста и отрывают от него клочки хлопка-сырца в виде группы взаимосвязанных летучек (или одиночных летучек) и затем протаскивают их по сетчатой или колосниковой решетке.

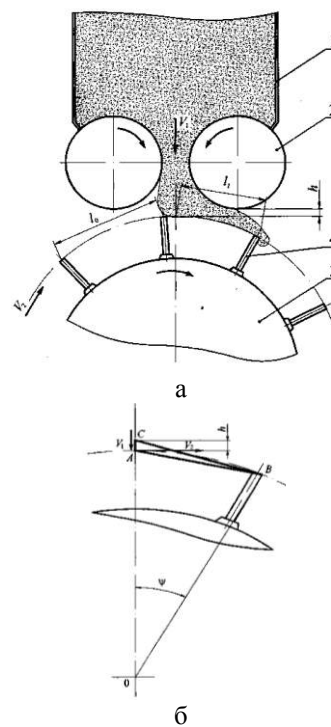


Рис.1

На рис.1-б показана схема взаимодействия колков с холстом, где V_1 – скорость подачи хлопка-сырца; V_2 – линейная скорость колкового барабана.

При взаимодействии колкового барабана с холстом происходят следующие процессы, определяющие качество хлопко-сырца и хлопкового волокна, как при очистке, так в дальнейшем при дженировании. К этим процессам относятся:

- разукрупнение (разрежение) холста на отдельные клочки или отдельные летучки;
- удлинение связей между летучками;
- зажгучивание волокнистых связей из-за нецентрального ударного воздействия колков по летучкам;
- выделение сора;
- повреждение семян.

Механизмы этих процессов характерны и для других очистителей и машин первичной обработки хлопка. В этой связи рассмотрение данных процессов, получение математических и других моделей позволяют распространять их и на другие операции, связанные с очисткой хлопко-сырца.

Изучение процессов разукрупнения хлопко-сырца в очистителях рассматривалось в работах [1...6]. В исследованиях профессора Бурнашева Р.З. [1] подробно изучен структурный состав и кинетика его изменения в основном применительно к очистителям крупного сора. Им изучено изменение структуры хлопко-сырца на очистителях ОХ-2, ЧХ-3М1 и ЧХ-3М2 Мехнат. Как следует из [1], большинство частиц хлопко-сырца состоят из 2...4 летучек. Бурнашев Р.З. считает [1], что показатель структуры хлопко-сырца может служить критерием эффективности очистительного эффекта. С этим можно согласиться.

Для раскрытия влияния технологических параметров рабочих органов питающей секции проведем теоретические исследования, за основу которых возьмем методику, изложенную в работе [2]. При составлении математической модели были приняты следующие допущения:

- хлопок-сырец при помощи питающих валков подается на колковый барабан с постоянной скоростью;
- взаимодействие колков барабана с хлопком-сырцом при его разрезании происходит в зоне упругопластических деформаций;
- выделение сора в процессе разрезания при составлении модели не учитывается;
- удар колка о летучку будем считать неупругим.

Рассмотрим схему питающей секции очистителя, изображенную на рис.1-а и б. Как видно из рисунка, борода, захваченная колком, деформируется. Растяжение бородки может быть выражено равенством

$$l_1 = l_0(1 + \varepsilon), \quad (1)$$

где l_0 – длина недеформированной бородки; l_1 – длина деформированной бородки; ε – относительная деформация бородки.

Относительная деформация может быть выражена как

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (2)$$

где $\Delta l = l_1 - l_0$ – величина абсолютной деформации.

Воспользуемся выражением для ряда Тейлора:

$$f(x) = f_0 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_0} \right) \Delta x + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_0^2} \right) \Delta x^2 + \dots \quad (3)$$

Примем $f_{(x)} = \varepsilon$, $f_0 = \varepsilon_0$ – деформация при статическом растяжении, $x = t$, тогда

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}. \quad (4)$$

С учетом выражения (2) получим:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{l_0} \frac{\partial(\Delta l)}{\partial t} = \frac{1}{l_0} V_d, \quad (5)$$

где V_d – скорость деформации бородки.

С учетом (5) выражения для ε , разложенной в ряд Тейлора будет

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{V_d}{\ell_0} \Delta t + \dots \quad (6)$$

В выражении (6) ограничились первыми двумя членами ряда. Теперь выражение (1) можно записать:

$$\ell_1 = \ell_0 \left(1 + \varepsilon_0 + \frac{V_d}{\ell_0} \Delta t \right). \quad (7)$$

Формула (7) справедлива для пластической деформации. Для учета упругих свойств в [2] вводится поправочный коэффициент k , учитывающий упругую составляющую деформацию (находится из опытных данных).

По рекомендациям [2] коэффициент $k = 0,03 \div 0,01$.

$$\ell_1 = \ell_0 \left(1 + \varepsilon_0 + k \frac{V_d}{\ell_0} \Delta t \right). \quad (8)$$

Скорость деформации может быть определена из выражения, описывающего геометрическую сумму векторов скоростей подачи материала питающими валиками V_1 и скорости колкового барабана V_2 :

$$V_d = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}. \quad (9)$$

Если выразить ℓ_0 через зазор между питающими валиками и колковым барабаном как

$$\ell_0 = h + \Delta h = h + V_1 \Delta t, \quad (10)$$

то из (10) можно определить Δt :

$$\Delta t = \frac{\ell_0 - h}{V_1}. \quad (11)$$

С учетом (11) выражение (8) примет вид:

$$\ell_1 = \ell_0 \left(1 + \varepsilon_0 + k \frac{V_d}{\ell_0} \frac{(\ell_0 - h)}{V_1} \right). \quad (12)$$

Считая, что статическая деформация очень мала, то есть $\varepsilon_0 = 0$, будем иметь:

$$\ell_1 = \ell_0 \left(1 + k \frac{V_d}{\ell_0} \frac{(\ell_0 - h)}{V_1} \right). \quad (13)$$

Здесь величина ℓ_1 характеризует динамическую растянутость бородки от момента захвата до отрыва. Чем больше ℓ_1 , тем меньше частиц отделяется от холста, тем больше разукрупнение и тем легче будет выделяться сор. Из уравнения (13) можно найти технологический зазор h :

$$h = \frac{\ell_0 \left[\left(1 - \frac{\ell_1}{\ell_0} \right) + k \frac{V_d}{V_1} \right]}{k \frac{V_d}{V_1}}. \quad (14)$$

Если считать поток хлопка-сырца непрерывным, то изменение его плотности по ходу потока при одинаковой ширине можем записать [4]:

$$\mu_1 V_1 = \mu_2 V_2, \quad (15)$$

где μ_1 и μ_2 – плотности потока до и после разрезания.

Условно (15) можно выразить через линейные плотности:

$$\rho_0 \ell_0 = \rho_1 \ell_1, \quad (16)$$

где ρ_0 – линейная плотность холста; ρ_1 – линейная плотность бородки после отрыва.

Если выразить ℓ_1 через массу, то

$$\ell_1 = \frac{m_1}{\rho_1}, \quad (17)$$

где m_1 – масса единицы длины разрезаемого слоя.

Возвращаясь к формуле (8), можно записать, что при

$$\ell_0 = \ell_1 \frac{\rho_1}{\rho_0} \text{ и } \ell_1 = \ell_0 \frac{\rho_0}{\rho_1},$$

формула (8) примет вид:

$$\ell_1 = \ell_0 \frac{\rho_1}{\rho_0} \left(1 + k \frac{V_d}{\ell_0} \Delta t \right). \quad (18)$$

Отсюда найдем линейную плотность разреженного потока хлопка-сырца:

$$\rho_1 = \frac{\rho_0}{\left(1 + k \frac{V_d}{\ell_0} \Delta t \right)}. \quad (19)$$

С учетом (11), (12) и (13) получим

$$\rho_1 = \frac{\rho_0}{\left(1 + k \frac{V_d}{\ell_0} \frac{(\ell_0 - \ell_1)}{V_1} \right)}. \quad (20)$$

Выражение (20) характеризует зависимости линейной плотности разрезаемого потока хлопка-сырца от скорости деформации, скорости питающих валков и плотности холстика, подаваемого в зону очистки.

Анализируя выражение (20), можно видеть, что наибольшее влияние на процесс разукрупнения – разрежения оказывает скорость деформации, главной составляющей которой является скорость колкового барабана. До каких пределов можно разрыхлять хлопок-сырец перед подачей его в очиститель? Учитывая специфику хлопка-сырца, в котором наименьшей

структурной частицей является летучка (одиночное семечко с закрепленным на нем волокном) – поток разрезаемого хлопка-сырца должен состоять, по возможности, из одиночных летучек.

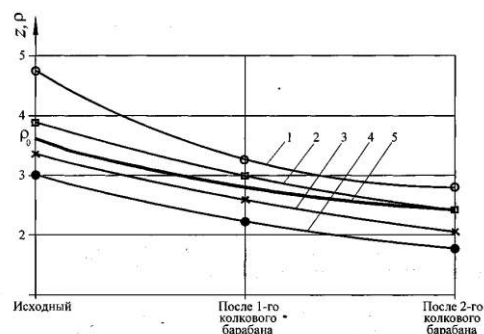


Рис.2

На рис.2 представлен график кинетики изменения структурного состава хлопка-сырца по переходам [1]. Там же показан характер изменения плотности потока хлопка-сырца. По оси ординат отложено: z – среднее число летучек в частицах хлопка-сырца; ρ – плотность потока хлопка-сырца.

Кривые 1, 2 соответствуют хлопку-сырцу 1 класса, 1 сорта при $W = 8,5\%$. Кривые 3, 4 соответствуют хлопку-сырцу 2 класса, 1 сорта при $W = 8,5\%$. Кривая 5 соответствует теоретической кривой изменения плотности потока хлопка-сырца, подсчитанной по формуле (20) при $k = 0,03$, $V_d = 10 \text{ м/с}$; $\ell_0 = 130 \text{ мм}$; $h = 10 \text{ мм}$.

Как следует из графиков кинетики изменения структурного состава, воздействия колковых барабанов существенно изменяют структурный состав холста, что подтверждают и теоретические исследования о разукрупнении (разрежении) потока хлопка-сырца.

ВЫВОДЫ

Разработана методика расчета параметров процесса разрежения потока хлопка-сырца при взаимодействии с колковыми барабанами очистителей хлопка от мелкогосора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурнашев Р.З.* Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца: Дис. ... докт. техн. наук. – Ташкент, 1983.

2. *Юсупов Ф.Ш.* Технологические принципы первичной обработки хлопка и реализация основных закономерностей механики при их исследовании и оптимизации: Дис. ... докт. техн. наук. – Ташкент, 1994.

3. *Корабельников Р.В.* Теоретическое и экспериментальное исследование процессов и конструкций рабочих органов машин для переработки тонковолокнистого хлопка-сырца с целью повышения качества и эффективность их работы: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 1981.

4. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна. Монография. – Кострома, 2001.

5. *Лугачев А.Е.* Разработка теоретических основ питания и очистки хлопка применительно к поточной технологии его переработки: Дис. ... докт. техн. наук. – Ташкент, 1998.

6. *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 02.10.08.

УДК 675.051.1

**ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ШЛАНГОВ НА ДИНАМИКУ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ВОЗДУХА
В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ В МАШИНЕ ПСК-225-ШГ**

В.К. РАЗУМЕЕВ, П.М. МОВШОВИЧ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Ф. ФИЛИППЬЕВ

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

На рис. 1 приведена идеальная цикловая диаграмма изменения сжатого воздуха на входе в вихревую камеру. Именно релейное изменение амплитуды давления с минимальной зоной нечувствительности обеспечивает эффективное переключение направления вихря в камерах и получение хорошего качества скручиваемой пряжи при высокой скорости выпуска.

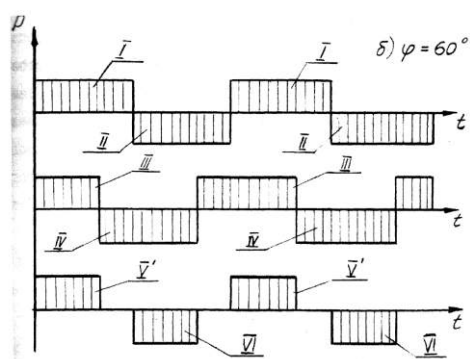


Рис.1

Однако такая форма диаграммы практически нереализуема. Ряд факторов приводит к искажению реальной диаграммы:

- наличие зазора между золотником и корпусом переключателя, что приводит к некоторой инерционности процесса коммутации;

- конечная длина коммуникаций (шлангов) от выходов переключателя ко входам блока вихревых камер.

Если первый фактор рассматривался нами в [1], то второй фактор представляет

собой предмет исследования в настоящей статье.

Действительно, одним из параметров, который может оказывать влияние на форму управляющего сигнала при переключении воздуха в вихревых камерах, является длина шлангов от переключателя до камер.

Точный расчет цепи переключатель-камера представляет сложную задачу, в первую очередь, из-за нелинейности расходных характеристик. Упрощение модели может осуществляться по двум направлениям.

Прежде всего, реальная система с распределенными параметрами заменяется на эквивалентную систему с сосредоточенными параметрами.

Второе упрощение относится к описанию потерь на сопротивление в коммуникациях, а именно к предположению о том, что потери на трение соответствуют ламинарному режиму, а распределение скоростей по сечению – установившемуся состоянию (параболический закон распределения скоростей).

Отклонение фактического течения от расчетного следует компенсировать при помощи поправочного коэффициента, определяемого экспериментальным путем.

С учетом сделанных допущений течение воздуха через коммуникации описывается системой уравнений гидродинамики:

$$\operatorname{div}(\rho v) = -\frac{\partial \rho}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\rho \frac{dv}{dx} + rv = -\frac{\partial \rho}{\partial x}, \quad (2)$$

где v – средняя по сечению скорость воздуха; r – удельное сопротивление; ρ – вязкость воздуха.

Расход через одно сопло камеры приблизительно составляет $1 \text{ м}^3/\text{ч}$, то есть около $280 \text{ см}^3/\text{с}$. При сечении канала $\approx 0,1 \text{ см}^2$ скорость воздуха составляет около 30 м/с , а число Маха менее $0,1$. При таких скоростях можно с погрешностями порядка процента (например, [78], с.70, табл. 17) пренебречь сжимаемостью воздуха. Тогда от общих уравнений (1), (2) можно перейти к уравнениям акустики:

$$\rho_0 \frac{dv}{dx} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}, \quad (3)$$

$$\rho_0 \frac{dv}{dx} = -\frac{\partial \rho}{\partial x} - rv. \quad (4)$$

Здесь ρ_0 – средняя плотность воздуха, которую для ориентировочных расчетов можно принять равной $1,29 \cdot 10^{-4} \text{ сН} \cdot \text{с}^2 / \text{см}^4$.

Указанная модель динамики процесса переключения воздуха в камерах с учетом влияния длины шлангов рассмотрена в работе [2]. Рассмотрим основные результаты, полученные в указанной работе.

Теоретическое исследование показало, что неидеальность переключения (отклонение кривой давления на входе в камеру от кривой давления на выходе переключателя) начинает сказываться на частотах свыше $30 \dots 40 \text{ Гц}$. Поскольку при скорости выпуска пряжи 200 м/мин частота переключения составляет $15 \dots 20 \text{ Гц}$, теоретический анализ подтвердил возможность применения шлангов с длиной порядка $0,5 \text{ м}$.

Теоретические результаты проверялись экспериментальным путем [2]. За критерий качества была выбрана форма кривой набора и спада давления сжатого воздуха на входе в камеру. Варьировались:

- длина коммуникаций,
- частота переключения вихря в камерах,
- давление воздуха,
- расход воздуха.

Оценка качества формы кривой давления проводилась по отношению к математическому ожиданию величины давления и среднему квадратическому отклонению.

Условия проведения эксперимента:

- давление воздуха на входе в камеру: $0,05; 0,08 \text{ МПа}$;
- частота переключения воздуха: $5 \dots 40 \text{ Гц}$;
- длина шлангов от переключателя до камер: $0,25 \dots 1,5 \text{ м}$.

На основании проведенного исследования были получены следующие результаты.

На всем диапазоне частот режим работы переключателя незначительно отличается от оптимального.

С увеличением частоты переключения величина средней ординаты давления уменьшается. Поэтому для получения номинальной крутки при повышенной частоте (соответствующей повышенной скорости выпуска) необходимо корректировать давление на входе в переключатель.

При малых величинах давления длина коммуникаций оказывает незначительное влияние на работу камер. При давлении $0,08 \text{ МПа}$ влияние длины шлангов заметно в диапазоне $0,25 \dots 1 \text{ м}$.

Проведенные исследования позволили выбрать допустимые длины шлангов между переключателем и блоком камер и обеспечить возможность рационального проектирования самокруточной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мовшович П.М.* Самокруточное прядение // М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. *Максимов Г.К.* Экспериментальное и теоретическое исследование основных узлов устройства для формирования самокруточной пряжи

аэродинамическим способом: Дис. ... канд. Техн. наук. – М., 1974 С. 113...136.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.
Поступила 29.03.08.

УДК 677.11.017.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЛОКОН ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПЕРЕХОДАМ ПРОИЗВОДСТВА ЧИСТОЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА КЛА-2

Е.А. ПЕСТОВСКАЯ, А.Н. ИВАНОВ

**(Костромской государственной технологической университет,
Научно-внедренческий центр «Блеск» (г. Кострома))**

При исследовании процесса дробления технических комплексов льняных волокон по технологическим переходам прядения льна ранее [1...3] анализировали, главным образом, изменение массодлины волокон, которую определяли путем штапельного анализа при ручном разборе волокон. Определение линейной плотности технических комплексов волокон представляет при этом значительные трудности и не дает достоверных результатов. Применение спектрального анализа структурной неровности продуктов прядения с использованием автоматизированного комплекса КЛА - 2 позволяет легко преодолеть эти трудности и быстро получить точные и объективные данные о толщине технических комплексов льняных волокон [4...5].

Процесс дробления технических комплексов льняных волокон по технологическим переходам мокрого прядения льна исследовали на действующей технологической цепочке оборудования прядильного производства ООО «Яковлевская мануфактура»: раскладочная машина РН-500-Л → перегонная машина ЛП-500-Л → 4 перехода ленточных машин ЛЧ-2-Л1 → ЛЧ-2-Л1 → ЛЧ-3-Л1 → ЛЧ-4-Л1 → ровничная машина РН-216-Л3 → прядильная ма-

шина ПМ-88-Л5. Выработывали чистольняную пряжу 46 текс из ровницы № 1,4 (714 текс) с различной смеской и степенью одревеснения льняных волокон.

Способность к механическому дроблению технических комплексов льняных волокон в гребенных полях ленточных и ровничных машин зависит от качества волокна: номера и степени одревеснения чесаных льнов. С повышением номера смеси волокон и снижения степени одревеснения срединных пластинок волокон дробимость технических комплексов повышается, увеличивается число комплексов волокон в поперечном сечении ровницы, что приводит в результате к снижению ее структурной неровности (табл.1).

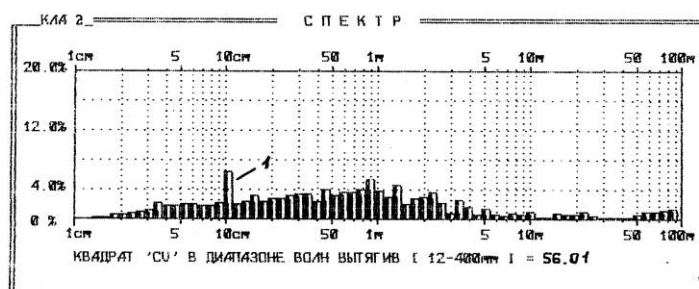
Механическое дробление технических комплексов волокон в гребенных полях происходит как в продольном, так и в поперечном направлениях, то есть сопровождается поперечным разрывом волокон. Из данных табл.1 следует, что с повышением номера и снижением степени одревеснения с 40 до 30% дробимость технических комплексов волокон в продольном направлении повышается, при этом уменьшается линейная плотность волокон, и увеличивается их средняя длина. Однако

при уменьшении степени одревеснения ниже уровня 30% и увеличении номера смеси > 18,0 наряду с увеличением продольного дробления повышается поперечный разрыв волокон, и средняя длина технических комплексов уменьшается. При этом в ленте и ровнице из мягких волокон высокого номера появляется большое количество коротких волокон (в виде пуха, мушки), которые накапливаются на гребнях ровничной машины и попадают в ровницу в виде периодических коротких утолщений с периодом, равным шагу гребней, умноженному на вытяжку (10 см).

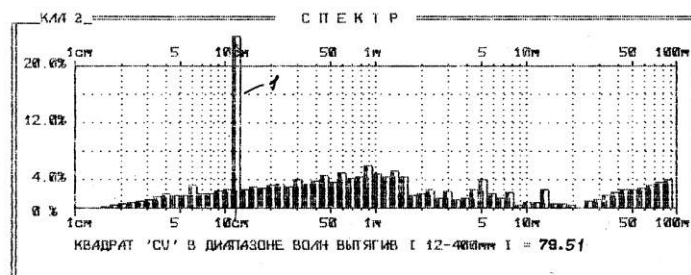
В спектре неровноты ровницы появляется пик периодической неровноты 1 (рис.1 – влияние содержания коротких волокон на спектры неровноты суровой ровницы №1,4). Интенсивность пика 1 (амплитуда периодической неровноты) характеризует содержание коротких волокон в ровнице. Накопление коротких волокон в суровой ровнице приводит к образованию утолщений в пряже длиной 1...2 см и к ухудшению внешнего вида тканей. Такие пороки являются одной из главных причин снижения сортности льняных тканей и их отбраковки на экспорт.

Т а б л и ц а 1

Показатели	Номер смеси			
	16,0	17,0	18,0	20,0
	Степень одревеснения, %			
	40	35	30	20
Параметр неровноты C_V^2 [12-400 мм]	80	74	65	56
Параметры структуры волокон в ровнице:				
\bar{T} , мтекс	5000	4400	4050	3700
\bar{l} , мм	80	88	95	85
C_1 , %	95	80	75	80
Число волокон в поперечном сечении	143	162	176	193



а) нормальное содержание коротких волокон, интенсивность пика 1 < 10



б) высокое содержание коротких волокон, интенсивность пика 1 >> 10

Рис.1

Т а б л и ц а 2

№ образца	Номер чесаного льна	Степень одревеснения S, %	Количество мушки в ленте, шт/150 г	Интенсивность пика 1 в ровнице (спектр КЛА-2)
1	№20 светло-серый	21,5	40	20,0
2	№18 серый	28,0	30	13,0
3	№17 серый	33,0	22	8,0
4	№16 темно-серый	38,0	30	12,0
5	№16 серый с бурым оттенком	45,0	40	16,0
6	№16 серый с зеленым оттенком	30,0	60	>20 (зашкаливание пика)

В табл. 2 приведены результаты анализа содержания коротких волокон в ленте с четвертого перехода и суровой ровницы №1,4, полученных из чесаных волокон №№16...20, из которых следует, что минимальное количество коротких волокон образуется в ленте и ровнице, полученных из чесаного волокна №17 серого цвета со степенью одревеснения ~ 33%. Оно соответствует норме, установленной опытным путем в производственных условиях. При повышении номера чесаного льна и уменьшении степени одревеснения <33% количество коротких волокон в ленте и ровнице увеличивается и превышает норму примерно в 2 раза при степени одревеснения ~ 20 %.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что при выработке чистольняной пряжи средней линейной плотности 56...46 текс оптимальный номер смеси чесаных волокон равен 17,0; при этом степень одревеснения волокон составляет ~ 30%. При хорошем техническом состоянии технологического оборудования достигается требуемый уровень дробления технических комплексов льняных волокон по переходам прядиль-

ного производства и структурной неровности продуктов прядения – ленты, ровницы и пряжи.

В табл. 3 показано изменение толщины и длины технических комплексов волокон и параметра структурной неровности C_V^2 [12...400 мм] продуктов прядения по технологическим переходам при выработке чистольняной пряжи линейной плотности 46 текс из смеси волокон №17 со степенью одревеснения 30...35%.

Из данных табл. 3 следует, что структурная неровность продуктов прядения резко возрастает на последних трех переходах и особенно в процессе самого прядения. Это обусловлено тем, что толщина комплексов волокон в ленте с 4-го перехода, в ровнице и пряже изменяется всего лишь на 33% (с 4048 до 2700 мтекс), а в результате значительного утонения этих продуктов (~ в 170 раз) резко уменьшается число комплексов волокон в поперечном сечении продуктов (~в 100 раз). Вследствие этого резко возрастает параметр структурной неровности ровницы и пряжи C_V^2 [12...400 мм] в зоне действия вытяжных приборов ровничной и прядильной машин.

Технологический переход	Показатели структуры продуктов				
	линейная плотность продукта, текс	средняя массодлина комплексов, мм	средняя линейная плотность комплексов, мтекс	количество комплексов в поперечном сечении продукта	параметр неровноты, C_v^2 [12...400 мм]
Раскладочная машина РП-500-Л	–	391	5714	–	–
Перегонная машина ЛП-500-Л	41667	367	5235	7959	12
Ленточные машины ЛЧ-2-Л1	41667	321	4854	8584	10
ЛЧ-2-Л1	37037	296	4672	7927	10
ЛЧ-3-Л1	26316	273	4255	6184	15
ЛЧ-4-Л1	7813	258	4048	1930	30
Ровничная машина РН-216-Л	714	234	3831	186	60
Прядильная машина ПМ-88-Л5	46	35-40	2700	17-18	850

ВЫВОДЫ

1. Механическое дробление технических комплексов льняных волокон в гребенных полях ленточных и ровничных машин происходит как в продольном, так и в поперечном направлении, то есть сопровождается поперечным разрывом волокон. При снижении степени одревеснения льняных волокон < 30% в ленте и ровнице резко возрастает количество коротких непрядомых волокон, которые образуют короткие утолщения в пряже и ухудшают ее внешний вид.

2. Структурная неровнота продуктов прядения сильно возрастает на последних трех переходах и особенно в процессе самого прядения, что обусловлено резким уменьшением числа комплексов волокон в поперечном сечении продуктов. Экспериментально показано, что при этом преобладающим является поперечное дробление технических комплексов. В процессе мокрого прядения льна средняя массодлина технических комплексов волокон уменьшается ~ в 7 раз с 234 мм в ровнице до 35...40 мм в пряже, а средняя толщина

комплексов при этом снижается только ~ в 1,4 раза с 3831 до 2700 мтекс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева А.И. Изменение технического и элементарного волокна льна в процессе прядения в связи с их влиянием на структурный состав и свойства пряжи // Научн.-исследоват. тр. ЦНИИЛВ. – М.: Гизлегпищепром, 1953. – Т. VII – С.57...82.
2. Лазарева С.Е. Дробление льняного волокна в зависимости от его свойств и некоторых технологических факторов// Научн.-исследоват. тр. ЦНИИЛВ – М.: Ростехиздат, 1960.– Т. XIII – С.39...76.
3. Гинзбург Л.Н. Определение штапеля волокон, участвующих в процессе вытягивания на льнопрядильных машинах для мокрого прядения // Льнопрядильная промышленность.– 1938, №4. С.5...9.
4. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной промышленности – М.: Легкая индустрия, 1980.
5. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон КГТУ. Поступила 28.05.08.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ НА МАШИНАХ РАЗРЫХЛИТЕЛЬНО-ОЧИСТИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

К.Ю. ПАВЛОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что мелкий сор и пыль, связанные с волокном, оседая на стенках ротора пневмопрядильных машин, вызывают серьезные затруднения при формировании пневмомеханической пряжи.

Каждая технологическая операция современного прядильного производства сопровождается выделением свободных и образованием (вследствие разрыва, повреждения волокон) новых частиц пыли. Этому способствуют интенсивные механические воздействия рабочих органов машин на волокнистый материал, что, с одной стороны, обеспечивает значительный эффект очистки, а с другой – ведет к снижению прочности, укорачиванию волокон, измельчению твердых частиц и увеличению доли мелкой пыли. Обеспыливание волокон – как процесс – должно носить многостадийный характер, требующий обработки массы волокон на различных технологических переходах, преимущественно на стадиях рыхления и очистки. В этой связи, и в первую очередь, необходимо там, где это возможно, заменять механическое воздействие рабочих органов альтернативным воздействием, исключающим повреждение волокон и образование пыли начиная с этапа первичной обработки.

На основе законов аэродинамики разработаны технологические операции обеспыливания, в основу которых положен принцип отведения части воздушного потока из рабочей зоны в вакуумную камеру через перфорированную решетку, охватывающую сектор рабочего органа (1). Такие технологические операции были введены на осевом очистителе, наклонном очистителе, наклонном очистителе-рыхлителе, горизонтальном разрыхлителе. Экспериментальные исследования введенной технологической операции в лаборатории и на

предприятии показали улучшение всех физико-механических показателей полуфабрикатов и пряжи. В частности, снижение засоренности и улучшение качества пряжи составляют 7...9%. Отложение пыли в желобе прядильной камеры в среднем снижается на 10%. Обрывность в прядении снижается на 10...15%.

Предложенные технические решения предполагают выполнение операции обеспыливания в зоне между рабочим органом машины, оснащенным колками или ножами, и перфорированной поверхностью. В этом случае перфорированная поверхность выполнена концентрично рабочему органу с разводкой между ними 10...15 мм. Такая разводка между рабочими органами и колосниковой решеткой рекомендуется справочной литературой. Обеспыливание в данном случае обеспечивается за счет вакуума, создаваемого с противоположной стороны перфорированной поверхности.

В результате вакуума в отверстиях перфорированной поверхности образуется всасывающий факел. В зоне обрабатываемого материала на площади всей перфорированной решетки образуется поле разрежения, имеющее вид, изображенный на рис. 1 – схема поля всасывания (разрежения).

Воздушный поток, создаваемый всасывающим факелом, захватывает пыль, пух и мелкие сорные примеси и выводит из зоны обработки материала в вакуумную камеру и далее через патрубок к фильтрам.

Для успешного отделения пыли и пуха необходимо знать оптимальные параметры скоростного режима воздушных потоков, создаваемых всасывающими факелами в поле разрежения, и параметры перфорированной поверхности.

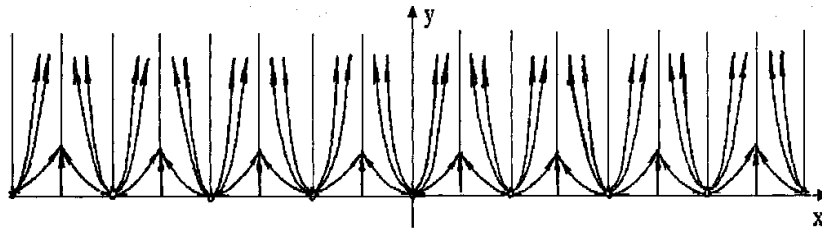


Рис.1

Наиболее правильные диапазоны скоростей всасывающего факела в данном случае следует искать в области скорости витания $V_{\text{вит}}$ отдельных волокон. Можно рассуждать следующим образом. Если скорость воздуха во всасывающем факеле $V_{\text{вс}}$ несколько превышает скорость витания $V_{\text{вит}}$ волокна, то, видимо, она достаточна для того, чтобы аэродинамические силы могли управлять движением волокон пуха, пыли и очень легких сорных примесей и способны вывести эти фракции через отверстия перфорированной поверхности в вакуумную камеру.

В справочных материалах находим, что скорость витания хлопкового волокна с длиной 25,4 мм и линейной плотностью 196 ктекс равна $V_{\text{вит}} = 0,06$ м/с.

Следует заметить, что пух является более короткой фракцией и имеет меньшую линейную плотность. Следовательно, скорость витания для такого объекта меньше. Поэтому с большей гарантией берем в качестве контрольной скорости витания пуха, отделяемого через перфорированную поверхность, скорость, равную $V_{\text{вит}} = 0,06$ м/с.

Как известно из аэродинамики, скорость воздушного потока во всасывающем факеле по мере удаления от плоскости отверстия резко падает. Значит, чтобы сохранить скорость во всасывающем факеле на некотором удалении от плоскости отверстия не менее $V_{\text{вит}} = 0,06$ м/с, необходимая в плоскости отверстия скорость воздуха должна быть выше.

Одной из основных характеристик перфорированной поверхности являются форма и размер отверстия перфорации.

Из аэродинамики известно, что скорость воздушного потока по оси всасы-

вающего факела в круглом отверстии сохраняется лучше. Следовательно, высота всасывающего факела при круглом отверстии выше, чем при прямоугольном. На основании этого принимаем круглые отверстия перфорированного листа. С увеличением диаметра отверстия высота всасывающего факела возрастает. Это является благоприятным фактором для эффективного удаления пыли и пуха. Однако следует заметить, что при увеличении отверстия перфорации:

- возрастает вероятность выхода полноценного волокна через отверстия большого диаметра;
- резко возрастает расход воздуха, что приводит к неоправданным затратам;
- чрезмерно мощный факел может настолько сильно прижать волокнистую массу рабочей зоны к перфорации, что будет нарушен технологический процесс ее обработки.

Для определения оптимального диаметра перфорации были изготовлены перфорированные листы с диаметром отверстия $d_0 = 3; 4; 5$ мм.

Испытания перфорированных листов с разным диаметром отверстия проводились на горизонтальном разрыхлителе ГР-8. Проведенные испытания показали, что при диаметре отверстия 5 мм имеет место значительное (рис. 2— диаграмма выделения полноценного волокна в угары) выделение в угары вместе с пухом и пылью полноценного волокна практически всех длин. Содержание полноценного волокна в выделенных угарах составляло 50%. Такой результат недопустим. Следовательно, перфорированный лист с диаметром отверстия перфорации 5 мм не пригоден.

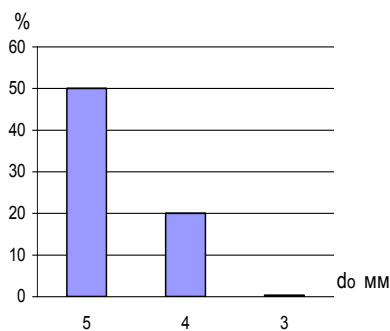


Рис.2

Испытания перфорированного листа с диаметром отверстия 4 мм дали следующие результаты. Наблюдалось незначительное выделение полноценного волокна в угары. Доля полноценного волокна в угарах составляла 20% от общего количества угаров. Такой результат тоже можно считать нежелательным. Следовательно, перфорированный лист с диаметром отверстия 4 мм использовать не рекомендуется.

Испытание перфорированного листа с диаметром отверстия 3 мм показали, что в угарах не содержится полноценного волокна. Такой результат является положительным, поэтому для дальнейших испытаний использовали перфорированный лист с диаметром отверстия 3 мм.

Для эффективного пылеудаления большое значение имеет поле разряжения, создаваемое всасывающими факелами на поверхности перфорированного листа. Видимо, поле разряжения будет стабильное и равномерное, если отверстия на поверхности перфорированного листа будут расположены плотнее и равномернее. Однако близкое расположение отверстий друг к другу не должно привести к ухудшению

прочностных характеристик перфорированного листа.

Расчеты прочности перфорированного листа показали, что допустимо расположение отверстий $d = 3$ мм на листе с расстоянием между центрами отверстий 5 мм в шахматном порядке (рис. 3 – схема перфорации).

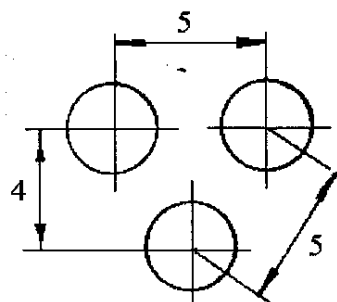


Рис.3

В этом случае расстояние между рядами отверстий составит 4 мм и величина перемычки между отверстиями будет равна 2 мм. Для такой конфигурации перфорированного листа проведен расчет его живого сечения. Для расчета возьмем квадрат размером 10x10см.

Пусть d_0 – диаметр отверстия; b_0 – расстояние между центрами отверстий; h_0 – расстояние между рядами отверстий; n_b – число отверстий в ряду; n_h – число рядов; n_0 – общее количество отверстий; S – площадь квадрата; S_{01} – площадь отверстий; $S_{ж0}$ – площадь живого сечения; f_m – коэффициент живого сечения; $S_{ж\%}$ – площадь живого сечения в %.

Расчет живого сечения перфорированного листа с названными выше параметрами приведен в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Характеристика листа	d_0 , мм	b_0 , мм	h_0 , мм	n_b	n_h	n_0	S , мм ²	S_{01} , мм ²	$S_{ж0}$, мм ²	f_m	$S_{ж\%}$
Значения параметров	3	5	4	20	25	500	10 ⁴	7,065	3532,5	0,35	35

Таким образом, коэффициент живого сечения выбранной перфорированной поверхности составляет 0,35.

Перфорированная поверхность была выполнена в соответствии с проведенными расчетами и представлена на рис. 4.

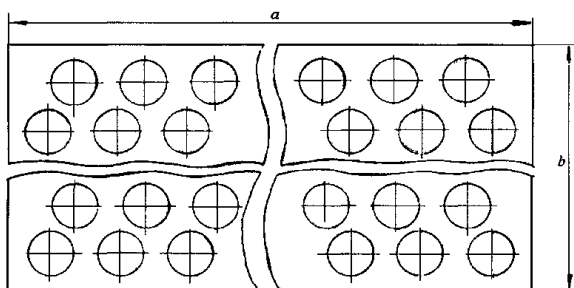


Рис.4

Исходя из рабочей ширины разрыхляющих машин, равной 1000...1060 мм, ширина перфорированного листа принята равной 1000 мм.

Протяженность его по рабочей поверхности разрыхляющего органа определяется конструкцией машины, мощностью воздушного потока, который будет рассчитан на базе дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

В работе установлены параметры перфорированной поверхности и определены

принципы расчета скоростного режима воздуха в зоне разрежения для обеспечения эффективного обеспыливания волокнистой массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ю. Обеспыливающий осевой очиститель для хлопка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 6. С.124...125.

2. Пат. 42826 Российская Федерация, МПК D01G 9/12. Обеспыливающий наклонный очиститель для хлопка / Павлов К.Ю.; заявитель и патентообладатель Ивановская гос. текст. академия. - № 2004118957/22; заявл. 23.06.04; опубл. 20.12.2004, Бюл. № 35. – 2 с.: ил.

3. Пат. 38771 Российская Федерация, МПК D01G 9/12. Обеспыливающий горизонтальный разрыхлитель для хлопка/Павлов К.Ю., Сергеев А.М.; заявитель и патентообладатель Ивановская гос. текст. академия. - № 2004103376/20; заявл. 09.02.04; опубл. 10.07.2004, Бюл. № 19. – 2 с.: ил.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 12.05.08.

УДК 677.053.7

**РАСЧЕТ СОПРЯЖЕННОСТИ ПАКОВОК
НА СНОВАЛЬНО-ШЛИХТОВАЛЬНОМ АГРЕГАТЕ ИГТА**

В.Л. МАХОВЕР, Т.В. СМИРНОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Согласно технологической схеме сновально-шлихтовального агрегата, предложенного на кафедре ткачества ИГТА [1], подготовка основ для выработки тканей малой и средней поверхностной плотности осуществляется путем сматывания нитей с бобин шпулярника и одного сновального вала. При этом частично сокращается процесс снования пряжи.

На рис. 1 приведена структурная схема подготовки основ на сновально-шлихтовальном агрегате.

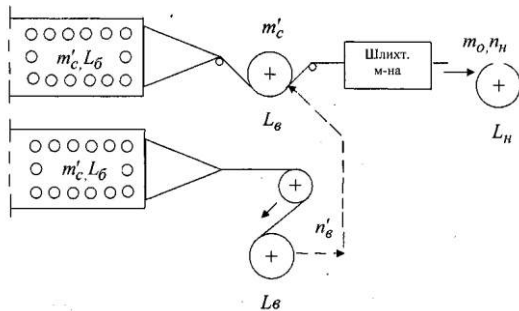


Рис.1

На схеме обозначено: $m_о, m_с, m'_с$ – соответственно число нитей в основе (на ткацком навое), количество бобин в шпулярнике агрегата и количество бобин в шпулярнике сновальной машины (число нитей на сновальном валу); $L_н$ – сопряженная длина нитей на ткацком навое; $L_б, L_в$ – длина нитей соответственно на бобинах и на сновальном валу.

Очевидно, что расчет сопряженности указанных паковок должен осуществляться при выполнении следующих условий.

1. Число $n_н = k$ ткацких навоев, получаемых из ставки $m_с$ бобин шпулярника агрегата, должно быть целым:

$$L_б / L_н = k. \tag{1}$$

2. Из длины $L_в$ нитей на валу должно получаться также целое число $n'_н = k_1$ ткацких навоев:

$$L_в / L_н = k_1. \tag{2}$$

3. Число валов $n'_в = k_2$, получаемых из ставки $m'_с$ бобин сновальной машины, должно быть целым:

$$L_с / L_в = k_2. \tag{3}$$

Для повышения производительности процесса подготовки основ необходимо, чтобы доработка последнего сновального вала на агрегате происходила одновременно с доработкой ставки бобин и последнего ткацкого навоя. Это условие будет выполнено, если число $n_н$ наработанных ткацких навоев будет кратно числу $n_в$ сработанных на агрегате сновальных валов, то есть

$$n_H/n_B = k_3, \quad (4)$$

где k_3 – целое число.

Заметим, что из условия непрерывности процесса на сновально-шлихтовальном агрегате имеем:

$$n_H L_H = n_B L_B = L_G. \quad (5)$$

Из левой части равенства (5) получаем:

$$n_H/n_B = L_B/L_H = k_1 = k_3. \quad (6)$$

То есть выполнение условия (2) приводит к выполнению условия (4). Кроме того, из (3) и правой части равенства (5) следует, что количество n_B сновальных валов, срабатываемых из одной ставки сно-

$$L_G = \frac{G_G \cdot 10^6}{T_{об}}, \quad L_B = \frac{G_B \cdot 10^6}{m'_c T_{об}}, \quad L_H = \frac{G_H \cdot 10^6}{m_o T_{он}}, \quad (8)$$

где G_G, G_B – масса пряжи на бобине и на сновальном валу без учета начинков и отходов (кг); G_H – сопряженная масса пряжи на ткацком навое без учета приклея (кг); $T_{об}, T_{ов}, T_{он}$ – линейная плотность основной пряжи (текс) на соответствующих паковках.

С применением формул (8), полагая приближенно $T_{об} = T_{он} = T_{ов}$, выражения (1) и (2) можно представить в виде:

$$k = K m_o, \quad (9)$$

$$m'_c = K_1 m_o / k_1, \quad (10)$$

где

$$K = G_G / G_H, \quad K_1 = G_B / G_H. \quad (11)$$

К полученным формулам (7), (9)...(11) добавляется очевидное равенство:

$$m_c = m_o - m'_c. \quad (12)$$

вально-шлихтовального агрегата, равно числу n'_B сновальных валов, получаемых из ставки бобин в сновке. Можно заметить, что согласно (1), (2) и (3):

$$k_2 = k/k_1. \quad (7)$$

Таким образом, расчет сопряженности паковок при подготовке основ на данном сновально-шлихтовальном агрегате сводится к выполнению условий (1), (2) и (7). При этом коэффициенты k, k_1 и k_2 должны быть целыми числами.

Известно, что длины нитей на бобине, сновальном валу и ткацком навое (м) рассчитываются по формулам:

В качестве примера применения полученных зависимостей рассмотрим расчет сопряженности паковок при подготовке основ для выработки бязи арт. 299 [2, с. 476] на ткацких станках АТПР-100-4. Число нитей в основе $m_o = 1988$, линейная плотность основной пряжи на бобине $T_{об} = 42$ текс. Вытяжка пряжи в сновании и шлихтовании $b_{сн} = 0,2$ и $b_{шл} = 1,0$ %.

Сначала по обычной методике [3] рассчитываются сопряженная длина L_H и масса G_H нитей на ткацком навое. В данном примере получено $L_H = 1174$ м и в расчете на мягкую пряжу (без учета приклея) $G_H = 96,7$ кг. Затем для сновального вала машины СП-140 при диаметре намотки $D_B = 78$ см, рассадка фланцев $H_B = 140$ см, диаметр ствола $d_B = 24$ см и плотности намотки $\gamma_B = 0,50$ г/см³ по формуле

$$G_B = \frac{\pi H_B}{4} (D_B^2 - d_B^2) \gamma_B \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

находим $G_b = 302,7$ кг. Масса пряжи на цилиндрической бобине БД-200 при диаметре намотки $D_b = 25$ см и плотности намотки $\gamma_b = 0,41$ г/см³ с применением формулы [3, с. 143] $G_b = 1,720$ кг.

Далее расчет осуществляется в следующей последовательности.

1. По формулам (11) находим:

$$K = 1,720/96,7=0,0178,$$

$$K_1 = 302,7/96,7=3,130.$$

Согласно (9) $k = 0,0178 \cdot 1988 = 35,38$. Поскольку это число должно быть целым, принимаем $k = 35$. Из (9) уточненное значение $K = k/m_0 = 35/1988 = 0,0176$. По первой формуле (11) уточняем массу пряжи на бобине:

$$G_b = KG_n = 0,0176 \cdot 96,7 = 1,702 \text{ кг.}$$

2. При $k = 35$ формула (7) принимает вид: $k_2 = 35/k_1$. Так как k_1 и k_2 должны быть целыми числами, получаем два возможных варианта: вариант 1: $k_1 = 5$, $k_2 = 7$; вариант 2: $k_1 = 7$, $k_2 = 5$.

Для обоих вариантов рассчитываем количество m'_c и m_c бобин соответственно в шпулярнике сновальной машины и сновально-шлихтовального агрегата (рис. 1). По формулам (10) и (12) получаем: вариант 1: $m'_c = 3,130 \cdot 1988/5 = 1244$, $m_c = 1988 - 1244 = 744$; вариант 2: $m'_c = 3,130 \cdot 1988/7 = 888$, $m_c = 1988 - 888 = 1100$.

3. Если принять на машине СП-140 скорость снования $v = 600$ м/мин (10 м/с), число обрывов на 1 млн. м одиночной нити $a = 3$, коэффициент перехода работницы между двумя соседними вертикальными рядами бобин шпулярника Ш-616-2 $C = 0,5$ с [2, с. 128], то величина оптимальной ставки бобин по формуле [4, с. 130] будет:

$$m'_{c\text{опт}} = 10^3 \sqrt{32} / \sqrt{3 \cdot 10 \cdot 0,5} = 1460.$$

Этот расчет показывает, что в нашем примере вариант 1 является более предпочтительным, так как количество бобин в шпулярнике сновальной машины приближается к оптимальному значению. Кроме того, в шпулярнике агрегата количество бобин меньше, чем во втором варианте, что также является более благоприятным фактором, так как обслуживание шпулярника агрегата сложнее обслуживания сновального вала. Таким образом, в нашем примере имеем: $m_c = 744$, $m'_c = 1244$, $n_n = k = 35$, $n_b = n'_b = k_2 = 7$, $n'_n = k_1 = 5$.

4. С учетом вытяжки пряжи при сновании и того, что $T_{об} = 42$ текс, находим $T_{ов} = 42 \cdot (1 - 0,01 \cdot 0,2) = 41,9$ текс. По формулам (8) получаем:

$$L_b = \frac{1,702 \cdot 10^6}{42} = 40524 \text{ м,}$$

$$L_b = \frac{302,7 \cdot 10^{-6}}{1244 \cdot 41,9} = 5807 \text{ м.}$$

5. Сопряженная длина нитей на ткацком навое, как было отмечено выше, $L_{нс} = L_n = 1174$ м. Рассчитываем теперь сопряженные длины нитей на бобине ($L_{бс}$) и сновальном валу ($L_{вс}$).

Согласно (1) $k = n_n = L_b/L_n = 40524/1174 = 34,51$. Принимаем, как и ранее, $n_n = 35$. Тогда

$$L_{бс} = L_n n_n (1 + 0,01 P_n), \quad (14)$$

где P_n – процент начинка.

Подставив сюда соответствующие числовые значения, найдем: $L_{бс} = 1174 \cdot 35 (1 + 0,01 \cdot 3) = 42323$ м.

Согласно (2) $k_1 = n'_n = L_b/L_n = 5807/1174 = 4,95$. Принимаем $n'_n = 5$, тогда по формуле

$$L_{вс} = (L_n n'_n + l_m + l_{кл}) (1 - 0,01 b_{шл}), \quad (15)$$

где l_M, l_{KL} – длины мягких и клееных концов пряжи, идущие в отходы, получаем $L_{bc} = (1174 \cdot 5 + 1 + 25)(1 - 0,01 \cdot 1) = 5837$ м.

ВЫВОДЫ

Предложена методика расчета сопряженности паковок на сновально-шлихтовальном агрегате, где сматывание нитей осуществляется со ставки бобин шпулярика и одного сновального вала.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1541320 СССР, МКИ Д06В 3/06//Д 02 Н 1/00. Устройство для приготовления основных ни-

тей к ткачеству / Ю.Ф. Ерохин, В.Л. Маховер, В.Н. Гарелин. - № 4351372/31-12; Заявл. 28.12.87; Оpubл. 07.02.90. Бюл. № 5.

2. Хлопчаткачество: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп./Букаев П.Т., Оников Э.А., Мальков Л.А. и др. Под ред. П.Т. Букаев. – М.: Легпромбыт-издат, 1987.

3. Оников Э.А. Проектирование ткацких фабрик: Учебник для вузов. – М.: Информ - Знание, 2005.

4. Гордеев В.А., Арефьев Г.И., Волков П.В. Ткачество. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Легкая индустрия, 1970.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 01.04.08.

УДК 677.024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ВЕТВЕЙ ОСНОВЫ, ОГИБАЮЩИХ СКАЛО, МЕТОДОМ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

О.А. САВВИН, Е.З. СЕЛЕЗНЕВА, А.В. СЕРГЕЕВА

(Костромской государственной технологической университет)

Для исследования движения подвижной системы скала возникает необходимость определения деформации ветвей основы в зависимости от угла поворота рычага скала. При вычислении этой деформации часто используют оригинальные геометрические построения, позволяющие получить лишь ее приближенное значение. Такой метод использован, например, в работе П.В. Лиманаскаса [1]. Покажем, как найти точное, с точки зрения геометрии, решение этой проблемы сравнительно простым способом. В качестве объекта исследования возьмем станок СТБ.

Рассмотрим две ветви основы. Первая, или нижняя ветвь, – это часть основы между точками ее касания навоя и скала (участок АВ). Длину этой ветви обозначим через l_1 (рис.1). Вторая, или верхняя ветвь, – это участок основы между точкой ее схода со скала и точкой ее касания разделительного прутка (участок B_1D). Точку D

считаем неподвижной, а размерами разделительного прутка пренебрегаем. Длину этой ветви обозначим l_2 . Рассмотрим деформацию этих ветвей при повороте рычага скала на элементарный угол $d\varphi_1$. Все геометрические параметры и построения приведены на рис. 1. Скало на станке СТБ совершает плоское движение, которое представляется как сумма его поступательного и вращательного движений.

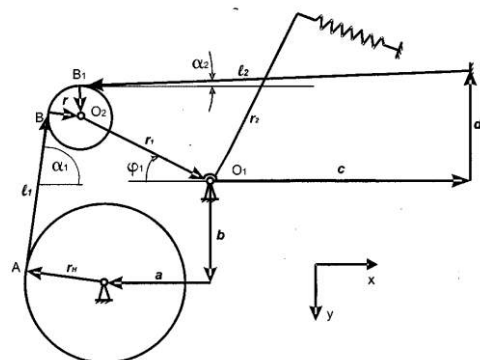


Рис.1

Деформации ветвей, вызванные поворотом скала, равны произведению его радиуса и угла поворота, но имеют разные знаки, то есть их суммарная деформация равна нулю. Наибольшие сложности и интерес представляет определяемая в данной статье деформация от поступательной части движения скала. При поступательном движении все точки тела перемещаются одинаково и имеют одинаковые скорости, следовательно, точки В и В₁ двигаются так же, как центр скала – точка О₂.

Скорость точки $V = dS/dt$ – это отношение элементарного перемещения dS к времени dt , в течение которого оно происходит. Отношение скоростей двух точек равно отношению их элементарных перемещений.

Определим деформацию первой ветви при повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$. Сразу же перейдем от скоростей к элементарным перемещениям. Перемещение точки О₂, а следовательно, и точек В и В₁, равно $r_1 d\varphi_1$. Представим его двумя составляющими. Перемещение dl_{1n} направим вдоль ветви АВ, а перемещение dl_{1t} – перпендикулярно ей (рис.2-а). Перемещение dl_{1n} численно равно деформации данной ветви. Удлинению ветви будем приписывать знак плюс, а ее укорочению – минус.

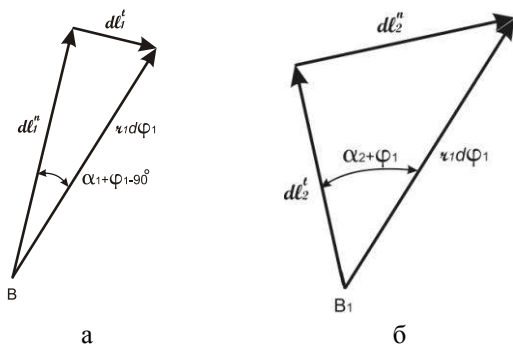


Рис.2

Перемещение dl_{1t} характеризует изменение положения ветви в пространстве, то есть изменение угла α_1 . Из рис. 2-а видно, что

$$dl_{1n} = r_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1) d\varphi_1, \quad (1)$$

$$dl_{1t} = -r_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1) d\varphi_1. \quad (2)$$

Так как точка А является мгновенным центром поворота (мгновенным центром скоростей), то угол α_1 изменится на

$$d\alpha_1 = -dl_{1t}/l_1. \quad (3)$$

При повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$ длина l_1 меняется за счет: 1) dl_{1n} – деформации ветви, 2) перехода части основы с криволинейного участка на навое и скало в прямолинейный или обратного явления.

Из рис. 1 видно, что при увеличении угла α_1 часть основы покидает навой, а другая часть ее переходит на скало. Тогда полное изменение длины l_1 при повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$ будет:

$$dl_1 = dl_{1n} - dl_{1t} R/l_1, \quad (4)$$

где $R = r_n - r$.

Учитывая зависимости (1) и (2), формулу (4) перепишем так:

$$dl_1 = r_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1) d\varphi_1 + (r_1 R/l_1) \cos(\alpha_1 + \varphi_1) d\varphi_1. \quad (5)$$

Первое слагаемое правой части формулы (5) определяет значение изменения длины ветви за счет ее деформации, а вторая – в результате ее перехода из криволинейной части в прямолинейную или наоборот.

Рассмотрим теперь вторую ветвь основы (рис. 2-б). Для нее сохраним те же обозначения, что и для первой ветви, заменив индекс 1 на 2. Из рис. 2 видно, что

$$dl_{2t} = r_1 \cos(\alpha_2 + \varphi_1) d\varphi_1, \quad (6)$$

$$dl_{2n} = r_1 \sin(\alpha_2 + \varphi_1) d\varphi_1. \quad (7)$$

Заметим, что при положительном dl_{2n} приращение деформации второй ветви отрицательно.

Изменение угла α_2 и длины второй ветви будут:

$$d\alpha_2 = dl_{2t}/l_2. \quad (8)$$

$$dl_2 = dl_{2n} + dl_{2t} r / l_2. \quad (9)$$

Зависимости (1...8) являются точными только при бесконечно малом приращении угла φ_1 . Однако их можно распространить на конечный, но достаточно малый угол $\Delta\varphi_1$. В этом случае зависимости станут приближенными. Полученные выше соотношения можно использовать и при повороте рычага скала на любой конечный угол, если воспользоваться методом численного интегрирования. Для этого необходимо параметры системы, найденные к концу первого шага вычислений (поворота рычага скала на угол $\Delta\varphi_1$), принять за начальные для второго шага и т.д. Многократно повторяя подобные расчеты, можно рассмотреть поведение системы при повороте рычага скала на любой угол. Достоинством метода является то, что он прост, не требует громоздких формул, изначально ориентирован на использование ЭВМ и позволяет получить конечные результаты практически с любой точностью.

Изложенный метод не позволяет найти значение геометрических параметров заправки к началу самого первого цикла расчетов. Для их нахождения необходимо будет использовать другой способ. Например, метод замкнутых контуров, который хорошо изложен в учебниках по теории механизмов и машин и используется в теории ткачества [2], или более распространенный при исследовании текстильных машин координатный метод [3]. Напомним, как применить метод замкнутых контуров для определения l_1 и α_1 .

Для этого необходимо изобразить рассматриваемый участок системы заправки замкнутой цепочкой векторов (рис. 1). Проектируя эту цепочку на оси x и y , можно найти значения длин ветвей и углов из наклонов в зависимости от угла поворота рычага скала φ_1 .

В нашем случае имеем:

$$\Sigma x = r_1 \cos\varphi_1 + r \sin\alpha_1 + l_1 \cos\alpha_1 - r_H \sin\alpha_1 - a = 0,$$

$$\Sigma y = r_1 \sin\varphi_1 + r \cos\alpha_1 - l_1 \sin\alpha_1 - r_H \cos\alpha_1 + b = 0. \quad (10)$$

После несложных математических действий, на которых мы не останавливаемся, так как они подробно изложены в [2], получим:

$$l_1 = [(a - r_1 \cos\varphi_1)^2 + (b + r_1 \sin\varphi_1)^2 - R^2]^{1/2}, \quad (11)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = (l_1 - x_1 R) / (x_1 l_1 + R), \quad (12)$$

где

$$x_1 = (a - r_1 \cos\varphi_1) / (b + r_1 \sin\varphi_1). \quad (13)$$

Дифференцируя зависимость (11), находим полное изменение длины l_1 при повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$. Такое дифференцирование дает:

$$dl_1 = [(a - r_1 \cos\varphi_1)r_1 \sin\varphi_1 + (b + r_1 \sin\varphi_1)r_1 \cos\varphi_1] d\varphi_1 / l_1. \quad (14)$$

Сравнивая полученное соотношение (14) с зависимостью (5), видим, что они внешне отличаются. Докажем их тождественность. Выразив из (10) значения $a - r_1 \cos\varphi_1$ и $b + r_1 \sin\varphi_1$ и подставив их в (14), после несложных преобразований получим зависимость (5). Тождественность формул (5) и (14) лишний раз подтверждает правильность приведенных выше рассуждений.

Укажем другой метод определения деформации ветви основы. Найдем значение l_1 , удовлетворяющее одновременно обоим уравнениям (10). Для этого верхнее уравнение домножим на $\cos\alpha_1$, а нижнее – на $\sin\alpha_1$. Вычтем из одного полученного уравнения второе, и решим найденное выражение относительно l_1 . Такое решение дает:

$$l_1 = (a - r_1 \cos\varphi_1)\cos\alpha_1 + (b + r_1 \sin\varphi_1)\sin\alpha_1. \quad (15)$$

ВЫВОДЫ

Если найти теперь приращение l_1 при изменении угла φ_1 на $d\varphi_1$ и неизменном значении α_1 , то получим значение деформации рассматриваемой ветви основы dl_{1n} . Такая операция с точки зрения математики есть частная производная от l_1 по φ_1 . Таким образом:

$$dl_{1n} = (\partial l_1 / \partial \varphi_1) d\varphi_1. \quad (16)$$

Подставляя в формулу (16) значение $\partial l_1 / \partial \varphi_1$ из (15) получим:

$$dl_{1n} = r_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1) d\varphi_1, \quad (17)$$

что совпадает с зависимостью (1), приведенной выше.

На основании зависимостей (1) и (7) деформацию ветвей основы можно представить так:

$$\Delta l_{1n} = k_1 \Delta \varphi_1, \quad \Delta l_{2n} = k_2 \Delta \varphi_1,$$

где $k_1 = r_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1)$, $k_2 = r_1 \sin(\alpha_2 + \varphi_1)$.

Для анализа полученных зависимостей была разработана программа вычислений при следующих значениях кинематических параметров в миллиметрах: $a=28$, $b=483$, $c=378$, $d=52$, $r=62,5$, $r_1=155$ и изменении r_n от 50 до 300 мм. Угол поворота рычага скала менялся в пределах от -4 до 28 градусов. Результаты расчетов представлены на рис.3.

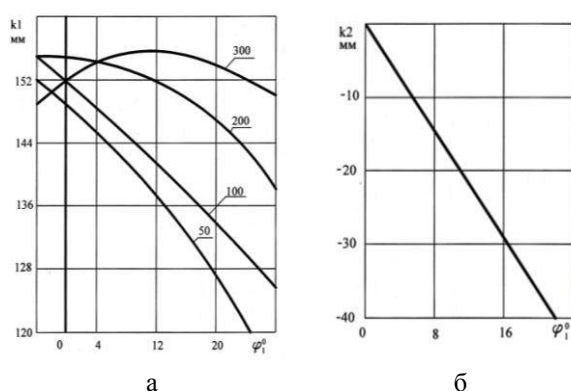


Рис.3

1. Полученные зависимости просты, ориентированы на решение задачи с помощью ЭВМ и позволяют определить деформацию основы и изменение геометрических параметров системы заправки при повороте рычага скала на элементарный угол. При использовании метода численного интегрирования можно найти изменение указанных параметров при повороте рычага скала на конечный угол.

2. Если угол поворота рычага скала находится в пределах от -4 до $+8$ градусов, а рычаг скала отклоняется от начального положения менее чем на 4 градуса, то можно считать, что деформация основы при повороте рычага скала на некоторый угол прямо пропорциональна этому углу. При этом более 90% общей деформации приходится на нижнюю ветвь. Коэффициент k_2 можно считать линейной функцией угла φ_1 . При сматывания основы с навоя максимум функции $K_1=K_1(\varphi_1)$ смещается в сторону меньших значений φ_1 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Лиманаускас П.В. Метод теоретического определения компенсации деформации основы на станках П-105 // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983, №3. С.42...45.
2. Саввин О.А. Влияние движения скала на деформацию и геометрические характеристики заправочной линии станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1989, №1. С. 50...53.
3. Ефремов Е.Д. Взаимодействие основы с подвижным скалом на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №1. С. 41...44.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 03.06.08.

УДК 677.84: 677.494

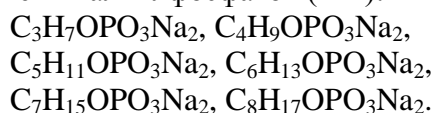
**ПРИМЕНЕНИЕ АЛКИЛФОСФАТОВ НАТРИЯ В СОСТАВАХ
ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ АРАМИДНЫХ НИТЕЙ**

Т.Ю. ДЯНКОВА, Н.В. ДАЩЕНКО, А.П. МИХАЙЛОВСКАЯ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Интерес к арамидным нитям объясняется их высокими эксплуатационными свойствами, возрастающими требованиями к качеству изделий бытового и технического назначения. В связи с этим способы колористического оформления этого относительно нового для текстильной промышленности сырья непрерывно развиваются и совершенствуются [1], [2].

Нами исследована эффективность применения алкилфосфатов (АФ):



АФ использовали в композиции с катионными красителями отдельными марками и в смеси. Крашение проводили при модуле ванны 10...200, при температуре 100 °С в течение 30 мин, промывали 10 мин горячей и холодной водой и высушивали на воздухе при комнатной температуре. Композиция обеспечивает получение ровных окрасок средних и темных тонов, устойчивых к мокрым обработкам и трению на арамидных, в том числе гетероциклических (ПГА) волокнистых материалах [3]. В табл. 1 приведены показатели качества окрашенных комплексных нитей СВМ.

Т а б л и ц а 1

Состав, г/л		ГКМ, %*	Прочность окраски, балл		Устойчивость к термо- окислению	
марка катионного красителя, концентрация	количество атомов уг- лерода в составе АФ, концентрация		к стир- ке	к сухому трению	темпера- тура начала разложения, °С	-Δm, %**
Исходная нить	-	-	-	-	480	14
Розовый 2С, 0,3	$C_{8...}$, 0,4	0,1	5/5/5	5	485	10,0
Розовый 2С, 0,3	$C_{8...}$, 0,5	0,6	5/5/5	5	512	6,0
Розовый 2С, 0,3	$C_{8...}$, 1,0	1,5	5/5/5	5	515	5,5
Розовый 2С, 0,3	$C_{8...}$, 2,0	2,9	5/5/5	5	520	6,0
Розовый 2С, 0,3	$C_{8...}$, 2,5	2,9	5/5/5	5	520	6,0
Синий О, 0,5	$C_{3...}$, 2,0	2,5	5/5/5	5	522	1,0
Синий О, 0,5	$C_{5...}$, 2,0	2,7	5/5/5	5	528	3,0
Оранжевый 0,08 и черный С, 0,42	$C_{7...}$, 2,0	8,0	5/5/5	5	513	6,0
Розовый 2С, 0,5	$C_{17...}$ (алкилсульфат) 2,0	2,9	5/4/4	5	482	13,0

П р и м е ч а н и е. * За эталон принимали неокрашенный исходный образец. **- Δ m, % – снижение массы волокна при прогреве от температуры завершения процесса десорбции воды до температуры начала разложения полимера T_{II} .

Испытания устойчивости окраски к физико-химическим воздействиям определяли согласно ГОСТам 9733.0–83...ГОСТ 9733.27–83 и ГОСТ Р ИСО 105-A01–99, ИСО 105-C02–85. Интенсивность окраски оценивали по величине функции Гуревича-Кубелки-Мунка (ГКМ), рассчитанной по значениям коэффициента отражения, определенным на спектрофотометре Color I5 фирмы Gretag Macbeth.

Устойчивость к термоокислению при прогреве на воздухе оценивали по данным дифференциального термического анализа, полученным на дериватографе Р. и Р. Erdeys. Скорость нагрева составляла 10 °С / мин. В табл.1 приведены данные для второго этапа термоокислительной деструкции волокна от температуры завершения десорбции воды до температуры начала разложения полимера T_n .

T_n ПГА, окрашенных с применением АФ, во всех рассмотренных случаях выше показателя у образца, обработанного в тех же условиях в присутствии лаурилсульфата (нижняя строка таблицы). С увеличением массовой доли фосфора в составе АФ значения потери массы образцов волокна Δm на втором этапе деструкции снижаются. Так, в случае использования лаурилсульфата натрия (2,0 г / л) изменение Мааса волокна при прогреве от 150 до 482 °С составляет 13 %; при использовании АФ $C_{8...}$, $C_{7...}$, $C_{5...}$, $C_{3...}$ в той же концентрации (2,0 г /л) Δm составляет соответственно 10,0; 6,0; 3,0 и 1 %.

Интенсифицирующее действие АФ при крашении ПГА волокон катионными красителями подтверждается повышением интенсивности окраски, сопровождающим увеличение концентрации АФ в растворе от 0,4 до 2,5 г/л, при стабильно высоких показателях ее устойчивости. Значение функции ГКМ повышается с 0,1 до 2,9 %.

При крашении ПГА волокнистых материалов в оливковый цвет может быть использован краситель бриллиантовый зеленый, применяемый в медицине для обеззараживания травмированных участков кожи. Такая отделка целесообразна для тканей, предназначенных для изготовления одежды, защищающей от пулевых ранений и травм. Требуемый оттенок получается в результате наложения колористических характеристик красителя и волокна с естественной желто-коричневой окраской.

Для получения окрасок средних тонов не требуется кислая среда, как в случае использования алкилсульфатов, что создает благоприятные условия для сохранения механической прочности арамидных нитей. Влияние АФ на физико-механические свойства комплексных нитей СВМ иллюстрирует табл. 2.

Комплексные нити для испытаний выделяли из ткани. Усредненные показатели для нитей основы и утка приведены в табл. 2. При повышении концентрации АФ от 0,4 до 2,5 г / л разрывная нагрузка нитей возрастает с 7,7 до 9,3 Н, а относительное удлинение – с 5,0 до 7,0 %.

Т а б л и ц а 2

Состав, г/л		Разрывная нагрузка, Н	Относительное удлинение, %
марка катионного красителя, концентрация	количество атомов углерода в составе АФ, концентрация АФ		
Исходная нить	-	8,0	5
Розовый 2С, 0,30	$C_{8...}$, 0,40	7,7	5
Розовый 2С, 0,30	$C_{8...}$, 0,50	8,0	6
Розовый 2С, 0,30	$C_{8...}$, 1,00	8,1	6
Розовый 2С, 0,30	$C_{8...}$, 2,00	9,2	6
Розовый 2С, 0,30	$C_{8...}$, 2,50	9,3	7
Синий О, 0,50	$C_{3...}$, 2,00	8,9	6
Оранжевый Ж 0,08 черный С, 0,42	$C_{7...}$, 2,00	8,7	6
Розовый 2С, 0,50 СНЗСООН, 5,00	$C_{17...}$ (алкилсульфат), 2,00	7,6	5

Для выяснения роли АФ при крашении рассмотрим процесс сорбции АФ $C_8H_{17}OPO_3Na_2$ ароматическим гетероциклическим волокном СВМ, предварительно освобожденным от примесей путем экстракции дистиллированной водой в аппарате Сокслета. Обработку волокон в водных растворах проводили при МВ 125 при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 мин, концентрацию АФ повышали от 0 до 2 г/л. В раствор АФ добавляли фосфорную кислоту (5 г/л).

Количество сорбированного АФ определяли двумя методами: по спектрам поглощения в УФ-области продуктов экстракции диметилформамидом обработанных АФ образцов комплексных нитей СВМ, выделенных из ткани, а также по дериватограммам термоокислительной деструкции образцов волокон, прогретых на воздухе при скорости нагрева $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$. Данные термогравиметрии образцов, обработанных в соответствии с вышеприведенными условиями и в присутствии фосфорной кислоты (рН $5 \div 5,5$), были положены в основу расчета количеств сорбированного АФ при построении изотерм сорбции и кинетических кривых. На рисунках приведены изотермы сорбции (рис.1) и кинетические кривые (рис. 2) выщирания АФ волокон СВМ в отсутствие кислоты (кривые 1) и в кислой среде (кривые 2).

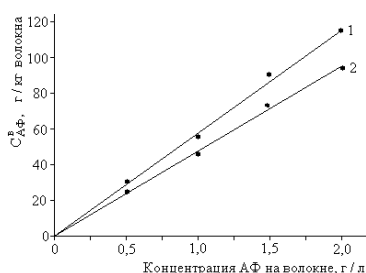


Рис. 1

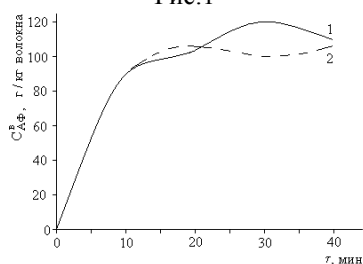


Рис. 2

В условиях эксперимента наблюдается линейная зависимость количества сорбированного АФ от концентрации в растворе, что свидетельствует о диффузном распределении АФ на волокне в соответствии с законом Генри-Нернста. Снижение сорбции АФ волокном в присутствии кислоты объясняется понижением растворимости и переходом АФ в форму малодиссоциированного соединения. Последнее поглощается субстратом в количестве, достигающем 9,5 % от массы волокна. Рассчитанное значение сродства АФ к волокну СВМ составило:

$$-\Delta\mu = RT \ln C_{\text{АФ}}^B / C_{\text{АФ}}^P =$$

$$= 8,31 \cdot 373 \cdot (-1,15) = - 3,57 \text{ кДж/моль},$$

где R – универсальная газовая постоянная.

Кажущийся коэффициент диффузии D определяли по времени полусорбции $\tau_{1/2}$:

$$D = (0,063 r^2 / \tau_{1/2}) (1 - \alpha)^{1,68} =$$

$$= [0,063 (42 \cdot 10^{-4})^2 / 5 \cdot 60] \cdot$$

$$\cdot (1 - 0,19/0,50)^{1,68} = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с},$$

где r – радиус набухшего элементарного волокна, $42 \cdot 10^{-4}$ см; α – степень выщирания АФ.

Приведенный расчет показывает, что величина сродства АФ к волокну в 1,5...2 раза ниже сродства катионного красителя, а кажущийся коэффициент диффузии на 3...4 порядка выше. Можно предположить, что более подвижные ионы АФ оказывают на волокно пластифицирующее действие, образуют комплексы с волокном по аналогии с алкилсульфатом натрия [4] по типу полимер–АПАВ–АПАВ–полимер, которые частично разрушаются в результате взаимодействий красителя с АФ и красителя с волокном.

ВЫВОДЫ

Использование АФ в композициях с катионными красителями способствует получению устойчивых окрасок на параарамидных гетероциклических волокнах, при этом эксплуатационные свойства (разрыв-

ная нагрузка, стойкость к термоокислительной деструкции) в определенных условиях могут повышаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. E. McIntyre Aramid fibres. Rev. Prog. Coloration Volum 25. – 1995. P.44... 55.
2. Пат. РФ № 2158793. 2000 г.

3. Пат. РФ № 2238356. 2004 г.

4. Дянкова Т. Ю., Михайловская А.П., Перепелкин К.Е. Особенности подготовки параарамидных тканей к операциям отделки // Химические волокна. – 2002, № 1. С.53...56.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 02.06.08.

УДК 677.027

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛЮМОСИЛИКАТА В ГИДРОФОБНОЙ ОТДЕЛКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.Л.ВЛАДИМИРЦЕВА, Л.В.ШАРНИНА, И.Б.БЛИНИЧЕВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

В последние годы на рынке текстиля большую популярность приобрели технические ткани со специальными видами отделки. Наиболее востребованными из них являются материалы с эффектом водоотталкивания в сочетании с высокой воздухопроницаемостью.

Для этого вида отделки используются гидрофобизирующие композиции отечественного или импортного производства, которые образуют на поверхности волокон и нитей гидрофобный экран, защищающий гидроксильные группы молекул целлюлозы от взаимодействия с водой. При этом зачастую фирма производитель, рекомендуя свой препарат, предлагает дополнительно катализатор и/или интенсификатор, повышающий качество отделки, или позволяющий снизить температуру фиксации, при этом их состав не раскрывается. Однако интенсифицирующие добавки из-за их высокой стоимости крайне редко приобретаются отделочными предприятиями.

По нашему мнению, роль дешевого и эффективного катализатора-интенсификатора может выполнить синтетический алюмосиликат (САС), который является побочным продуктом, образующимся при производстве фторида алюминия, выпускаемого Череповецким химическим комбинатом. САС представляет собой тонкодисперсный практически нерастворимый кристаллический порошок белого цвета, основной составляющей которого являются оксиды кремния и алюминия. Кроме того, этот алюмосиликат содержит до 2...6 % фторида алюминия и имеет общую формулу $[xAl_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot zAlF_3]$ [1]. Учитывая специфику состава синтетического алюмосиликата (САС), имеющего как нерастворимую (оксиды кремния и алюминия), так и растворимую (фторид алюминия) составляющие – он может быть успешно использован в процессах гидрофобизации текстильных материалов.

В качестве объектов исследования в работе использованы препараты, применяемые текстильными предприятиями центрального региона: перлит 40178, байгард АFF, плувион, фоборит М. Концентрация САС в аппретирующем составе варьировалась от 0 до 25 г/л отделочной композиции.

Отделке подвергались легкие технические ткани различной поверхностной плотности и переплетения: молескин арт. 3054, диагональ арт. 6847, саржа арт. 6915, парусина полульняная арт.7.

Качество водостойкой отделки определяют по водоупорности образцов методом Шоппера [2].

На рис. 1 приведены показатели водостойкости ткани молескин в зависимости от концентрации катализатора в отделочном составе для препаратов перлит 40178 (кривая 1), плувион (кривая 2), фоборит М (кривая 3), байгард АFF (кривая 4). Основываясь на полученных данных была выбрана оптимальная концентрация САС, составившая 15 г/л. Увеличение содержания препарата незначительно повышает водоупорность и может приводить к появлению на полотне белого налета, практически незаметного на белых или светлоокрашенных тканях, но изменяющего оттенок материалов с более темной окраской.

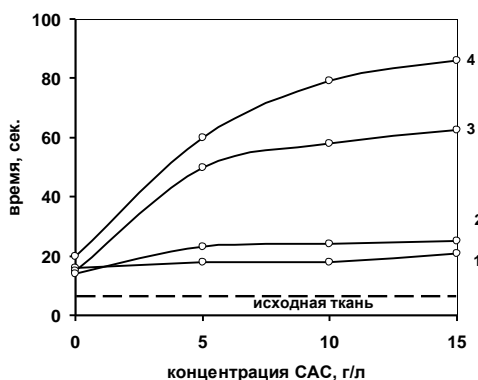


Рис.1

Анализ полученных результатов, показал, что в присутствии САС в рабочем растворе водостойкость тканей заметно возрастает (время появления первых трех капель увеличивается в 2...4 раза). Лучшие показатели достигнуты с применением таких препаратов, как байгард АFF и фоборит М. Это подтверждают данные, представленные на рис. 2, отражающем общую картину влияния препарата САС в оптимальной концентрации на качество водостойкой отделки. Такой эффект обусловлен тем, что препараты байгард АFF и фоборит М имеют в своей основе метилольные производные различных соединений, содержащие длинные алкильные цепочки углеводородных, в нашем случае, фторуглеводородных групп. При этом САС выполняет двойную функцию: за счет содержащейся в нем растворимой фракции – фторида алюминия – выступает в роли эффективного катализатора реакции взаимодействия метилольных групп гидрофобизатора с гидроксильными группами целлюлозы, а за счет нерастворимой части – соединений кремния и алюминия – при образовании в субмикроскопических порах волокна пленки гидрофобных веществ, экранирующих гидроксильные группы молекул целлюлозы от контакта с водой, усиливает действие гидрофобизатора.

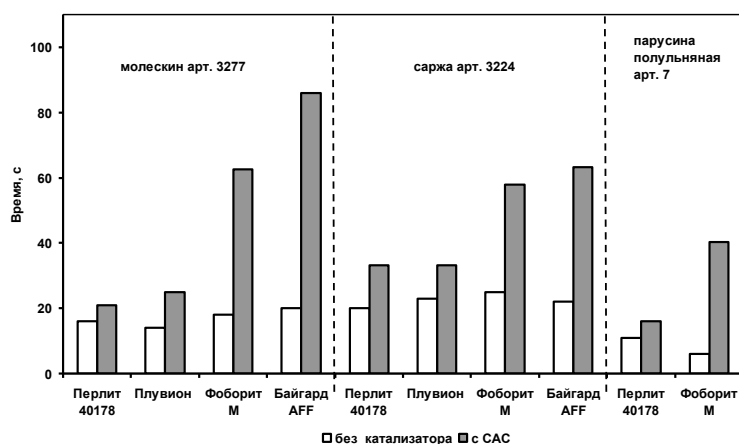


Рис.2

Перлит 40178 и плувион, предназначенные для неперманентной отделки, содержат очень небольшое количество производных меламина. Гидрофобность они обеспечивают в основном за счет наличия в их составе парафинов, при этом мельчайшие частицы САС, распределяясь в пленке гидрофобизатора на поверхности волокна, несколько повышают гидрофобный эффект, но впоследствии удаляются вместе с парафиновой пленкой при стирке или химической чистке.

В ходе работы была выявлена зависимость эффективности действия гидрофобизаторов в сочетании с САС от ткацкой структуры и переплетения тканей. Лучшие результаты при введении в композицию САС получены на ткани молескин, имеющей атласное переплетение, обеспечивающее ровную гладкую поверхность. Наименее значимое повышение водостойкости отмечено для полульняной ткани. Причиной может служить рыхлая структура самой ткани, а также большое количество в ней нецеллюлозных примесей, что затрудняет образование сплошной гидрофобной пленки.

Большой практический интерес представляет возможность снижения температуры термофиксации при использовании нового катализатора. Этот эффект обусловлен высокой каталитической активностью фторида алюминия и подтверждается серией экспериментов, в которых температуру фиксации аппретов с различными препаратами снижали со 160 до 120 °С.

На рис.3 в качестве примера представлена оценка влияния температурного фактора на водоупорность молескина для аппретирующих составов: 1 – плувион; 1' – плувион +САС; 2 – байгард АФФ; 2' – байгард АФФ + САС; 2'' – байгард АФФ + катализатор фирмы Байер. Полученные результаты убедительно доказывают, что введение в композицию САС дает возможность снизить температуру термофиксации ткани до 120°С без ущерба для качества отделки. Причем и в этом случае сохраняется тенденция более эффективного при-

менения САС в сочетании с препаратами байгард АФФ и фоборит. Сравнивая результаты, полученные в присутствии САС и с катализатором, рекомендуемым фирмой Байер, отметили, что они практически идентичны. При этом очевидной является экономическая привлекательность нового катализатора, определяемая его низкой себестоимостью.

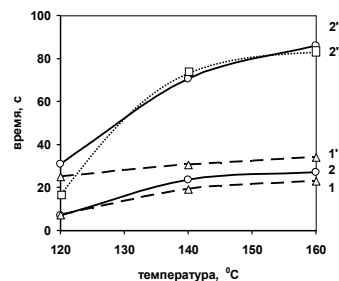


Рис. 3

ВЫВОДЫ

1. В ходе работы обоснована высокая эффективность использования синтетического алюмосиликата в композициях для водостойкой отделки целлюлозосодержащих тканей. Комбинация в его составе нерастворимой (оксиды кремния и алюминия) и растворимой (фторид алюминия) частей позволяет препарату одновременно являться катализатором процесса сшивки и смолообразования, а также усиливать гидрофобизирующее действие традиционных препаратов.

2. Доказана возможность снижения температуры фиксации на ткани аппретирующей композиции со 160 до 120°С без ущерба для качественных показателей отделки.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 19181–78. Алюминий фтористый технический. – Государственный комитет СССР по стандартам, М., 1989. С.3.
- Лабораторный практикум по текстильному материаловедению: Учеб. пособ. для вузов / Кобляков А.И., Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. и др. – М.: Легпромбыздат, 1986.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 21.03.08.

МЕХАНОХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННАЯ КРАХМАЛЬНАЯ ШЛИХТА ДЛЯ ЛЬНЯНЫХ ОСНОВ

И.М. ЛИПАТОВА, А.А. ЮСОВА

(Институт химии растворов РАН, г. Иваново)

Для шлихтования льняных основ применяется главным образом шлихта на основе крахмала, которая традиционно готовится термохимическим способом. Альтернативный механохимический способ приготовления шлихты с использованием роторно-импульсных аппаратов (РИА) [1] позволяет не только значительно сократить продолжительность и общую энергоемкость процесса, но и совместить приготовление препаратов на основе крахмала (расщепление и гомогенизация) с его химической или структурной модификацией. Поиск новых модификаторов, способных при наложении интенсивных механических воздействий специфически изменять структуру обрабатываемого гидрогеля и соответственно влиять на его структурно чувствительные свойства, представляет значительный практический и теоретический интерес. Ранее нами была выявлена способность некоторых ПАВ из ряда оксиэтилированных жирных спиртов вызывать устойчивое загущение крахмальных гидрогелей при их совместной обработке в РИА. В работе [2] приводятся доказательства того, что достигаемый эффект увеличения вязкости крахмальных гидрогелей, подвергнутых механической обработке в присутствии ПАВ, есть результат механоиницируемого образования амилозно-углеводородных комплексов, построенных по типу «хозяин» – «гость». Механоиницируемое комплексообразование является разновидностью модификации крахмальных гидрогелей, позволяющей целенаправленно регулировать их вязкость.

Целью настоящей работы является исследование возможности использования оксиэтилированных спиртов в качестве структурных модификаторов при получении шлихты для льняных основ механохимическим способом.

Объектом исследования служил кукурузный, нормальный крахмал ГОСТ 7697–81.

Клейстеризацию крахмала (получение гидрогелей) осуществляли путем термической обработки крахмальных суспензий на водяной бане при температуре 90°C в течение 15 мин. Исследовались гидрогели с концентрацией крахмала 3 мас%.

Вязкость исходных и механически обработанных крахмальных гидрогелей измеряли на ротационном вискозиметре Брукфильда (LVDV-1+) с цилиндрическим ротором (6/RPM) при 25±0,5°C в диапазоне скоростей сдвига 0,1...132 с⁻¹ при температуре t = 30°C.

Поверхностное натяжение крахмального гидрогеля на границе с воздухом измеряли с помощью прибора Ребиндера [3].

Шлихтование льняной пряжи №23 ВМВЛ производили на лабораторной шлихтовальной установке с ИК-сушильной камерой.

Устойчивость ошлихтованных нитей к пиллингу испытывали на лабораторном стенде, обеспечивающем многократное прохождение образца через галева, закрепленные на неподвижной рамке. За показатель устойчивости принимали число циклов, после которого наблюдалось заметное пушение пряжи.

Расшлихтовку нитей осуществляли при температуре 80°C в термостатируемой емкости с постоянным перемешиванием расшлихтовочного раствора. Время расшлихтовки – 30 мин. Для расшлихтовки был использован раствор NaOH с концентрацией 2 г/л.

Определение разрывной нагрузки и разрывного удлинения проводили по ГОСТу 66113–73 на разрывной машине РМ-3.

Все исследованные в работе ПАВ представляют собой оксиэтилированные спир-

ты преимущественно жирного ряда с общей формулой $C_nH_{2n+1}O(C_2H_2O)_mH$ (табл. 1 – характеристики оксиэтилированных спиртов и их влияние на вязкость шлихты при механическом способе пригото-

вления). Образцы 6 и 8 представляют собой оксиэтилированные алкилфенолы с общей формулой $C_nH_{2n+1}C_6H_6O(C_2H_2O)_mH$.

Т а б л и ц а 1

Номер образца	n	m	ММ	Вязкость, Па·с	Степень загущения*
1	шлихта без добавок			0,23	1
2	10 - 12	2,0	260	1,23	5,35
3	10 - 13	2,0	273	1,28	5,55
4	10 - 12	3,0	304	1,15	5,00
5	12 - 14	3,0 – 3,5	326	1,05	4,57
6	14 - 18	2,0	359	1,05	4,55
7	9	4,0	396	0,29	1,25
8	9	6,0	484	0,17	0,75
9	8 - 10	6,0 – 8,0	435	0,24	1,05
10	10 - 18	8,0–10,0	610	0,18	0,78
11	18	20,0	1150	0,18	0,79

П р и м е ч а н и е. * степень загущения – отношение вязкостей совместно обработанной системы гидрогель крахмала – ПАВ и обработанного гидрогеля без добавки ПАВ; обработка РИА: $n=4000$ об/мин, время обработки 4 с; $C_{кр}=3$ мас%; $C_{ПАВ}=3,0 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹.

Влияние присутствия разных образцов ПАВ на вязкость крахмальных гидрогелей после совместной обработки в РИА продемонстрировано в табл. 1. Существенное увеличение вязкости наблюдалось для образцов 1...5, имеющих относительно низкие значения степени оксиэтилирования (m). Выявленного загущения не наблюдалось в тех случаях, когда использованный оксиэтилированный спирт имел либо слишком большую молекулярную массу, либо объемный фенильный заместитель. Этот результат является дополнительным подтверждением того, что причиной загущения в остальных случаях является механически инициируемое образование комплексов между амилозой крахмала и вводимыми углеводородами, которое возможно лишь при выполнении условия геометрического соответствия.

Для обеспечения необходимой адгезии и пенетрации шлихты ее поверхностное натяжение должно быть низким. Представленная на рис.1 (кривая 1) изотерма поверхностного натяжения для загущающего ПАВ имеет вид, не характерный для обычных ПАВ, не вступающих в специфическое взаимодействие с крахмалом (рис.1, кривая 2). Как видим, во втором случае изотерма имеет обычный вид, то есть уже

незначительные добавки ПАВ вызывают существенное снижение поверхностного натяжения. В том случае, когда крахмал обрабатывался в присутствии загущающего ПАВ, снижения поверхностного натяжения не наблюдалось, вплоть до достижения концентрации ПАВ $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹. Подобные изотермы поверхностного натяжения были получены и для ряда других исследованных образцов ПАВ (образцы 1...5, табл.1). При этом концентрации добавок, после достижения которых изотермы приобретали обычный вид, для разных ПАВ составили $1,5...2,5 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹. Такое «запаздывание» начала снижения поверхностного натяжения с увеличением концентрации ПАВ свидетельствует о связывании молекул ПАВ макромолекулами амилозы.

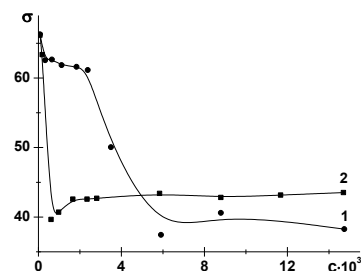


Рис. 1

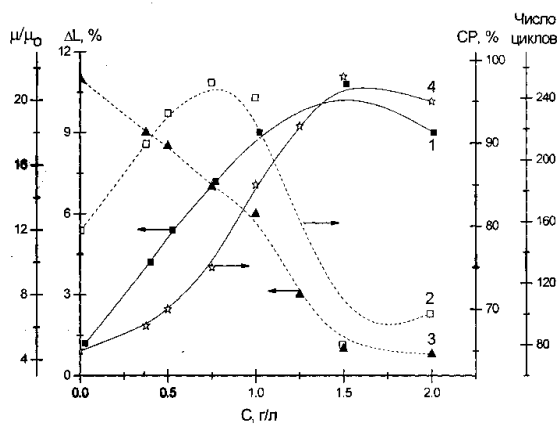


Рис.2

Для льняных нитей характерна, как известно, высокая разрывная прочность, поэтому цель шлихтования сводится к предотвращению пиллинга при ткачестве. При этом требуется качественный внешний оклей без глубокого проникновения шлихты вглубь нити во избежание излишних потерь эластичности. Проникающая способность шлихты определяется ее реологическими свойствами (динамической вязкостью и пределом текучести). Для шлихтования льна, как правило, используется шлихта с низкой концентрацией крахмала, которая при хорошем его расщеплении обладает низкой вязкостью, поэтому оптимальное распределение шлихты в поперечном сечении не достигается. Мы предположили, что введение загущающего ПАВ в шлихту при механическом способе приготовления позволит регулировать ее вязкость и обеспечить тем самым лучшие показатели шлихтования. Наиболее важными показателями качества шлихтования льняной пряжи являются устойчивость к пиллингу и потери относительного удлинения (ΔL). В технологическом отношении немаловажным также является обеспечение высокой степени расшлихтовки. На рис. 2 показано влияние количества вводимой добавки загущающего ПАВ на основные показатели шлихты и ошлихтованной пряжи: кривая 1 – вязкость шлихты; 2 – устойчивость к истирающим нагрузкам; 3 – потери относительного удлинения; 4 – степень расшлихтовки. Вязкость шлихты экстремально зависит от концентрации ПАВ, что, по-видимому, свидетельствует о

достижении некоторого предела связывания углеводорода макромолекулами амилозы, после чего избыток ПАВ начинает выполнять роль пластификатора. Изменения свойств шлихты с увеличением концентрации добавки отражается на основных показателях шлихтования. Так, устойчивость к многократным истирающим воздействиям (рис.2, кривая 2) сначала возрастает, но при значительном увеличении вязкости вновь начинает снижаться. Характерно, что минимальной устойчивости к истиранию соответствует максимальная степень расшлихтовки (кривая 3) и минимальные потери относительного удлинения (кривая 4). Очевидно, что при данной концентрации загущающего ПАВ и соответственно очень высокой вязкости степень проникновения шлихты слишком мала, и необходимого сцепления с нитью не обеспечивается. Для этих образцов при пропускании через галева на испытательном стенде очень быстро начинался облет шлихты. По этой же причине наблюдалось быстрое удаление шлихты при расшлихтовке. Для того, чтобы увеличить сцепление шлихты с поверхностью нити, необходимо было понизить ее поверхностное натяжение. Загущающий ПАВ в области концентрации, соответствующей преимущественно поверхностному оклею нитей, не обеспечивает снижения поверхностного натяжения шлихты (рис.1, кривая 1). Поэтому в состав комплексного структурного модификатора шлихты дополнительно был введен незагущающий ПАВ.

Т а б л и ц а 2

Показатели	Традиционная шлихта	Механо-химически модифицированная шлихта
Потери эластичности, %	10,3	3,5
Статический коэффициент трения	0,360	0,310
Устойчивость к пиллингу, число циклов	154	252
Степень расшлихтовки, %	65-72	82-93

На основании экспериментальных данных был разработан комплексный модификатор для механохимического способа получения шлихты, включающий пару оксиэтилированных спиртов, один из которых способен к механоиницированному комплексообразованию с амилозой. Механохимически модифицированная шлихта с использованием разработанного модификатора образует на поверхности нити гладкую пленку, обеспечивающую повышение устойчивости к истиранию при минимальных потерях эластичности (табл. 2 – характеристики льняной пряжи, ошлихтованной механохимически модифицированной шлихтой (концентрация комплексного модификатора 1,5 г/л)). Как показали микроскопические исследования, распушенность нитей, оклеенных механохимически модифицированной шлихтой, оказалась существенно ниже, чем в случае шлихтования традиционной шлихтой (рис.3 – микрофотографии льняной пряжи, ошлихтованной традиционно (а) и механохимически модифицированной (б) крахмальной шлихтой). Вторым назначением модификатора является придание крахмальной пленке повышенной разрушаемости в воде, что в сочетании с ее преимущественно поверхностным расположением обеспечивает повышение степени расшлихтовки. Для регулирования вязкости шлихты в зависимости от плотности шлихтуемых нитей достаточно изменения дозировки модификатора. Стоимость модифицированной шлихты предположительно не будет превышать стоимости обычной шлихты, приготовленной термохимическим способом, за счет сокращения затрат тепловой энергии на приготовление.

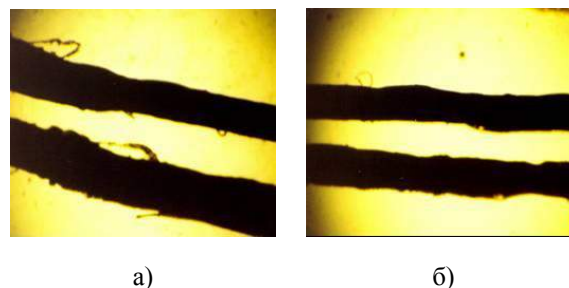


Рис.3

ВЫВОДЫ

1. Разработан способ получения механохимически модифицированной крахмальной шлихты с регулируемой вязкостью, основанный на обработке клейстеризованного крахмала в роторно-импульсном аппарате в присутствии оксиэтилированных жирных спиртов.
2. Показано, что использование модифицированной шлихты для шлихтования льняных основ позволяет повысить их устойчивость к истирающим нагрузкам при минимальных потерях эластичности, а также значительно облегчить процесс последующей расшлихтовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатова И.М., Падохин В.А., Морыганов А.П. и др. // Текстильная промышленность. – 1998, №5. С. 32...33.
2. Юсова А.А., Липатова И.М., Морыганов А.П. // Журнал прикладной химии. – 2003. Т.76. Вып. 3. С. 449...453.
3. Курилова В.А., Волкова Н.В. Оценка качества шлихты по величине поверхностного натяжения // Новые полимерные материалы и материаловедение в легкой промышленности. – М., 1978. Т. 1. С. 14...17.

Рекомендована научно-техническим семинаром отдела «Химия текстильных материалов». Поступила 28.04.08.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ НА КАЧЕСТВО КРАШЕНИЯ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

А.В. ЧЕШКОВА, Л.Н. МОНАХОВА, В.А. ЧЕШКОВА, Е.В. СМИРНОВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Ужесточение современных стандартов качества продукции и норм ПДК веществ в сточных водах, предусматривающих по правилам ЭКОТЕКС-100 полное исключение хлорсодержащих реагентов, требует внедрения «бесхлорных» технологических режимов облагораживания льняных материалов. Предполагается, что исключение обработок хлорсодержащими реагентами из технологического процесса подготовки позволит значительно упростить организацию поставок, хранения и эксплуатации химреактивов. Во-вторых, необходимость разработки и скорого внедрения новых, сокращенных способов беления продиктована изменением бизнес-стратегии льняных производств, направленной в сторону увеличения выпуска гладкокрашенных материалов и изделий. Разнообразное оформление одежных тканей, относящихся к наиболее быстроразвивающейся и перспективной группе ассортимента льнопроизводств, является залогом успешных продаж не только на внутреннем рынке, но и за рубежом. По объему производства эти ткани занимают пока лишь третье место после бельевых и скатертных.

Для материалов, подвергающихся крашению, не всегда требуется высокая белизна, однако во избежание некоторых видов брака требуется высокая степень очистки от сопутствующих примесей, шликты при условии высокой сохранности целлюлозы волокна. Одним из альтернативных способов подготовки под крашение является биохимический способ беления. На кафедре химической технологии волокнистых материалов были впервые разработаны и промышленно апробированы бесхлорные технологии отделки текстильных льносодержащих материалов, где первая стадия обработки полиферментным составом

на основе амилаз, пектиназ, гемицеллюлаз и целлюлаз определяет число стадий и условия щелочно-пероксидного беления. Практическое внедрение получил способ, состоящий из следующих стадий: пропитка раствором, содержащим биофлекс или биолен 1...2 г/л при 50...60°C (выдерживание без подогрева 2 ч или термостатирование при 50...70°C в течение 20...45 мин), далее щелочно-пероксидное беление (запаривание 85...95°C) в две стадии [1], [2]. Данный способ применим для беления льняных тканей расправленным полотном на линиях Бенингер, Вакаяма, барках и джиггерах (ВК-3 или Kusters), а для полульняных и котонинсодержащих на линиях ЛОБ, Goller, ЛЖО. Высокая экологическая безопасность предлагаемых процессов ферментативно-пероксидного беления подтверждается улучшением качества сточных вод, в частности, снижением более чем в 1,5 раза БПК и ХПК, концентрации взвешенных веществ и сухого остатка более чем в 2 раза.

Нами проведена оценка влияния способа подготовки на накрашиваемость льняной ткани различных артикулов активными красителями и устойчивость получаемых окрасок к физико-механическим воздействиям. В качестве объектов исследования выбраны ткани, подготовленные на различных отделочных производствах, что позволит получить более объективную картину. Сравнение производили с результатами, полученными для тканей, подготовленных по регламентированным технологиям гипохлоритно-пероксидного беления в 3...5 стадий.

Из представленных в табл. 1...3 (табл.1 – влияние способа подготовки льняной ткани на результаты крашения активными красителями (по результатам производственных испытаний на Гаврилов-Ямском

льнокомбинате, барки ВК-3, арт. 576); табл.2 – сравнительные результаты значений K/S и показателей устойчивости к физико-механическим воздействиям для окрашенной льняной (арт. 292) и полульняной (арт. 471) ткани («Зворыкинская мануфактура» (г.Кострома), ремазоль красный RR, выкраска 1 %); табл.3 – спектральные характеристики окрашенной льняной ткани (подготовка тканей осуществлялась в условиях Красавинского льно-

комбината, Вологодская область, г. Красавино, линия ЛЖО-Л)) данных можно видеть, что в процессе ферментативно-пероксидного беления в результате поэтапного удаления сопутствующих примесей достигается желаемый эффект модификации целлюлозы волокна, обеспечивающий качественное крашение активными красителями в условиях регламентированных режимов.

Т а б л и ц а 1

Способ обработки	K/S	Прочность окраски к, баллы				Количество незафиксированного красителя, %
		трению		мылу	поту	
		сухому	мокрому			
Цибакрон красный LS, (0,5 % выкраска)						
1. Ферментативная обработка	2,30	3-4	2	2-3/4	2-3/4-5	4,9
2. Полный цикл подготовки, 3 стадии	2,41	4	3	3-4/4-5	3-4/4-5	1,2
Активный желтый 5К (3% выкраска)						
1. Ферментативная обработка	0,80	4-5	4-5	4-5	4	5,6
2. Полный цикл подготовки, 3 стадии	0,92	5	4-5	4-5	4	1,7
Активный зеленый 5Ж (3% выкраска)						
1. ферментативная обработка	1,11	4-5	4-5	4	3-4	1,9
2. полный цикл подготовки, 3 стадии	1,44	5	5	4-5	4	0,2
Ремазоль красный LL (0,5 % выкраска)						
Ферментативно-пероксидное беление						
1. Ферментативная обработка	0,79	5	3/3	5/3/3	3/3/3	3,8
2. Полный цикл подготовки, 3 стадии	0,98	5	5/4-5	5/4/3	3-4/4/3	1,1
Гипохлоритно-пероксидное беление						
1. Расшлихтовка щавелевой кислотой, пероксидное беление	0,79	5	4/3	3/3/3	3/3/3	1,2
2. Полный 4-стадийный цикл	0,90	5	4/3	5/3/3	3/4/3	1,2

Несмотря на то, что белизна тканей, отбеленных по сокращенной ферментативно-пероксидной технологии на 1...2 % ниже, чем после беления по действующим технологиям, значения показателя K/S окрашенных полотен сравнительно высоки. Первопричиной такого эффекта считаем обеспечение высокой степени расшлихтовки под действием высокоспецифичных амилаз, входящих в состав биофлекса.

Известно, что недостаточная степень расшлихтовки или повреждение целлюлозы волокна может привести к образованию разных по интенсивности окрашенных полос, так называемых засечек или пятен. Ферменты избирательно разрушают крахмал шлихты, не затрагивая при этом целлюлозу волокна. Дополнительно к этому воздействие пектиназ на льняное волокно способствует частичной депектинизации и, как следствие, делигнификации материала.

Т а б л и ц а 2

Артикул	K/S	Устойчивость, баллы			
		к мылу	к поту	К трению	
				сухому	мокрому
Арт. 471, ферментативно-пероксидное беление, 3 стадии	2,7	3-4/4-5	4-5/3-4	4-5	3
Арт. 471, гипохлоритно-пероксидное беление, 3 стадии	2,2	3-4/4-5	3-4/3-4	4-5	3-4
Арт. 292, ферментативно-пероксидное беление, 3 стадии	3,2	5/4-5	5/4-5	4-5	3
Арт. 292, гипохлоритно-пероксидное беление, 4 стадии	3,0	3-4/4-5	4-5/4-5	3-4	3-4

П р и м е ч а н и е. * Беление производилось на линии Бенингер.

Т а б л и ц а 3

Название красителя	Вы- краска , %	Цветовое различие, ΔE	Цветовой тон, ΔH	Свет лота, ΔLab	Насыщенность, Δcab
Гипохлоритно-пероксидный способ, 5 стадий, модуль красильной ванны 1:5					
Остазин желтый V-GR	6	0,58	0,56	0,04	-0,04
Рывалон желтый 3R	6	0,10	0,10	0,00	-0,02
Остазин красный V-RBS	6	0,12	-0,01	0,05	0,11
Остазин синий V-R	6	0,22	-0,21	0,05	-0,06
Рывалон синий BR	6	0,19	-0,11	-0,01	-0,16
Рывалон синий 2GM	6	0,85	0,00	0,01	0,85
	3	0,58	0,03	0,06	0,58
	0,5	0,19	-0,12	-0,01	-0,14
Ферментативно-пероксидный способ, 3 стадии, модуль красильной ванны 1:20					
Остазин желтый V-GR	6	1,70	-1,68	-0,22	0,11
Остазин красный V-RBS	6	0,69	0,24	-0,29	-0,58
Рывалон красный 3B	6	0,31	0,18	-0,11	-0,22
Остазин синий	6	0,27	-0,21	0,00	-0,17
Рывалон синий BR	6	0,24	-0,09	-0,03	-0,23
Рывалон синий 2GM	6	1,01	0,39	-0,04	-0,83
	3	0,11	0,01	-0,02	-0,11
	0,5	0,60	-0,24	-0,07	-0,55
Гипохлоритно-пероксидный способ, 5 стадий, модуль красильной ванны 1:20					
Остазин желтый V-GR	6	1,29	-1,28	-0,18	0,12
Рывалон желтый 3R	6	1,06	-0,99	-0,31	-0,25
Остазин красный V-RBS	6	0,73	0,52	-0,21	-0,46
Рывалон красный 3B	6	0,49	0,30	-0,17	-0,35
Остазин синий V-R	6	0,54	-0,40	-0,01	-0,35
Рывалон синий BR	6	0,50	0,01	-0,10	-0,49
Рывалон синий 2GM	6	0,29	0,14	-0,02	-0,25
	3	0,15	-0,02	0,01	0,15
	0,5	0,33	-0,03	-0,06	-0,33
Ферментативно-пероксидный способ, 3 стадии, модуль красильной ванны 1:5					
Остазин желтый V-GR	6	0,15	0,14	0,00	-0,05
Рывалон желтый 3R	6	0,02	-0,02	-0,01	-0,01
Остазин красный V-RBS	6	0,29	-0,29	-0,03	-0,03
Рывалон красный 3B	6	0,09	-0,05	0,04	0,06
Остазин синий V-R	6	0,14	-0,02	0,06	0,13
Рывалон синий BR	6	0,24	-0,21	0,06	0,11
Рывалон синий 2GM	6	0,27	0,23	-0,02	0,14
	3	0,32	0,07	0,03	0,32
	0,5	0,48	-0,32	-0,02	-0,36

Синергетический эффект от действия всех гидролаз благоприятствует увеличению сорбционной восприимчивости и реакционной способности целлюлозы по отношению к белящим реагентам и далее к красителям. Можно видеть, что изменение технологического режима подготовки не приводит к снижению устойчивости окрасок к физико-механическим воздействиям. Причем в некоторых случаях установлены более высокие баллы по устойчивости окраски к поту, мокрому трению, что немало важно для тканей сорочечного и костюмного ассортимента.

В табл. 3. суммированы результаты спектральных характеристик льняной ткани производства Красавинского льнокомбината, окрашенной активными красите-

лями фирмы Синтезия (Чехия) (табл. 3), (рис. 1 – сравнительная диаграмма накрашиваемости льняной ткани различных способов подготовки активными красителями, где г-п – классический гипохлоритно-щелочно-пероксидный способ беления (5 стадий); ф-п – «бесхлорный», ферментативно-пероксидный способ беления (3 стадии)).

Проведена вариация показателя процентной выкраски (0,5, 3 и 6 %) и модуля пропитывающей ванны (1:5 и 1:20). Анализ полученных результатов не выявил значительных изменений цветового различия, цветового тона, светлоты и насыщенности окраски. Разница значений варьируется в пределах единицы.

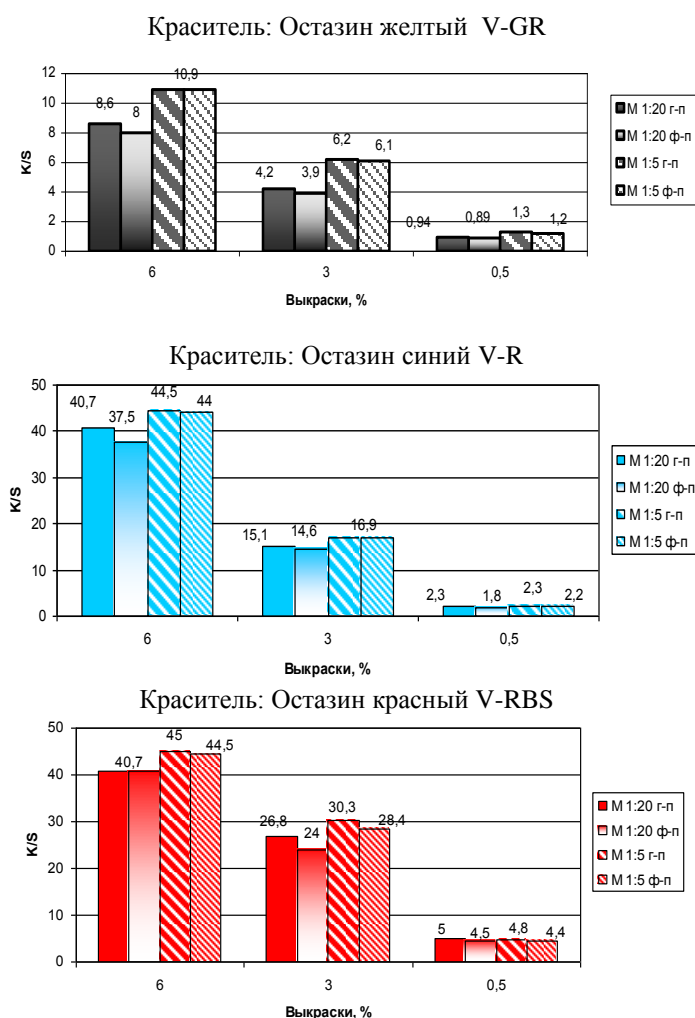


Рис. 1

ВЫВОДЫ

Получены результаты, наглядно подтверждающие целесообразность замены традиционного гипохлоритно-щелочно-перекисного способа беления на сокращенный «бесхлорный» способ подготовки и перспективность его использования для подготовки льняных и полульняных тканей под крашение активными красителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чешкова А.В. Экологические аспекты использования ферментов в текстильном производстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 1. С. 67...70.

2. Чешкова А.В., Кузьмин А.П., Шибашова С.Ю. Безгипохлоритное беление льносодержащих текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 4-5. С. 75...78.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 03.12.07.

УДК 677.08.021.16/022

**ДВУХФАЗНАЯ СИСТЕМА ПЕРЕРАБОТКИ
ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ
С НЕПРЕРЫВНЫМ ПОТОКОМ ТЕПЛА
С ГРАДИЕНТОМ КОНЦЕНТРАЦИИ**

И.В. ФРОЛОВА, С.Ю. КАПУСТИН, И.А. ЧЕБЕРЯК, Д.Е. ЖУКОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

При щадящей технологии восстановления дорогостоящего сырья, например, волокон шерсти, желательно применять эволюционный подход к переработке волокнистых отходов с возможностью разумного равновесия механической и двухфазной системы воздействия (жидкость – пар), через которую идет непрерывный поток тепла.

Вследствие тепловой диффузии в системе наряду с градиентом температуры имеет место и градиент волокнистой концентрации, когда волокнистая масса насыщена жидкостью и фактически технологическая схема соответствует диссипатив-

ной функции с общим критерием эволюции.

В связи с тем, что стенки устройства тепловлажностной обработки изолированы, можно проследить за изменением потенциала объемно-распределенных концентрированных масс и температуры лишь по оси x .

Исследуем две подсистемы, так как кинетические коэффициенты жидкой концентрированной массы и парообразной фазы значительно отличаются друг от друга.

Согласно общему критерию эволюции при выводе обобщенной диссипативной функции запишем уравнения баланса:

$$\frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x_i} \rho_{\alpha} v_i - \frac{\partial}{\partial x_i} J_i^{(\alpha)} + \sum_{\beta=1}^R M_{\alpha} v_{\alpha\beta} K_{\beta}, \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial v_i}{\partial t} = -\rho v_i \frac{\partial v_i}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \pi_{ij} + \sum_{\alpha=1}^N \rho_{\alpha} F_i^{(\alpha)}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x_i} \rho v_i u - \frac{\partial q_i}{\partial x_i} - \pi_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \sum_{\alpha=1}^N J_i^{(\alpha)} F_i^{(\alpha)}, \quad (3)$$

где $J_i^{(\alpha)}$ – поток массы вещества α относительно средней массовой скорости; v_i – составляющая скорости жидкости и система функций от x и y ; M_{α} – молекулярный вес вещества α ; K_{β} – скорость хими-

ческой реакции; $F_i^{(\alpha)}$ – составляющая массовой силы, действующей на компонент α ; q_i – составляющая теплового потока; N – число компонентов; u – внутренняя энергия на единицу массы; $v_{\alpha\beta}$ – стехиометрический коэффициент компонента α в

химической реакции β ; ν – кинематическая вязкость; ρ_α – плотность вещества α ; π_{ij} – составляющая тензора давления; u – внутренняя энергия на единицу массы; q – толщина пограничного слоя.

Рассмотрение задачи состоит в том, чтобы получить общий критерий, описывающий стационарное состояние непрерывной двухфазной системы регенерации волокнистых отходов согласно основоположникам этой теории, Пригожину и Глансдорфу, которая предусматривает распределение температуры в твердом теле, к границам которого одновременно подводится и отводится тепло. Причем температура T на границе тел не зависит от времени. Уравнениями баланса, описывающими эту систему, служат уравнения (1)...(3).

Умножаем обе стороны этих уравнений соответственно на:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(\frac{\mu_\alpha}{T}\right), \left(\frac{1}{T}\right)\left(\frac{\partial v_i}{\partial t}\right) \text{ и } \left(\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(\frac{1}{T}\right), \quad (4)$$

где t – время.

Изменение внутренней энергии, приходящейся на единицу массы, зависит только от изменения температуры в данной системе:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (5)$$

где C_v – удельная теплоемкость.

После умножения уравнений (1)...(3) на (4) имеем:

$$\frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} \left(-\frac{\partial \mu_\alpha}{\partial t T}\right) = -\frac{\partial \mu_\alpha}{\partial t T} \left(-\frac{\partial}{\partial x_i} \rho_\alpha v_i - \frac{\partial}{\partial x_i} J_i^{(\alpha)} + \sum_{\beta=1}^R M_\alpha v_{\alpha\beta} K_\beta\right), \quad (6)$$

$$\rho \frac{\partial v_i}{\partial t} \left(-\frac{1}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t}\right) = \frac{1}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t} \left(-\rho v \frac{\partial v_i}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \pi_{ij} + \sum_{\alpha=1}^N \rho_\alpha F_i^{(\alpha)}\right),$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} \frac{\partial 1}{\partial t T} = \frac{\partial 1}{\partial t T} \left(-\frac{\partial}{\partial x_i} \rho v_i u - \frac{\partial q_i}{\partial x_i} - \pi_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \sum_{\alpha=1}^N J_i^{(\alpha)} F_i^{(\alpha)}\right). \quad (7)$$

После этого введем функцию:

$$\psi = -\left(\frac{\rho}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t} \frac{\partial v_i}{\partial t} + \sum_{\alpha=1}^N \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial t} \frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} - \frac{\partial T^{-1}}{\partial t} \frac{\partial \rho u}{\partial t}\right) \leq 0, \quad (8)$$

которая не может быть положительной, что подтверждается в том случае, если технологическая система находится в локальном равновесии, а функция φ служит «мерой» отклонения от стационарного состояния, если уравнения Эйлера-Лагранжа,

вытекающие из вариационной формулировки вместе с граничными условиями, окажутся идентичными соответствующим уравнениям баланса.

Из термодинамики известно, что:

$$\frac{\partial \mu_\alpha}{\partial t T} = \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{T} \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{T} \sum_{\beta=1}^N \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial \rho_\beta} \frac{\partial \rho_\beta}{\partial t}, \quad (9)$$

где

$$\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\mu_\alpha}{T} \right)_{p,M} = \frac{h_\alpha}{T^2}; \quad (10)$$

$$\left(\frac{\partial \mu_\alpha}{\partial p} \right)_{T,M} = \tilde{v}_\alpha; \quad (11)$$

h_α – парциальная удельная энтальпия

Тогда равенство (9) имеет вид:

$$\frac{\partial \mu_\alpha}{\partial t} \frac{1}{T} = -\frac{h_\alpha}{T^2} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{T} v_\alpha \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{T} \sum \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial \rho_\beta} \frac{\partial \rho_\beta}{\partial t} \quad (12)$$

По определению энтальпии h из фор-

мулы (8) имеем:

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (-p + \rho h) = -\frac{\partial p}{\partial t} + \rho \frac{\partial h}{\partial t} + h \frac{\partial \rho}{\partial t}, \quad (13)$$

где производная энтальпии равна:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial h}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial h}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t} + \sum_{\alpha=1}^N h_\alpha \frac{\partial \omega_\alpha}{\partial t}. \quad (14)$$

В соответствии с известными соотно-

шениями

$$\frac{\partial h}{\partial T} = C_p \text{ и } \frac{\partial h}{\partial p} = \frac{1}{\rho} + \frac{T}{\rho^2} \frac{\partial \rho}{\partial T} \quad (15)$$

имеем:

$$\rho \frac{\partial h}{\partial t} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{T}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} \frac{\partial p}{\partial t} + \rho \sum_{\alpha=1}^N h_\alpha \frac{\partial \omega_\alpha}{\partial t}. \quad (16)$$

После подстановки (16) в (13) получим:

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{T}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \sum_{\alpha=1}^N h_\alpha \frac{\partial \omega_\alpha}{\partial t} + h \frac{\partial \rho}{\partial t}. \quad (17)$$

Величина ψ , очевидно, меньше или равна нулю. Положительна только теплоемкость C_p при постоянном давлении, что следует из термодинамической устойчивости.

Тогда, учитывая функцию (8) и соотношение (17), после преобразования получим:

$$\psi = -\frac{\rho}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t} \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{1}{T^2} \sum_{\alpha=1}^N h_{\alpha} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{1}{T} \sum_{\alpha=1}^N \tilde{v}_{\alpha} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{1}{T} \sum_{\alpha, \beta=1}^N \frac{\partial \mu_{\alpha}}{\partial \rho_{\beta}} \frac{\partial \rho_{\beta}}{\partial t} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} - \frac{1}{T^2} \rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{\rho T} \frac{\partial \rho}{\partial T} \frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{\rho}{T^2} \sum_{\alpha=1}^N h_{\alpha} \frac{\partial \omega_{\alpha}}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{h}{T^2} \frac{\partial \rho}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t}. \quad (18)$$

Преобразуем второй член уравнения (18):

$$\frac{1}{T^2} \sum_{\alpha=1}^N h_{\alpha} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} = \frac{1}{T^2} \sum_{\alpha=1}^N h_{\alpha} \frac{\partial}{\partial t} \omega_{\alpha} \rho = \frac{1}{T^2} \frac{\partial \rho}{\partial t} h + \frac{\rho}{T^2} \sum_{\alpha=1}^N h_{\alpha} \frac{\partial \omega_{\alpha}}{\partial t}.$$

Тогда ψ будет иметь вид:

$$\psi = -\frac{\rho}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t} \frac{\partial v_i}{\partial t} - \frac{1}{T} \sum_{\alpha=1}^N \tilde{v}_{\alpha} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{1}{T} \sum_{\alpha, \beta=1}^N \frac{\partial \mu_{\alpha}}{\partial \rho_{\beta}} \frac{\partial \rho_{\beta}}{\partial t} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} - \frac{1}{T^2} \rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{\rho T} \frac{\partial \rho}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t}. \quad (19)$$

Сумма второго члена соотношения (19) ориентировочно равна:

$$\sum_{\alpha=1}^N \tilde{v}_{\alpha} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} = \tilde{V} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \sum_{\alpha=1}^N \tilde{v}_{\alpha} \frac{\partial \omega_{\alpha}}{\partial t}, \quad (20)$$

где $\tilde{V} = \frac{1}{\rho}$ – удельный объем.

Используя соотношение (20) и равенство:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{1}{\tilde{V}^2} \frac{\partial \tilde{V}}{\partial t} = -\frac{1}{\tilde{V}^2} \left[\left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial T} \right)_{p, M} \frac{\partial T}{\partial t} + \left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial p} \right)_{T, M} \frac{\partial p}{\partial t} + \sum_{\alpha=1}^N \tilde{v}_{\alpha} \frac{\partial \omega_{\alpha}}{\partial t} \right],$$

после подстановки в формулу (18) получаем:

$$\psi = \left\{ -\frac{\rho}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t} \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\rho}{T} \left[\left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial T} \right)_{p, M} \frac{\partial T}{\partial t} + \left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial p} \right)_{T, M} \frac{\partial p}{\partial t} \right] \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{1}{T} \sum_{\alpha, \beta=1}^N \frac{\partial \mu_{\alpha}}{\partial \rho_{\beta}} \frac{\partial \rho_{\beta}}{\partial t} \frac{\partial \rho_{\alpha}}{\partial t} - \frac{1}{T^2} \rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{\rho T} \frac{\partial \rho}{\partial T} \frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t} \right\}. \quad (21)$$

Для окончательного утверждения, что функция (21) справедлива лишь в том случае, если технологическая система находится в локальном равновесии, требуется подставить термодинамическое соотношение:

$$C_v - C_p = \frac{(\partial \tilde{v})_{p, M}^2}{\left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial p} \right)_{T, M}} \quad (22)$$

и выражение для изотермической сжимаемости:

$$\chi = -\frac{1}{\tilde{V}} \left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial p} \right)_{T,M} = -\rho \left(\frac{\partial \tilde{V}}{\partial p} \right)_{T,M}, \quad (23)$$

следовательно, после подстановки получим окончательное выражение функции ψ :

$$\psi_{T,y.} = -\frac{\rho}{T} \frac{\partial v_i}{\partial t} \frac{\partial v_i}{\partial t} - \frac{\rho^2}{\chi T} \left(\chi \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{\partial \tilde{V}}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{T} \sum_{\alpha,\beta=1}^N \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial \rho_\beta} \frac{\partial \rho_\beta}{\partial t} \frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} - \frac{1}{T^2} \rho C_v \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)^2. \quad (24)$$

Функция $\psi_{T,y.}$ в силу термодинамической устойчивости не принимает положительных значений вблизи состояния локального равновесия, так как:

$$C_v > 0, \quad \chi > 0, \quad \sum_{\alpha,\beta=1}^N \frac{\partial \mu_\alpha}{\partial \rho_\mu} \frac{\partial \rho_\beta}{\partial t} \frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} > 0,$$

следовательно, искомый результат: $\psi \leq 0$.

ВЫВОДЫ

Таким образом, общий критерий, полученный при описании стационарного состояния непрерывной двухфазной системы регенерации волокнистых отходов, фактически подтверждает правильность выбранной технологической схемы и соответствует диссипативной функции с общим критерием эволюции.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 11.01.08.

УДК 676.025

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПЛОСКОФАНГОВЫХ МАШИН*Б.Б. СТРОГАНОВ**(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)*

На основании анализа представленных на выставке ITMA-2007 в Мюнхене плоскофанговых машин (ПФМ) самых известных фирм: Шима-Сейки (Япония), Штоль (Германия), Штайгер (Швейцария), Проти и Римак (Италия) можно сделать вывод, что основным направлением развития является расширение технологических возможностей этого оборудования, что открывает широкие перспективы для создания различных трикотажных изделий. Представленные ПФМ имеют класс от 3 до 22, ширину вязания от 102 до 254 см и все имеют электронной отбор игл.

Тенденция изготовления цельновязанных изделий (ЦВИ) является настоящим и будущим ПФМ. В технологическом плане пройден важный рубеж производства ЦВИ, и открываются новые горизонты. Сегодня речь идет не столько об экономии сырья и сокращении операции пошива. ЦВИ имеют абсолютно законченный вид, то есть состоят не из отдельных деталей, а сделаны как одна деталь. Их детали так интегрированы в процессе вязания, что зачастую ЦВИ невозможно получить сшиванием из отдельных деталей.

Наибольший интерес для вязания ЦВИ (Wholegarment) представляет пятифонтурная ПФМ марки SWG-X фирмы Шима-Сейки (ШС), развивающая тенденции, заложенные в ПФМ FIRST, уже выставленной ранее. В четырех фонтурах расположены иглы, причем две нижние фонтуры, расположенные «домиком», являются основными, а две верхние фонтуры являют-

ся дополнительными. В одной фонтуре, расположенной над задней игольницей, размещены подвижные оттяжные платины (Loop presser), имеющие индивидуальный отбор. Машина имеет классы 5-8-12-15 и предназначена для получения ЦВИ двухфонтурным переплетением своего класса, так как при получении подобного изделия на других машинах фактически происходит уменьшение класса вдвое. Машина оснащена новой движковой иглой (Side Needle). В пазу иглы находится замыкатель, состоящий из двух гибких пластин, своими концами образующих вилку, обхватывающую крючок иглы с боков при выполнении операции «замыкание». Если в момент сбрасывания вилка замыкателя выдвигается вперед, то старая петля, сойдя с головки иглы, остается висеть на ней в расширенном состоянии, готовая к переносу. Это убыстряет процесс переноса и позволяет получать более сложные рисунчатые эффекты, например, перенос половины петли. Применение движковых игл сокращает их вертикальное перемещение и позволяет значительно увеличить скорость ПФМ. Отсутствие щеток и независимое перемещение замыкателей дает новые технологические возможности.

Другой важной тенденцией является расширение гибкости и многофункциональности ПФМ. Большинство ПФМ снабжено подвижными подпружиненными платинами (синкерами), осуществляющими постоянную оттяжку силой своих пружин, что улучшает структуру трикотажа и

позволяет свободно изменять ширину изделия и вязать избыточные ряды трикотажа на отдельных участках. Ряд фирм показал машины, имеющие кроме двух основных две дополнительные фонтур, позволяющие кроме обычного переноса петель выполнять перенос на дополнительные фонтур, что также позволяет расширить технологические возможности машины и осуществлять более рациональные сбавки и прибавки.

С целью расширения технологических и рисунчатых возможностей прослеживается тенденция создавать ПФМ, имеющие «гибкий» класс (multigauge), что позволяет получать петли переплетений различных классов в одном изделии. Паза игольницы такой машины нарезаны, например, для игл 14 класса, а в них вставлены иглы 7 класса. Причем используется три вида игл, имеющих большой, средний и маленький крючок, что позволяет получать с одной машины изделия разных классов, а также в одном петельном ряду вязать тонкую и толстую нити и получать петли различной величины. Для получения больших петель вяжут через иглу.

В настоящее время на ПФМ ведущих фирм устанавливается устройство для поддержания постоянной длины петли, состоящее из энкодера, системы регулировки подачи нити и глубины изгиба, что стало частью стандартного оборудования (например (DSCS) фирмы ШС, (STIXX) фирмы Штоль). С помощью компьютера и датчиков фурнисером подается установленная для каждого ряда необходимая длина нити и в случае отклонения от заданной плотности вносится соответствующая корректировка в положение изгибающих клиньев с помощью шаговых двигателей, что позволяет получать изделия с отклонением по длине не более $\pm 1\%$. Фирма ШС показала новое устройство i-DSCS, установленное на ПФМ SWG-X, с помощью которого контроль длины подаваемой нити осуществляется при движении каретки в обоих направлениях.

Усилия конструкторов были направлены также на снижение размеров и массы каретки ПФМ, учитывая значительные пе-

регрузки, возникающие при изменении направления ее движения. На машине First фирмы ШС ширина каретки составляет 4,5" благодаря применению пазовых игл и встречному движению игл и платин при изгибании нити, что значительно сократило вертикальное перемещение иглы.

Для расширения рисунчатых возможностей и, в частности, для вязания интарзии на современных ПФМ установлено большое количество нитеводителей, как правило, не менее 16, а на отдельных машинах до 32.

На ряде машин, с целью устранения холостых ходов каретки, устанавливаются нитеводители, которые могут перемещаться независимо от каретки с помощью шаговых двигателей, индивидуальных для каждого нитеводителя. Управление перемещениями нитеводителя осуществляется от компьютера. В соответствии с рисунком нитеводитель может перемещаться в любую точку игольницы и останавливаться точно перед заданной иглой с помощью механизма останова, выполненного на базе электромагнитов, и иметь встречное движение с кареткой.

Однако большое количество нитеводителей затрудняет процесс вязания и усложняет управление машиной. Фирма ШС показала машину, которая для уменьшения числа нитеводителей снабжена устройством для пневматического соединения концов нити (автоприсучка), принцип действия которого основан на том, что концы двух нитей с помощью воздушной струи сначала расплетаются, а затем сплетаются между собой в единое целое. Каждое устройство может соединять между собой до семи нитей разного цвета, что позволило значительно уменьшить число нитеводителей. С помощью компьютерной программы получаемое при соединении утолщение нити не провяывается, а проходит в виде длинной протяжки вдоль нескольких петельных столбиков с изнаночной стороны трикотажа и затем вырезается.

Практически все ПФМ снабжены механизмом оттяжки, состоящим из двух систем оттяжных валов: основной и дополнительной. Валы дополнительной оттяжки

имеют очень маленький диаметр и их располагают как можно ближе к зоне вязания. Валы основной оттяжки изготовлены в виде отдельных секций, позволяющих регулировать силу оттяжки в зависимости от ширины изделия и вязания различных его участков.

При заработке изделия используется оттяжная гребенка, которая захватывает начальные ряды детали и двигается с ними вниз. В момент подъема оттяжной гребенки все оттяжные валы разведены. По мере наработки трикотажа, когда гребенка пройдет дополнительные оттяжные валы, они сжимаются и оттягивают трикотаж, пока он не попадает под действие основных валов.

На ПФМ марки SWG-X фирмы ШМС установлен новый механизм оттяжки, состоящий из переднего и заднего резиновых секционных транспортеров, снабженных очень тонкими крючками. Между этими транспортерами проходит трикотаж. Сила

оттяжки с передней и задней стороны изделия регулируется независимо одна от другой. Ширина секций составляет 1,5", и сила оттяжки каждой из них может регулироваться независимо по всей ширине машины. Новый механизм оттяжки позволяет получать ЦВИ, точно повторяющие форму тела.

ВЫВОДЫ

Основными тенденциями развития ПМ являются: расширение технологических возможностей оборудования, создание ПМ, позволяющих изготавливать ЦВИ, использование усовершенствованных игольно-платиновых изделий, увеличение гибкости и многофункциональности благодаря использованию «гибкого» класса.

Рекомендована кафедрой технологии тканей и трикотажа. Поступила 12.02.08.

УДК 687.016:004.9

**РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ТОРСА ФИГУРЫ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛОТНООБЛЕГАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ***Ю.А. ШАММУТ, Н.Л. КОРНИЛОВА, Г.В. БАЛАНДИНА***(Ивановская государственная текстильная академия)**

При проектировании плотнооблегающих изделий, особенно корригирующих осанку и моделирующих мягкие ткани фигуры потребителя, необходимо иметь информацию об их влиянии на форму и размеры тела как в статике, так и в динамике. Для этих целей оправданным является использование трехмерной компьютерной модели, имеющей возможность не только воспроизведения формы и размеров поверхности торса индивидуального потребителя, но и моделирования изменения данной поверхности при выполнении различных движений, а также при надевании на нее проектируемых изделий с учетом свойств используемых материалов.

Современные САПР одежды (Optitex, Gerber, Julivi и т.д.) позволяют использовать виртуальные манекены, как типовые, так и построенные с учетом индивидуальных особенностей потребителя (осанка, тип телосложения, длина рук и ног, обхват талии и т.д.), придавать им любую позу и наглядно представлять форму швейных изделий бытового назначения и их посадку на манекене [1].

Однако использование данных электронных манекенов для проектирования корсетных изделий ограничено, так как они представлены в виде жесткой оболочки, которая не учитывает свойства одеваемой поверхности, такие как упругость кожного покрова, мышечного слоя и жировых отложений на различных участках. Поэтому такая модель манекена не позволяет моделировать изменение рельефа торса

при надевании на него проектируемых изделий (утяжка в области талии, перераспределение мягких тканей, образование кожно-жировых складок по краям изделия) и при выполнении движений (образование складок на передней поверхности и растяжение задней поверхности при наклонах вперед и в положении сидя).

Для проектирования плотнооблегающих изделий торса на участке с преобладанием мягких тканей (от уровня гребешковых точек до уровня обхвата груди четвертого) целесообразно представить упругой оболочкой в виде сеточной модели (рис. 1 – компьютерная модель торса фигуры).

На каждый узел сетки действует система сил, состоящая из:

- силы тяжести G_i элементарного участка (ячейки сетки), действующей параллельно линии общего центра масс;
- сил упругости оболочки, действующих вдоль линий, соединяющих соседние узлы сетки: N_{vi} – вдоль вертикалей, N_{hi} – по горизонталям;
- силы внутреннего гидростатического давления P_i , действующей перпендикулярно поверхности оболочки наружу.

Для моделирования биомеханических особенностей торса при изменении позы внутри оболочки предложено разместить модель позвоночника, которая может изгибаться под действием внешних сил, имитирующих действие мышц. В результате анализа существующих моделей позвоночника [2], [3] принято решение представить его в виде цепочки абсолютно жест-

ких тел – шаров, имитирующих позвонки, связанных между собой попарно в одной точке. Для изменения позы модель ограничена сверху и снизу плоскостями, которые могут жестко закрепляться. При наклонах

плоскость таза фиксируется в горизонтальном или другом исходном положении, в позе сидя плоскость грудной клетки фиксируется перпендикулярно оси позвоночника.

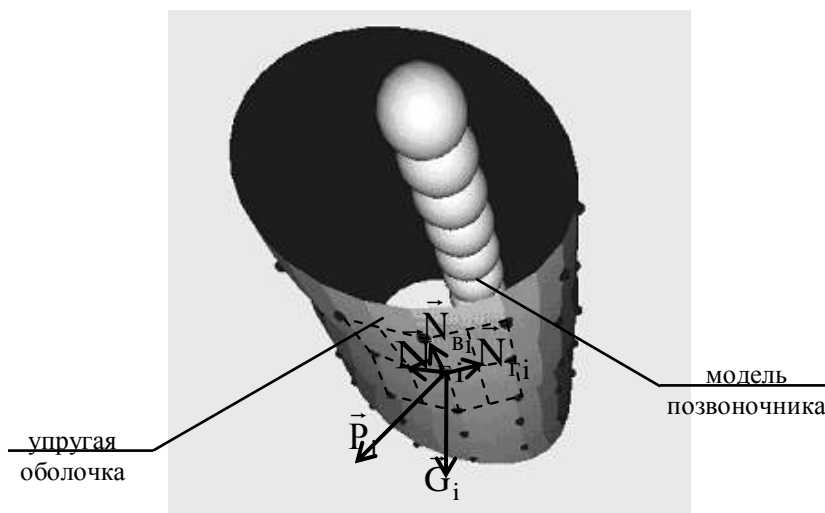


Рис.1

Создание компьютерной модели торса осуществлялось в программе Delphi 6.0, сочетающей в себе возможности 3d графики и моделирования действия сил, изменяющихся по определенным законам.

Для получения информации, необходимой для определения параметров модели, проведены антроподинамические исследования с использованием программно-аппаратного комплекса бесконтактной антропометрии «Стабилан-3D». В ходе исследований на поверхность торса, измеряемого между уровнями гребешковых точек и обхвата груди четвертого, наносили точки, сгруппированные в 7 горизонтальных и 8 вертикальных рядов. Измеряли основные размерные признаки и координаты нанесенных точек в статике (положениях стоя и сидя) и динамике (при наклонах на угол 15, 30, 45, 60, 75 и 90 градусов). В результате получена база данных приращений координат точек 85 фигур, описывающих характер изменения поверхности торса в динамике. На основании корреляционного анализа (рис.2) определены ха-

рактерные признаки фигуры, оказывающие влияние на изменение ее рельефа при наклонах вперед и в положении туловища сидя: упругость и толщина кожно-жирового слоя, количество складок, образующихся на передней поверхности торса. На рис.2 – входные параметры: Кскл – количество складок, образующихся на передней поверхности торса в динамике; Вж – выступ живота, см; Гт2 – глубина талии вторая, см; $\Delta 1 = Oг4 - Oт$; $\Delta 2 = Oб - Oг4$; где $Oг4$ – обхват груди четвертый, см, $Oт$ – обхват талии, см, $Oб$ – обхват бедер, см; $У$ – упругость кожно-жирового слоя, %; $Tср$ – толщина кожно-жирового слоя, см. Выходные параметры: d_i – величины динамических эффектов:

$$d_i = \frac{(y_i - x_i)}{x_i} \cdot 100\%,$$

y_i – длина i -го участка при выполнении заданного движения, мм; x_i – длина i -го участка в положении стоя, мм.

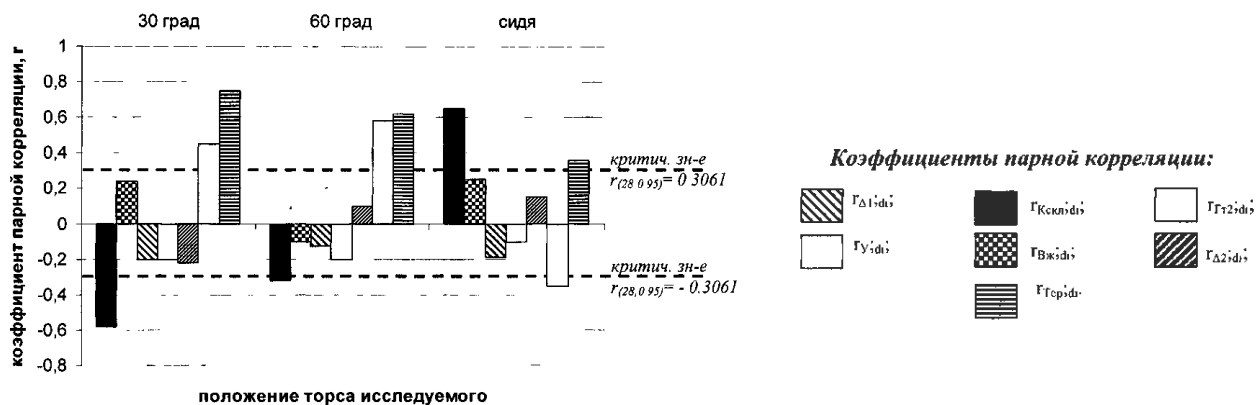


Рис.2

В итоге все многообразие форм поверхности торса объединено в пять групп по типам деформации передней поверхности торса при выполнении различных движений: три группы со складками, образующимися из-за наличия жиротложений, слабого тонуса мышц и низкой упругости кожи (от одной до трех складок) и две группы без складок, характеризующиеся высоким тонусом мышц и упругостью кожи (фигуры с плоским и с большим животом).

Моделирование выделенных групп форм поверхности выполнено путем расчета следующих параметров компьютерной модели:

- kN_{vi} , kN_{ri} – степень упругости цилиндрической оболочки на ее различных участках, зависящая от упругости кожи и упругости мышечно-жирового слоя;
- P_i – величина гидростатического давления внутри оболочки, имитирующего давление внутренних органов;
- G_i – сила тяжести элементарных участков торса.

Для моделирования процесса образования складок на передней поверхности выделены горизонтальные линии в сетке, на которых kN_{ri} меньше, чем на остальных участках.

Для расчета величины гидростатического давления, создаваемого внутренними органами брюшной полости, проведены экспериментальные исследования по моделированию процесса деформации оболочки, имеющей упругие свойства, близкие к значениям упругости кожно-жирово-

го слоя человека, под действием внутреннего давления.

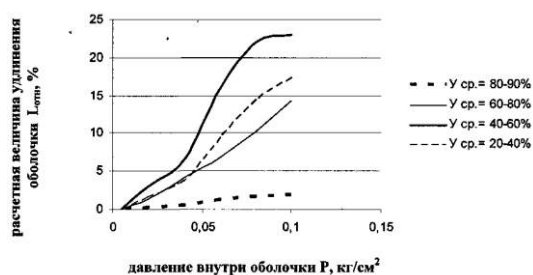

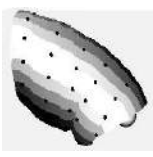
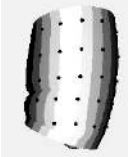
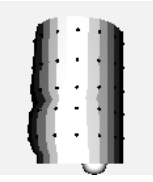
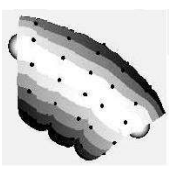
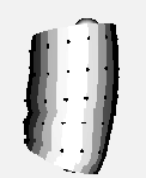
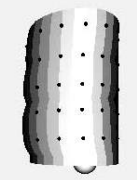

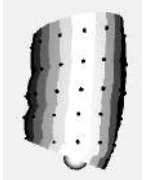
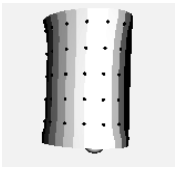

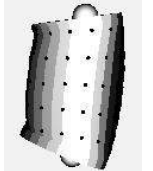
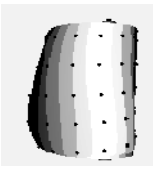
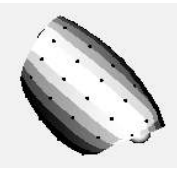
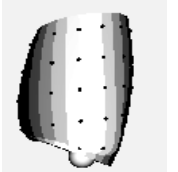


Рис.3

Для эксперимента выбраны 4 типа оболочек из латексов разной природы с величиной упругости 30, 50, 70 и 85%. По результатам исследования получены графические зависимости деформации оболочек разной упругости от изменения давления внутри них (рис.3), которые используются для определения P компьютерной модели при известной величине удлинения передней части моделируемой поверхности ($L_{отн}$). $L_{отн}$ определяется отношением длины поверхности, измеренной через выступающую точку живота, к ее высоте. Результаты компьютерного моделирования представлены в табл. 1. Проверка адекватности трехмерной модели осуществлялась путем сопоставления теоретических кривых деформации, полученных с помощью компьютерного моделирования и экспериментальным путем. Отклонение теоретических значений от экспериментальных не превышает 5%, что удовлетворяет требованиям швейного производства.

Группы форм поверхности торса модели		Вид компьютерной модели в позе		
		стоя	наклон	сядя
Со складками	с одной			
	с двумя			
	с тремя			
Без складок	плоский живот			
	большой живот			

ВЫВОДЫ

1. Разработана компьютерная модель торса, описывающая поверхность от уровня гребешковых точек до уровня обхвата груди четвертого, которая представляет собой упругую оболочку, ограниченную сверху и снизу плоскостями, с размещенной внутри моделью позвоночника, которая может изгибаться под действием внешних сил, имитирующих действие мышц.

2. В результате антроподинамических и экспериментальных исследований обоснованы параметры упругой оболочки kN_{vi} , kN_{Ti} , P_i , позволяющие моделировать поверхность торса индивидуального потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горелова А.Е., Комарова А.А., Корнилова Н.Л. Методика проектирования одежды в компьютеризованном ателье // В мире оборудования. – 2006, № 02 (59), С.31.

2. Животниченко В.Д. Модельные исследования стратегии поддержания равновесия вертикальной позы человека вблизи границ зоны устойчивости // Биомеханика систем человек – машина. – М.: Наука. – 2003. С.118.

3. Козлов И.М., Клочков И.Б., Троегубов В.П. Моделирование взаимодействия мышц-антагонистов в движениях человека // Биомеханические аспекты управления движениями в спорте: Сб. научн. тр. – 2001. С 121...125.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий.. Поступила 12.05.08.

УДК 677-486.2:539.11

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МОНОНИТИ
С ПЕТЛЕОБРАЗУЮЩИМИ ОРГАНАМИ
ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН ПРИ ТОЧЕЧНОМ КОНТАКТЕ**

О.Ф. БЕЛЯЕВ, В.А. ЗАВАРУЕВ, Л.А. КУДРЯВИН

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

Ранее в [1] мы рассмотрели огибание иглы радиуса R_1 при неточечном (линейном) контакте. Описанный в этой статье подход справедлив при сравнительно больших силах T_1 и T_2 , а следовательно, при сравнительно больших изгибающих моментах. Однако при небольших значениях сил T_1 и T_2 , а следовательно, при небольших изгибающих моментах, микропроволока может не огибать иглу по радиусу, а касаться ее только в одной точке, то есть конечные точки В и С участка контакта микропроволоки с иглой сливаются в одну точку (рис.1). При этом радиус кривизны микропроволоки будет больше радиуса кривизны R микропроволоки при огибании ею иглы, действительный угол охвата β иглы микропроволокой будет равен нулю, а сумма углов $(\alpha + \gamma_1 + \gamma_2)$ будет равняться π (как сумма углов треугольника). Поэтому $(\pi - \alpha - \gamma_1 - \gamma_2) = 0$ и величина $\exp(\pi - \alpha - \gamma_1 - \gamma_2)$ в формулах [1; (11), (12)]

становится равной 1, а формула [1; (12)] будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{\cos \gamma_1 + \mu \sin \gamma_1}{1 - \cos \gamma_1} = \frac{S_2 \cos \gamma_2 - \mu \sin \gamma_2}{S_1 (1 - \cos \gamma_2)}. \quad (1)$$

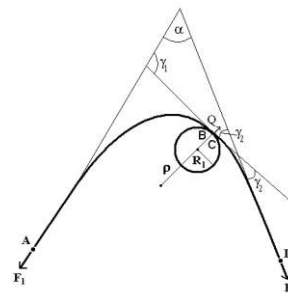


Рис.1

Учитывая далее, что $\gamma_2 = \pi - \alpha - \gamma_1 = \beta_0 - \gamma_1$, уравнение (1) можно переписать в следующем виде:

$$\frac{\cos \gamma_1 + \mu \sin \gamma_1}{1 - \cos \gamma_1} = \frac{S_2 \cos(\beta_0 - \gamma_1) - \mu \sin(\beta_0 - \gamma_1)}{S_1 (1 - \cos(\beta_0 - \gamma_1))}. \quad (2)$$

Зная величины β_0 , S_2 и S_1 и задаваясь коэффициентом трения μ , из уравнения (2) можно определить γ_1 , а по формуле $\gamma_2 = (\beta_0 - \gamma_1)$ определить γ_2 . Затем по формулам $T_1 = S_1 / (1 - \cos \gamma_1)$ и $T_2 = S_2 / (1 - \cos \gamma_2)$ определить T_1 и T_2 .

Площади S_1 и S_2 зависят от радиуса изгиба ρ микропроволоки в точке контакта. Здесь возможны 3 варианта:

1. Кривизна нити ($1/\rho$) меньше критической кривизны ($1/\rho_{кр}$), при которой начинается ее пластический изгиб (или, по

другому, – радиус кривизны нити ρ больше критического радиуса кривизны $\rho_{кр}$, при котором начинается пластический изгиб). Этот случай соответствует, например, точке L на рис.2. В этом случае имеем чисто упругий изгиб, площадь S_1 равна площади S_2 и равна площади треугольника KLO (рис.2).

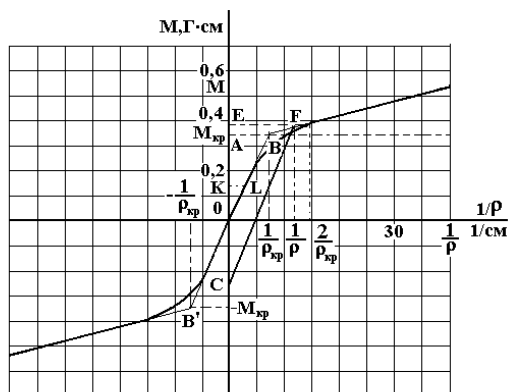


Рис.2

Площадь этого треугольника равна $(OK \cdot KL)/2 = M(1/\rho)/2$. Треугольник KLO подобен треугольнику ABO, площадь которого равна $OA \cdot AB/2 = S_{кр} = M_{кр}(1/\rho_{кр})/2$.

Из подобия треугольников ABO и KLO следует, что $AB/KL = OA/OK$ или $(1/\rho_{кр})/(1/\rho) = M_{кр}/M$. Отсюда нетрудно показать, что $S_1 = S_2 = S_{кр}(\rho_{кр}/\rho)^2$.

2. Кривизна нити ($1/\rho$) в точке контакта больше ($1/\rho_{кр}$), но меньше ($2/\rho_{кр}$) (или $0,5\rho_{кр} < \rho < \rho_{кр}$). Это соответствует, например, точке F на рис.2.

В этом случае S_1 складывается из площади треугольника OAB, равной $S_{кр}$, и площади трапеции EFBA, равной $(EF+AB)EA/2 = (1/\rho + 1/\rho_{кр})(M - M_{кр})/2$. Поэтому $S_1 = M_{кр}(1/\rho_{кр})/2 + (1/\rho + 1/\rho_{кр})(M - M_{кр})/2$.

Величина S_2 равна в этом случае площади треугольника EFC, то есть равна $(EF \cdot EC)/2$. Учитывая, что треугольник EFC подобен треугольнику ABO, аналогично предыдущему можно получить $S_2 = S_{кр} \cdot (\rho_{кр}/\rho)^2$.

3. Кривизна нити ($1/\rho$) в точке контакта больше ($2/\rho_{кр}$), но меньше или почти равна ($1/R$), где R – радиус изгиба нити при оги-

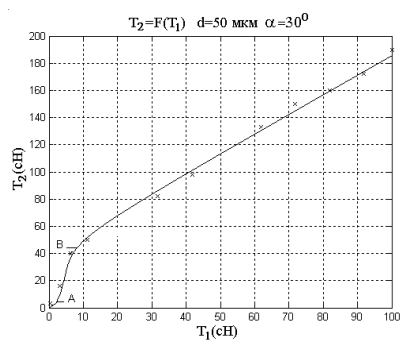
бании ею иглы (или $R < \rho < 0,5\rho_{кр}$). В этом случае S_1 и S_2 должны рассчитываться по тем же формулам, что и в случае, когда имеет место линейный контакт нити и иглы, только под ρ нужно понимать не радиус R , как ранее, а радиус изгиба микропроволоки в точке контакта.

Следует отметить, что отношение S_2/S_1 будет равно 1 только при упругом изгибе, то есть при $\rho > \rho_{кр}$. При $\rho < \rho_{кр}$ оно будет зависеть от радиуса кривизны нити в точке касания ею иглы. Поэтому углы γ_1 и γ_2 также будут зависеть от радиуса кривизны микропроволоки.

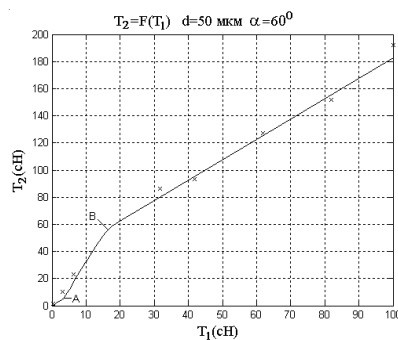
Далее мы провели сопоставление экспериментальных результатов и результатов теоретических расчетов как для случая точечного, так и для случая линейного контактов.

Расчет связи T_2 и T_1 проводился по разработанной нами программе. Результаты расчета для микропроволоки ЭИ708А диаметром 50 мкм при коэффициенте трения $\mu = 0,24$ (он довольно близок к табличному коэффициенту трения стали о сталь, равному 0,18) и наиболее интересных углах $\alpha = 30, 60, 90^\circ$ приведены на рис. 3а...в. Крестиками отмечены экспериментальные точки, сплошная линия – теория. Можно видеть, что теория хорошо описывает эксперимент. Из рис.3а и б можно видеть, что на зависимости T_2 от T_1 должны существовать не один, а 2 “излома” (в точках А и В). Анализ показал, что первый “излом” (в точке А – при малом натяжении) соответствует переходу от упругого к пластическому изгибу, а второй (в точке В) уже при пластическом изгибе – к переходу от точечного к линейному контакту (к огибанию иглы).

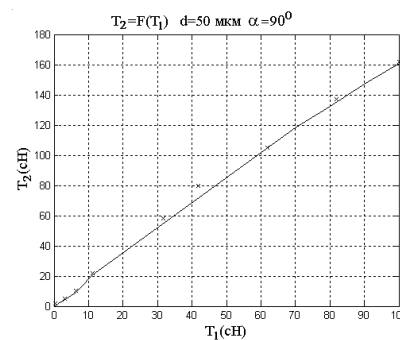
Таким образом, разработанная теория хорошо описывает экспериментальные результаты и может быть использована для расчета связи T_1 и T_2 при разных углах между ведущей и ведомой ветвями микропроволоки. Поскольку она использует общие представления теории упругости и теории пластичности, она, очевидно, может быть использована не только для металлических, но и для других нитей.



а)



б)



в)

Рис.3

ВЫВОДЫ

1. В [1] и настоящей работах теоретически рассмотрена зависимость натяжения ведущей ветви упругопластической нити от натяжения ведомой при огибании нитью иглы как при линейном, так и при точечном контактах.

2. Проведено сопоставление экспериментальных результатов и теоретических расчетов и показано, что теория хорошо

описывает эксперимент при коэффициенте трения, близком к табличному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Кудрявин Л.А. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С.99...104.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 29.01.08.

УДК 677.054.89:004.94

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ - ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В.В. СИГАЧЕВА, А.Е. СТРЕШНЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Механизмы ткацких станков испытывают большие динамические нагрузки, величина которых пропорциональна ускорению звеньев механизмов. Поэтому техническое состояние (ТС) механизмов целесообразно исследовать при функциональном диагностировании, используя измерительную аппаратуру, оснащенную датчиками ускорений.

При вибрационной диагностике механизмов ткацких станков, информация извлекается из массивов ускорений. Масси-

вы данных получают с помощью микропроцессорного устройства, которое производит поочередный опрос датчиков ускорений, расположенных на рабочем или других звеньях исследуемых механизмов. Массивы содержат мгновенные значения ускорений отдельных механизмов, как правило, за несколько оборотов главного вала. Затем данные в виде файлов через связующий интерфейс передаются из микропроцессорного устройства в ЭВМ. Дальнейшая обработка данных направлена

на исследование полученного дискретного информационного массива ускорений с целью выделения отдельных диагностических показателей, используемых для диагностирования и прогнозирования ТС отдельных механизмов.

Строго говоря, колебательный процесс носит квазипериодический характер. Он содержит бесконечное количество периодических составляющих, но в реальном процессе наличие отдельных периодических составляющих, характеризующих дефекты механизмов, ограничено. Колебательный процесс можно разделить на низкочастотную и высокочастотные компоненты [1], [4]. Низкочастотная компонента виброускорения механизма близка к его кинематическому ускорению. Высокочастотные колебания с амплитудным уровнем, сравнимым с низкочастотной компонентой, возбуждаются ударами в зазорах и другими дефектами.

На основе спектрального анализа с использованием рядов Фурье или кратномасштабного вейвлет-анализа определяются информативные, с позиции определения дефектов, полосы частот высокочастотных компонент колебательного процесса. За информативные полосы частот принимаются те, которые по уровню сопоставимы с полосой частот для низкочастотной компоненты колебательного процесса.

Дополнительная информация об износе механизмов может быть также получена путем амплитудно-частотно-временного представления сигнала. При таком представлении информационного сигнала появляется возможность определить не только наличие сверхнормативного зазора кинематической пары, но и место его расположения на профиле кулака, то есть появляется возможность связать износ кинематической пары с фазовым углом поворота главного вала. Одним из эффективных методов частотно-временного исследования динамического ускорения является вейвлет-анализ [2], [3].

Непрерывное вейвлет-преобразование строится на основе единственной базисной функции $\psi(t)$, принадлежащей пространству $L^2(\mathbb{R})$, то есть всей числовой оси. Для

функции $\psi(t)$ должны выполняться следующие необходимые условия: $\psi(t)$ непрерывна, $\psi(t)$ интегрируема на всей прямой и $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0$. Как следствие, вейвлет должен быть знакопеременной функцией [2].

Математически непрерывное вейвлет-преобразование функции $x(t)$ представляется в виде следующего выражения:

$$Wx(b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (1)$$

где $\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{b-t}{a}\right)$ – система базисных функций, которая получается из фиксированной функции $\psi(t)$ всевозможными сдвигами и растяжениями (параметр a – задает ширину анализирующего вейвлета, параметр b – его положение). Для заданных a и b функция $\psi(t)$ является вейвлетом. Вейвлеты, обозначенные как $\psi(t)$, называют материнским вейвлетом, поскольку они порождают целый ряд вейвлетов определенного рода. Вейвлеты, будучи функциями времени, имеют свое частотное представление или Фурье-образ $\bar{\psi}(t)$. Налагаемое на функцию $\psi(t)$ условие (нулевое значение интеграла) означает, что $\bar{\psi}(0) = 0$. В частотной области спектр многих вейвлетов напоминает всплеск, пик которого приходится на частоту основной гармоники. С уменьшением масштабирующего параметра, одновременно увеличивается амплитуда вейвлет-окна. Указанное свойство определяет высокую чувствительность вейвлет-анализа к кратковременным высокочастотным флуктуациям.

В случае анализа ускорений батанного механизма мы имеем дело с сигналами, заданными не аналитическими функциями, а дискретным набором данных, определенном на конечном временном интервале. В этом случае принимается, что при $t_k < t < t_{k+1}$, $x(t) = s_k$, $k = 1, 2, \dots, N$ и формула (1) для коэффициентов вейвлет-преобразования модифицируется следующим образом:

$$W_x(b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{k=1}^N s_k \psi\left(\frac{k-b}{a}\right). \quad (2)$$

Выбрав вид материнского вейвлета, изменяя масштабирующий параметр, можно добиться того, чтобы Фурье-образ $\bar{\psi}(t)$ соответствовал спектрам низкочастотной или высокочастотной компоненты виброускорения батанного механизма. После того, как будет установлен масштабирующий параметр для анализа конкретной составляющей исходного сигнала, с помощью изменения параметра b производится перемещение анализирующего вейвлета по временной оси существования сигнала. Результатом рассмотренного анализа будет набор вейвлет-коэффициентов, который указывает на время возникновения конкретной информационной составляющей сигнала и ее уровень, характеризующий изношенность исследуемого узла диагностируемого механизма.

Покажем возможности вейвлет-анализа применительно к диагностированию ТС батанного механизма ткацкого станка. Полосы частот высокочастотных компонент ускорения, характеризующие дефекты кинематических пар различных узлов батанного механизма, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Узлы	Частотный диапазон, Гц	Масштабирующий коэффициент вейвлета Морле
Втулки	30-79	22
Пара кулак – ролик	112-141	9,3
Подшипники	145-168	7,6
Поверхность кулака	171-198	6,4

Согласно имеющимся данным выбираем вид анализирующего вейвлета и параметры масштабирования, при которых будет выполняться анализ информационного сигнала. Были проанализированы различные типы материнских вейвлетов и выбран вейвлет Морле (рис.1), который описывается следующим выражением:

$$\psi(t) = e^{-\frac{x^2}{2}} \cos(10x). \quad (3)$$

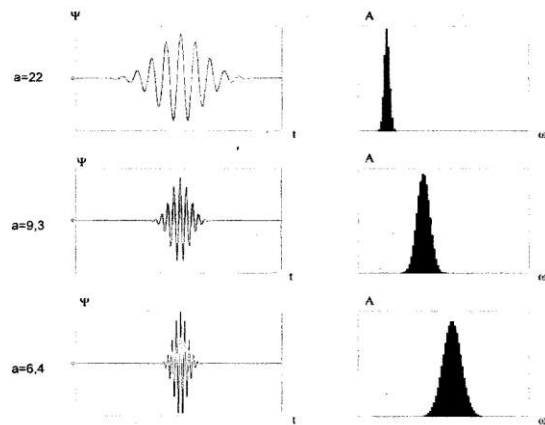


Рис.1

В результате исследования частотных характеристик вейвлет-функций определены коэффициенты масштабирования a , при которых Фурье-образ анализирующего вейвлета наилучшим образом соответствует значениям полос частот, приведенным в табл. 1, где также представлены величины масштабирующих коэффициентов. На рис. 1 представлены анализирующие вейвлеты и их Фурье-образы, образованные от вейвлета Морле при различных значениях коэффициента масштабирования (для Фурье-образа частота первой гармоники $\omega_0=3,3$ Гц). Для вейвлета Морле при коэффициенте масштабирования $a = 22$, средняя частота его Фурье-образа попадает в середину диапазона частот высокочастотной компоненты диагностического сигнала, которая определяет износ кинематической пары: втулки – подбатанный вал. Подобным образом были определены масштабирующие коэффициенты, при которых вейвлет-функция может быть использована для анализа износа кинематической пары кулак – ролик ($a = 9,3$), поверхности кулака ($a = 6,4$) для анализируемых узлов в табл.1.

В результате вейвлет-анализа ускорения получаем набор вейвлет-коэффициентов W , с помощью которого можно оценивать уровень и момент возникновения сигналов заданного частотного диапазона.

ВЫВОДЫ

На рис. 2 и 3 представлены соответственно вейвлет-коэффициенты, характеризующие износ кинематических пар узлов на фазовом угле поворота главного вала батанного механизма (позиция а – станок после ремонта, б – перед ремонтом). На рис. 2-а, б показаны W для кинематической пары кулак-ролик; на рис. 3-а, б – подшипников. Анализ процесса изменения вейвлет-коэффициентов показывает, что перед ремонтом у механизма одной батанной коробки значительно изношены кулак и подшипники, наибольший износ характерен для участка прибора точной нити батаном. Замена кулака и подшипников при ремонте привели к уменьшению вейвлет-коэффициентов на участке прибора примерно в 4 раза.

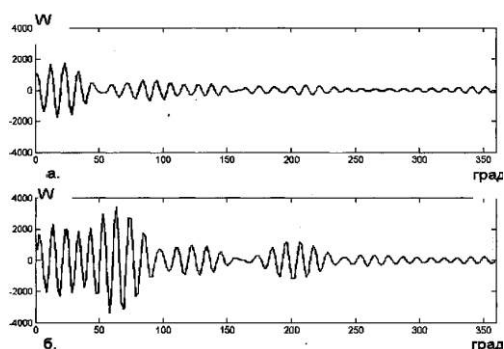


Рис.2

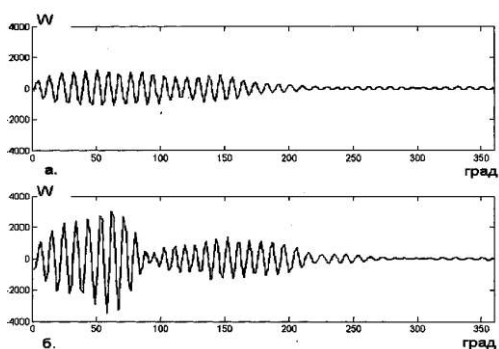


Рис.3

1. Вейвлет-преобразование дает амплитудно-частотно-временное представление результатов анализа виброускорения батанного механизма и позволяет адекватно определить дефекты при идентификации.

2. Выбор анализирующего вейвлета является сложной задачей. Тип информационного массива определяет выбор анализирующего вейвлета, а для каждой характерной полосы частот необходимо определить свой коэффициент масштабирования.

3. Метод показателен для амплитудно-частотно-временных исследований колебательных процессов в программах математического моделирования (например, Matlab), но связан с трудностями его программной реализации в технических средствах диагностирования производственного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические средства и методы виброакустической диагностики оборудования в текстильной и легкой промышленности / В.В.Сигачева, В.А.Климов, С.И. Лукичев и др. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

2. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. – Том 171, №5. . 465..501.

3. Дьяконов В. Вейвлеты: от теории к практике. – М.: Солон-Р, 2002.

4. Сигачева В.В. и др. Диагностическая система оценки работоспособности ткацких станков.// Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 1999, № 2. С. 93...97.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 03.02.08.

УДК 677:621.383

**ПОЛЕВЫЕ ДАТЧИКИ МЕХАНИЗМОВ КОНТРОЛЯ ПРОДУКТА
ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ МАШИНЕ**

Е.Ф. РАЗУМОВА, А.К. РАСТОРГУЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Возрастающие требования к качеству продукции и стремление к повышению производительности текстильных машин вызывают необходимость применения более совершенных механизмов контроля параметров продукта, разработки новых направлений их построения, теории и методики их расчета.

Датчики механизмов контроля текстильного продукта, получившие преимущественное распространение, построены на принципе механического взаимодействия продукта с двухсторонним чувствительным элементом [1]. Механический двухсторонний контакт и дополнительное силовое воздействие на контролируемый продукт являются во многих случаях нежелательными [2].

Перспективным для текстильной промышленности являются полевые датчики, работающие в системе контроля, отличающиеся слабой энергией взаимодействия с продуктом. Конструктивно исполнение полевого датчика определяется его назначением, способом взаимодействия с контролируемым продуктом и особенностями технологического процесса. При этом в зависимости от характера взаимодействия контролируемого продукта с силовым полем датчика величина емкости изменяется при изменении расстояния между электродами, диэлектрической проницаемости продукта, соотношения составляющей волокнистой массы, степени заполнения рабочей области контролируе-

мым продуктом и площади электродов датчика.

При разработке механизмов контроля продукта полевые датчики строятся на основе параллельно (рис. 1-а) или копланарно (рис. 1-б) расположенных электродов.

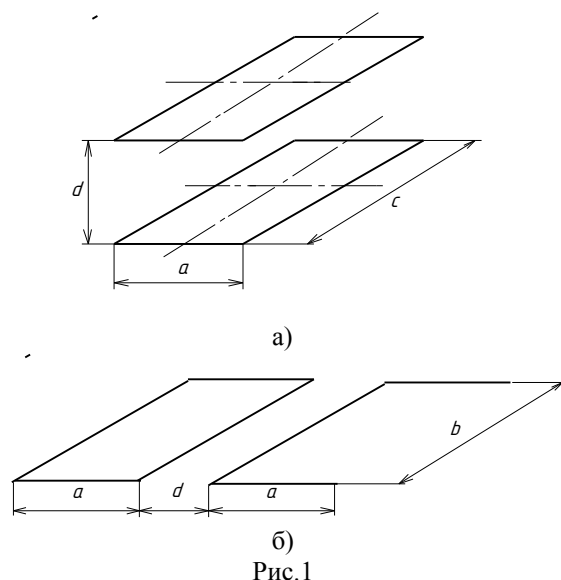


Рис. 1

Емкость датчика с параллельно расположенными плоскими электродами зависит от площади электродов, соотношения размеров их сторон и от уровня заполнения пространства между электродами контролируемым продуктом. Вследствие искажения поля у краев электродов точное значение емкости датчика определить практически невозможно [3]. Вместе с тем, учитывая краевой эффект реально осуществимых датчиков для контроля плоского текстильного продукта (например, ткани),

у которых выполняются соотношения $a/d > 3$, $b/d > 3$, с учетом разбивки поля на простые фигуры [4], находим следующее выражение для емкости датчика:

$$C = \frac{E_0 E_{\text{TM}} ab}{d} \left[1 + \frac{1}{\lambda} \frac{d}{a \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \Phi. \quad (1)$$

$$\Psi \left(\frac{a}{d} \right) = \frac{C}{E_0 E_{\text{TM}} b} = \frac{a}{d} \left[1 + \frac{1}{\pi} \frac{d}{a \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (2)$$

график которой представлен на рис.2.

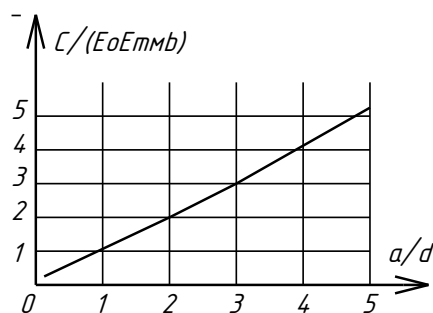


Рис.2

Здесь $E_0 = 8,855 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; E_{TM} – относительная диэлектрическая постоянная текстильного материала; a – ширина электрода датчика, м; b – длина электрода датчика, м; d – расстояние между электродами датчика, м.

Относительная емкость датчика с плоскими параллельными электродами зависит от отношения ширины электрода к расстоянию между электродами и определяется функцией:

Незначительная нелинейность зависимости относительной емкости от соотношения a/d обусловлена искажением поля у краев рабочих электродов датчика.

Емкость датчика с подвижными пластинами зависит от расстояния между ними, которое определяется толщиной контролируемого продукта. В этом случае чувствительность датчика к изменению толщины продукта находится в результате дифференцирования выражения (1) по переменной величине d :

$$K_d = \frac{dC}{dd} = \left[\frac{b}{\pi d \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)^2} - \frac{ab}{d^2} \right] E_0 E_{\text{TM}}, \Phi/\text{м}. \quad (3)$$

Из полученного выражения следует, что чувствительность рассматриваемого датчика пропорциональна длине электродов b и диэлектрической проницаемости контролируемого текстильного материала E_{TM} .

При разработке датчиков механизмов контроля плоских текстильных материалов (например, ткани) длину электродов выби-

рают равной

$$b = na, \quad (4)$$

где $n = 1 \dots 7$.

Подставив значение b в (3), после преобразований получим выражение для расчета относительной чувствительности датчика с подвижными электродами:

$$K_{d \text{ отн}} = \frac{K_d}{E_0 E_{TM}} = n \left[\frac{a}{d \pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)^2} - \frac{a^2}{d^2} \right]. \quad (5)$$

Зависимости модуля относительной чувствительности от первоначального отношения a/d для различных значений длины электродов показаны на рис. 3.

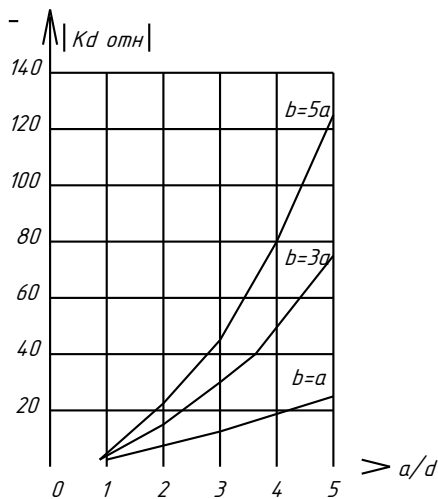


Рис.3

Величина диэлектрической проницаемости E_{TM} зависит от вида текстильного продукта, содержания компонентов смеси, структуры. В табл. 1 приведены экспериментальные значения диэлектрической проницаемости некоторых тканей.

Т а б л и ц а 1

Ткань	E_{TM}	Ткань	E_{TM}
Бязь арт. 276	1,049	флейта арт. 975	1,245
Штапель арт. 72110	1,101	сатин арт. 528	1,324
Тик арт. 4003	1,203	костюмная арт. 3127	1,496

Чувствительность датчика с неподвижными электродами к изменению диэлектрической постоянной текстильного материала определяется выражением, получаемым в результате дифференцирования значения емкости (1) по E_{TM} :

$$K_{E_{TM}} = \frac{dC}{dE_{TM}} = E_0 b \left[\frac{a}{d} + \frac{1}{\pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (6)$$

Датчик с неподвижными электродами может быть использован в механизмах контроля текстильного продукта при усло-

вии неполного заполнения продуктом рабочей области датчика.

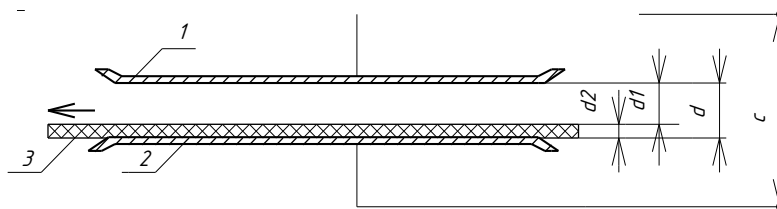


Рис.4

На рис.4 показана схема датчика с неподвижными электродами (1 и 2) с расстоянием между ними d , воздушным зазором $d1$ и контролируемым материалом 3 с толщиной $d2$. Такой датчик можно рас-

сматривать как конденсатор, состоящий из двух последовательно соединенных конденсаторов, емкости которых соответственно равны:

$$C1 = \frac{E_0 E_B ab}{d1} \quad \text{и} \quad C2 = \frac{E_0 E_{TM} ab}{d2}, \quad (7)$$

где E_B – диэлектрическая проницаемость воздушного зазора ($E_B = 1$); a – ширина электродов; b – длина электродов.

При последовательном соединении конденсаторов:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} = \frac{d1}{E_0 E_B ab} + \frac{d2}{E_0 E_{TM} ab} = \left(\frac{d1}{E_0 E_B} + \frac{d2}{E_0 E_{TM}} \right) \frac{1}{ab}, \quad (8)$$

а общая емкость датчика равна:

$$C = \frac{E_0 ab}{\frac{d1}{E_B} + \frac{d2}{E_{TM}}} = \frac{E_0 ab}{d - d2 + \frac{d2}{E_{TM}}} = \frac{E_0 ab}{d - d2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right)}. \quad (9)$$

В случае, когда диэлектрическая проницаемость контролируемого материала $E_{TM} \gg 1$, выражение для общей емкости датчика принимает вид:

$$C = \frac{E_0 ab}{d - d2} = \frac{E_0 ab}{d1}. \quad (10)$$

В этом случае емкость датчика определяется величиной воздушного зазора между электродом и контролируемым материалом.

Дифференцируя (9) по переменной $d2$, получаем выражение, определяющее чувствительность полевого датчика с неподвижными электродами с частичным заполнением продуктом рабочей области к изменению толщины продукта:

$$K_{d2} = \frac{dC}{dd2} = \frac{E_0 ab \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right)}{\left[d - d2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right) \right]^2}, \quad \Phi/\text{м}. \quad (11)$$

Из (11) следует, что чувствительность датчика повышается с увеличением начальной толщины контролируемого материала $d2$ и его диэлектрической проницаемости E_{TM} .

При E_{TM} выражение (11) принимает вид:

$$K_{d2} = \frac{E_0 ab}{(d - d2)^2}. \quad (12)$$

Относительная диэлектрическая проницаемость текстильного продукта зависит от вида волокна, плотности его распределения в продукте (холст, лента, ровница, нить, ткань), соотношения волокон различной природы и специальных добавок. Чувствительность рассматриваемого датчика к изменению E_{TM} при $d2 = \text{const}$ определяется соотношением:

$$K_{E_{TM}} = \frac{dC}{dE_{TM}} = \frac{E_0 ab}{E_{TM}^2 \left[d - d2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right) \right]^2}, \quad \Phi/\text{м}. \quad (13)$$

Отношение (11) к (13):

$$\frac{K_{d2}}{K_{E_{TM}}} = E_{TM}^2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right) \quad (14)$$

показывает, что чувствительность датчика к изменению толщины продукта превосходит его чувствительность к изменению диэлектрической проницаемости.

1. Определены основные математические соотношения, характеризующие свойства полевых датчиков с параллельными электродами.

2. Полученные соотношения составляют основу методики инженерного расчета полевых датчиков контроля продукта в процессе его обработки на текстильных машинах.

1. *Расторгуев А.К., Власов Е.И., Кулида Н.А.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №6. С. 99...103.

2. *Петров А.В., Расторгуев А.К.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С. 110...114.

3. *Иоссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г.* Расчет электрической емкости. - Л.: Энергия, 1971.

4. *Расторгуев А.К., Расторгуев К.А.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, №4. С. 76...79.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 06.04.08.

УДК 677.05:62-83

УПРАВЛЕНИЕ ОСЕВОЙ НАМОТКОЙ ТКАНИ

В.Ф. ГЛАЗУНОВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Осевая намотка гибких плоских материалов (бумага, металлический лист, ткань, пленка и т.д.) широко применяется в промышленном производстве. В зависимости от специфики технологического процесса к системе управления намоткой предъявляется ряд требований, к главным из которых следует отнести равномерность плотности намотки или длину намотанного материала.

Существующие системы управления осевой намоткой ткани построены, как правило, на принципе стабилизации ее натяжения и линейной скорости намотки. Их основным недостатком является отсутствие учета внутренних напряжений в рулоне, обусловленных давлением слоев наматываемого материала и, как следствие, невозможность качественного формирования рулона и его равноплотной структуры.

Так, для осевых намоток бумагоделательного производства установлено [1] возрастание плотности наматываемого при постоянном натяжении бумажного полот-

на в пределах небольшого (10...60) числа витков. Зависимость давления ткани в рулоне от числа его оборотов, полученная в [1], позволяет предположить ее экспоненциальный характер.

Это можно также показать, анализируя уравнение энергетического баланса процесса намотки в виде:

$$W_{dn} = \alpha P_{dn} + \beta dP. \quad (1)$$

Здесь W – потенциальная энергия, вносимая в рулон упругим материалом за один оборот рулона, Дж/об; n – число оборотов рулона; $P = \frac{q}{\rho}$ – давление ткани в

рулоне, Н/м²; $q = \frac{F}{B}$; F – натяжение наматываемого полотна, Н; B – ширина полотна, м; ρ – радиус рулона, м; α – коэффициент сжатия, показывающий, какая энергия за один оборот рулона затрачивается на его сжатие, м³/об; β – коэффициент внутреннего давления, показывающий, какую

энергию необходимо сообщить рулону, чтобы давление витков изменилось на 1 Н/м^2 .

Решение дифференциального уравнения (1) с разделяющимися переменными имеет вид:

$$n = -\frac{\beta}{\alpha} \ln(W - \alpha P) + k, \quad (2)$$

где k – постоянная интегрирования находится из начальных условий: при $n = 0$ $P = P_{\text{нач}}$.

Тогда

$$k = -\frac{\beta}{\alpha} \ln \frac{W - \alpha P}{W - \alpha P_{\text{нач}}}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (2), имеем:

$$-\frac{\alpha}{\beta} n = \ln \frac{W - \alpha P}{W - \alpha P_{\text{нач}}}, \quad (4)$$

откуда

$$P(n) = \frac{W}{\alpha} \left(1 - e^{-\frac{n}{\lambda}} \right) + P_{\text{нач}} e^{-\frac{n}{\lambda}}. \quad (5)$$

Зависимость (5) давления от числа оборотов рулона является экспоненциальной.

Здесь $\lambda = \frac{P}{\alpha}$ – постоянная, характери-

зующая увеличение давления с ростом числа оборотов рулона. Это число оборотов, при котором давление P увеличивается до установившегося значения при $\alpha = 0$. При этом рулон не сжимается и уравнение (1) имеет вид:

$$W dn = \beta dP, \quad (6)$$

откуда $n = \frac{\beta}{W} P$. Тогда число оборотов рулона, соответствующее значению $P_{\text{уст}}$:

$$n_{\text{уст}} = \frac{\beta}{W} \frac{W}{\alpha} = \frac{\beta}{\alpha} = \lambda.$$

На первых витках $\alpha = 0$, тогда

$$\beta = \frac{\Delta W}{\Delta P} = \frac{E^2 \varepsilon p}{2q},$$

где ε , E – относительное удлинение и модуль упругости наматываемого полотна;

$W = \frac{E \varepsilon^2}{2}$ – потенциальная энергия полотна, Дж.

Параметры α и β определяются экспериментально в процессе формирования рулона.

Результаты аналитического исследования напряженного состояния ткани в рулоне [2], выполненного на основании теории упругости анизотропного тела, показали невозможность обеспечения равномерной плотности намотки при постоянном намоточном натяжении. При этом рекомендуется уменьшать натяжение ткани по мере намотки в соответствии с зависимостью (17) [2]. Экспериментальными исследованиями [3] выявлены радиальное и окружное перемещение слоев ткани, а также ее остаточная деформация, возрастающая с ростом натяжения наматываемого полотна.

Последнее можно объяснить, по-видимому, существенно различными свойствами бумажного полотна и ткани, анизотропная структура которой отличается значительно меньшей плотностью и большей подвижностью.

Как показано в [3], действие наматываемых витков ткани распространяется по радиусу рулона на ограниченную периферийную зону. При этом с ростом степени анизотропных свойств рулона глубина действия витка уменьшается.

Перспективное направление в решении задачи управления процессом осевой намотки ткани связано с использованием средств микропроцессорной техники.

Однако анализ рассмотренных подходов к описанию процесса формирования осевой намотки гибких упругих материалов позволил установить сложность их использования в системе управления намоткой, построенной на этой базе, так как они

не обладают необходимой для этого математической упорядоченностью.

В одном из вариантов решения этой задачи используется математическая модель, основанная на методе механических аналогий [4]. При этом формируемый рулон представляется в виде соединения элементарных упругостей и масс, отражающих давление витка на нижерасположенные слои, а упругость – эквивалентом деформационных свойств витка в радиальном направлении. В результате последовательного решения системы уравнений, описывающих процесс деформации рулона при намотке каждого слоя, формируются массивы данных о текущих и граничных координатах, отражающих происходящие в рулоне процессы. Указанный алгоритм ориентирован на его микропроцессорную реализацию.

Для прогнозирования недопустимого при намотке гофрообразования полотна используется массив радиусов рулона, получаемый в результате намотки с постоянным натяжением тестового рулона. Для каждого слоя оценивается величина усадки слоя в радиальном направлении, исходя из числа уже намотанных слоев и степени их деформации в радиальном направлении. Недостатком этой модели является сложность учета тангенциальных усилий, действующих на полотно в процессе намотки.

Распространенным подходом при разработке математической модели процесса намотки гибких материалов является использование в качестве ее аналога архимедовой спирали. Так, при анализе процесса намотки сновальных валов [5] использование такой модели для управления движением уплотняющего вала позволяет решить задачу контроля длины наматываемой основы, обеспечить наработку идентичных паковок и, таким образом, снять проблему угаров в процессе шлихтования.

Однако решение задачи значительно усложняется при осевой намотке ткани с заданной плотностью. Это связано с отсутствием воздействия уплотняющего вала, при этом управляющими координатами являются только натяжение ткани на входе рулона и ее линейная скорость.

Один из вариантов решения задачи реализован в устройстве [6], построенном на принципе измерения реального радиуса рулона и вычисления его на основе уравнения архимедовой спирали. Невязка этих двух параметров используется для управления натяжением ткани на входе рулона. В [7...10] представлена разработка математических моделей аналоговой и цифроаналоговой системы, реализующих указанный принцип управления намоткой.

Следует заметить, однако, что техническая реализация этих устройств связана с необходимостью измерения радиуса рулона. Контактный способ его измерения не позволяет получить высокую точность в связи с деформацией рулона в месте его контакта с измерительным роликом, а также по причине наличия низкочастотной помехи в измерительном канале, вызванной эксцентриситетом рулона и неточностью механики.

Известный бесконтактный способ измерения радиуса рулона, основанный на контроле длины наматываемого материала в пределах угла поворота рулона, равном одному радиану, требует измерения длины полотна. Используемые для этого контактные датчики длины с импульсными преобразователями не избавляют систему от погрешности контактного способа измерения. В этой связи остается актуальной задача поиска приемлемого для рассматриваемой системы бесконтактного, технически достаточно просто реализуемого устройства измерения длины транспортируемого материала.

Таким образом, процесс формирования рулона с заданной плотностью связан с решением задачи контроля его параметров и использованием полученной информации для управления натяжением наматываемого полотна.

В процессе намотки ткани в рулоне действуют два усилия, первое из которых обусловлено моментом вращения (моментом сдвига). Оно зависит от натяжения полотна на входе рулона и определяет тангенциальную составляющую давления витков. Второе связано с действием внешних слоев рулона, обусловленном наличи-

ем относительного удлинения материала. Оно направлено по радиусу рулона и создает радиальную составляющую давления.

В представленной на рис.1 функциональной схеме системы управления намоткой ткани электропривод ЭП1 (U_1 – преобразователь, M_1 – электродвигатель, i_1 – редуктор) обеспечивает стабилизацию скорости v_1 валковой пары 1, выдающей полотно на намотку. Электропривод ЭП2 обеспечивает формирование рулона в режиме регулирования текущего значения усилия F со стороны верхнего i -го слоя на внутренние слои, а также оптимизацию статических и динамических характеристик устройства намотки в условиях вариации радиуса намотки R и момента инерции J рулона.

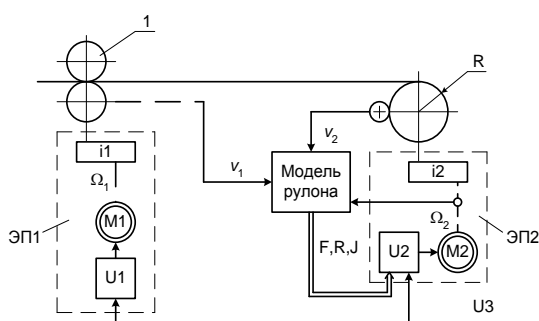


Рис.1

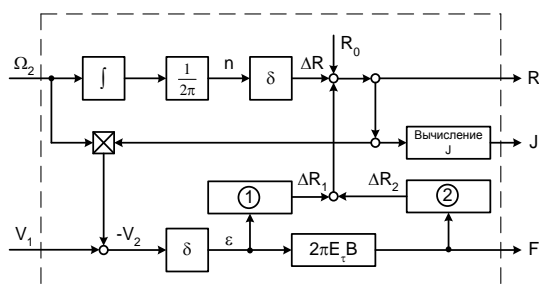


Рис.2

Схема математической модели рулона, представленная на рис. 2, иллюстрирует один из возможных ее вариантов. Здесь блоки 1 и 2 выполняют операцию вычисления составляющих приращения радиуса рулона $\Delta R_1 = \varepsilon / \mu_r$, обусловленных натяжением материала на его входе и его деформацией под действием сил давления верхнего слоя на нижележащие $\Delta R_2 = F/E_r$, где μ_r – коэффициент Пуассона; E_r – радиальный модуль упругости.

На схеме $\Delta R = n\delta$; $E_r = E'_t\delta$; δ , В – толщина и ширина ткани; E'_t – тангенциальный модуль упругости материала, приведенный к ее ширине; R_0 – начальный радиус намотки; n – число оборотов рулона.

Микропроцессорная реализация рассмотренной системы управления позволяет обеспечить прогнозирование параметров рулона в процессе намотки.

ВЫВОДЫ

1. В основу разработки математической модели процесса осевой намотки ткани может быть положено уравнение энергетического баланса составляющих потенциальной энергии, вносимой в рулон растянутым полотном.

2. Одной из главных задач при создании систем управления осевой намоткой ткани является разработка ориентированной на микропроцессорную реализацию математической модели процесса намотки, учитывающей внутреннее напряжение в рулоне, а также бесконтактных датчиков длины наматываемой ткани и радиуса рулона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эйдлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины. – М.: Лесная промышленность, 1970.
2. Суриков В.И. Аналитическое исследование напряженного состояния ткани в рулоне // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, № 3. С. 154...157.
3. Суриков В.И. Экспериментальное исследование наматывания ткани на мерильно-накатной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №2. С. 143...146.
4. Глазунов В.Ф., Сидякин В.Ф., Куленко М.С. Разработка математической модели процесса формирования рулона ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 5. С. 80...87.
5. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К., Маховер В.Л. Новая технология формирования ткацкого навоя высокого качества // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 3. С. 43...45.
6. Патент РФ на полезную модель № 46484. Устройство для намотки ткани в рулон / Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Приоритет от 10.07.2005 г.
7. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Математическая модель цифроаналоговой системы управления процессом намотки ткани // Изв. вузов. Техно-

логия текстильной промышленности. – 2006, № 3. С. 104...108.

8. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Математическое моделирование системы управления намоткой ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 6. С. 105...109.

9. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Моделирование аналоговой системы управления намоткой с учетом изменения радиуса рулона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 1. С. 104...109.

10. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Моделирование устройства стабилизации плотности намотки ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 4. С. 82...85.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 03.04.08.

УДК 677:628.517.2

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ
АППАРАТОВ С ВИБРОКИПАЩИМ СЛОЕМ**

Б.С.САЖИН, О.С.КОЧЕТОВ, А.В.КОСТЫЛЕВА, С.С.ШЕСТАКОВ

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

Сушильные установки с виброкипящим слоем имеют в своем составе вибраторы различных типов и конструкций, генерирующие обычно колебания в частотном диапазоне от 12 до 50 Гц с амплитудой 1...5 мм. Так, например, общей отличительной чертой горизонтальных аппаратов с вибрирующим лотком является горизон-

тальное или с небольшим углом к горизонту расположение вибрирующего лотка, вдоль которого перемещается слой сыпучего материала. Такое расположение лотка обеспечивает небольшую высоту всей установки и позволяет организовать любой характер потока реагентов или фаз (прямоток, противоток, перекрестный ток).

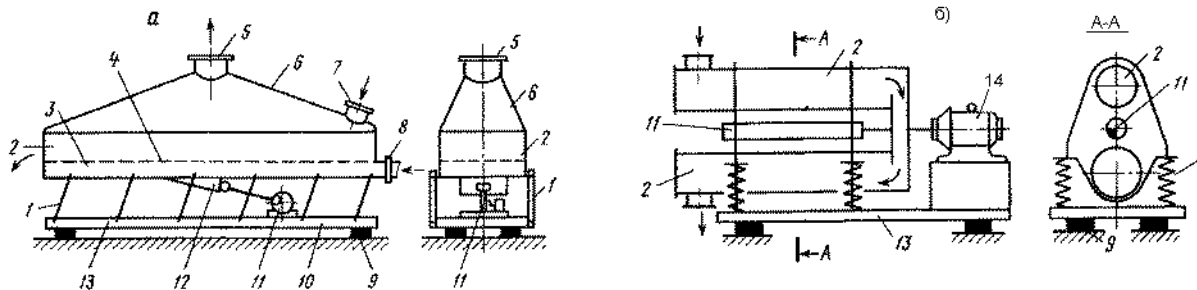


Рис.1

На рис.1-а,б показаны принципиальные схемы аппаратов с горизонтальным вибрирующим лотком: а) – с эксцентриковым вибратором; б) – с одновальным дебалансным вибратором. Аппарат с виброкипящим слоем, дополнительно продуваемым газом снизу вверх (рис. 1-а), состоит из лотка 2, закрепленного посредством наклонных пружин 1 на тяжелой плите 13. Почти вдоль всего лотка с нижней его стороны проходит ребро жесткости 12, к которому на шарнире закреплен шатун эксцентрикового вибратора 11. Определенный наклон пружин 1 при работе вибратора 11 создает возвратно-поступательный характер перемещения лотка в направлении,

нормальном к оси пружин, обеспечивая заданный угол бросания материала относительно поверхности лотка. Лоток имеет двойное дно, образующее короб 3 для подачи теплоносителя. Потолок короба, или дно 4 лотка, по которому перемещается обрабатываемый материал, выполнено из сетки. Газ, подаваемый в короб через соединительный патрубок 8, через сетку 4 поступает под слой материала, а из-под кожуха 6 через соединительный патрубок 5 выводится из аппарата. Материал загружают на лоток через окно 7, выгружают в противоположном конце аппарата. Плита 13 через резиновые амортизаторы 9 опирается на основание производственного по-

мещения. Однако данная принципиальная схема аппарата с горизонтальным вибрирующим лотком является только одним из вариантов аппаратов данного класса, который при специфических условиях претерпевает многообразные изменения в конструктивном и технологическом отношениях.

В аппаратах для тонкого измельчения, перемешивания и некоторых других процессов лотки-камеры выполняют из труб 2 (рис. 1-б), при этом одновальный дебалансный вибратор 11, связанный посредством гибкого соединения с электродвигателем 14, жестко крепят соосно с камерами.

В качестве вибропривода аппаратов применяют в диапазоне частот от 16 до 50 Гц дебалансные вибраторы, при низких частотах от 2 до 25 Гц – эксцентриковые, а при частотах 25...100 Гц – электромагнитные вибраторы.

Для привода аппаратов данного класса могут применяться также гидравлические и пневматические исполнительные механизмы, получающие импульсы от отдельно стоящих генераторов. Частота колебаний лотка аппарата, в зависимости от технологического процесса, свойств материала и скорости его перемещения, изменяется от

2 до 100 Гц. Соответственно амплитуда колебаний составляет 30...0,7 мм. Собственную частоту колебаний аппарата выбирают выше или близкой к резонансу системы. В последнем случае осуществляется постоянный обмен кинетической и потенциальной энергии между колеблющейся массой аппарата и системой пружин, что значительно снижает мощность электропривода, функцией которого становится только восстановление потерь на трение и совершение основной технологической работы.

При выборе параметров вибрации необходимо выполнять условие, при котором материал перемещается с периодическим отрывом слоя от поверхности лотка. Применение виброизоляторов позволяет устанавливать аппараты на сравнительно легких конструкциях, на которые не передаются ни динамические нагрузки, ни вибрация. Данная задача должна решаться с обязательным рассмотрением вопросов динамики работы вибросушилки на конкретном, имеющем определенные динамические характеристики, основании или перекрытии с применением виброизоляторов соответствующей жесткости.

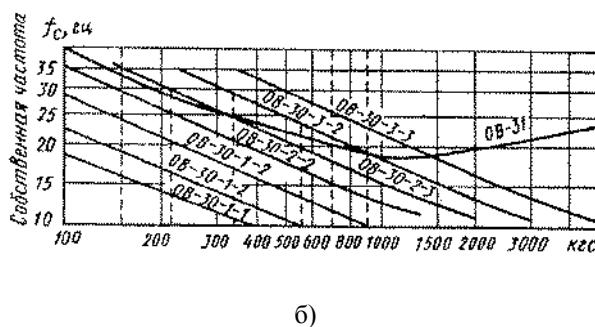
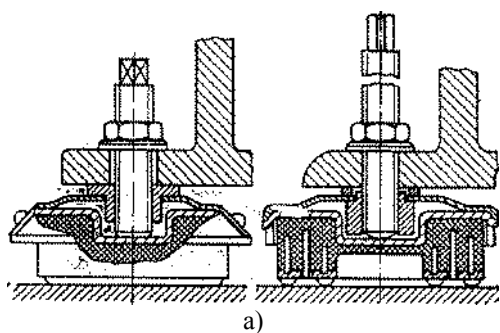


Рис.2

На рис. 2 представлены наиболее часто встречающиеся схемы виброизолирующих опор, выпускаемых отечественной промышленностью и за рубежом (а) – конструктивные схемы; б) – динамические характеристики). Рассмотрим наиболее часто встречающиеся случаи установки вибросушилок на отечественные виброизоляторы типов ОВ-30, ОВ-31, ОВ-33, частотные характеристики которых представлены на рис. 2-б.

Рассмотрим методику расчета параметров виброизоляторов для вибросушилок в зависимости от их режимов работы и характеристик основания, на котором они смонтированы. Остановимся на рассмотрении динамических характеристик системы «вибросушилка на виброизоляторах» на абсолютно жестком основании. Здесь возможны три основные схемы (А,В,С).

Схема А. Абсолютно жесткое основание. Вязкое демпфирование в системе виброизоляции (рис. 3 – расчетная схема установки вибросушилки).

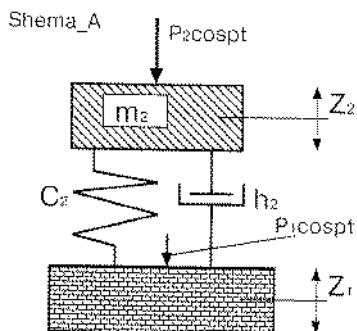


Рис.3

Коэффициент передачи определяет отношение амплитуды силы, воспринимаемой основанием, к амплитуде возмущающего воздействия.

Для систем с одной степенью свободы при гармоническом законе изменения возмущающей силы с постоянной амплитудой коэффициент передачи $T(p)$ выражается формулой

$$T(p) = \sqrt{\frac{1 + 4 \frac{p^2}{\omega_2^2} D_2^2}{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + 4 \frac{p^2}{\omega_2^2} D_2^2}}, \quad (1)$$

где p – частота возмущающего воздействия, c^{-1} ; ω_2 – собственная частота колебаний машины на виброизоляторах, c^{-1} ; D_2 – относительный коэффициент демпфирования системы.

Для того, чтобы сила, передаваемая от вибросушилки на перекрытие, была меньше возмущающей силы, необходимо соблюдение следующего условия:

$$\frac{p}{\omega_2} \geq \sqrt{2}. \quad (2)$$

Собственная частота колебаний машины и относительный коэффициент демпфирования системы определяются по формулам:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_2}}; \quad (3)$$

$$D_2 = \frac{h_2}{2\sqrt{c_2 m_2}}; \quad (4)$$

где c_2 и m_2 – соответственно жесткость упругих элементов виброизоляторов и масса машины; h_2 – абсолютная величина вязкого демпфирования в системе, которая связана с логарифмическим коэффициентом затухания δ_2 колебательной системы следующей зависимостью:

$$\delta_2 = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{m_2 c_2}{h_2^2} - \frac{1}{4}}}. \quad (5)$$

В процессе экспериментальных исследований, проведенных на заводе «Поливинилацетат», при установке вибросушилки для поливинилацетата бисерного (ПВАБ) на втором этаже завода были получены следующие исходные данные для расчета: $P_1=1500$ кгс (вес перекрытия под вибросушилкой); $c_1=15657$ кгс/см (жесткость перекрытия); $D_1=0,05$ (относительное демпфирование перекрытия); $\omega_1=100,48$ c^{-1} (собственная частота колебаний перекрытия). На языке программирования «СИ++» была составлена программа расчета оптимальных параметров виброизолирующей системы, учитывающая возможные случаи установки вибросушилки на абсолютно жесткое основания (см. схемы А, В, С). Машинный эксперимент осуществлялся по плану, представленному в табл.1.

P_2 , кГц	C_2 , кГц/см	D_2	ω_2 , с ⁻¹	Тип виброизолятора	№ схемы
$P_2=1000...2000$	24465	0,05	125,6	ОВ 30-2-2	(А 1)
$P_2=1000...2000$	15657	0,05	100,48	ОВ 30-1-2	(А 2)
$P_2=500...2000$	8897	0,05	75,36	ОВ 30-1-1	(А 3)

Анализируя полученные результаты, выполненные по расчетной схеме А, можно сделать следующие выводы. На частоте вынужденных колебаний вибросушилки, равной 148,6 с⁻¹ (1420 об/мин), при установке ее на виброизоляторы модели ОВ 30-2-2 (рис.4 – коэффициент передачи системы «вибросушилка на виброизоляторах типа ОВ 30-2-2» при установке ее на абсолютно жесткое основание и при наличии вязкого демпфирования в системе виброизоляции: P_2 (var 1000...2000 кГц); $C_2=24465$ кГц/см ($f=20$ Гц; $\omega=125,6$ с⁻¹); $D_2=0,05$) наблюдается увеличение коэффициента передачи: при $P_2 = 1250$ кГц до 5,1; при $P_2=1500$ кГц до 2,5; при $P_2=1750$ кГц до 1,6; при $P_2 = 2000$ кГц до 1,5 (зарезонансный режим работы); при $P_2 = 1000$ кГц до 8,5 (дорезонансный режим работы). При установке вибросушилки на виброизоляторы модели ОВ 30-1-2 снижение коэффициента передачи наблюдается начиная с $P_2 = 1500$ кГц до 0,84 и затем он уменьшается до 0,51 при $P_2 = 2000$ кГц (зарезонансный режим работы).

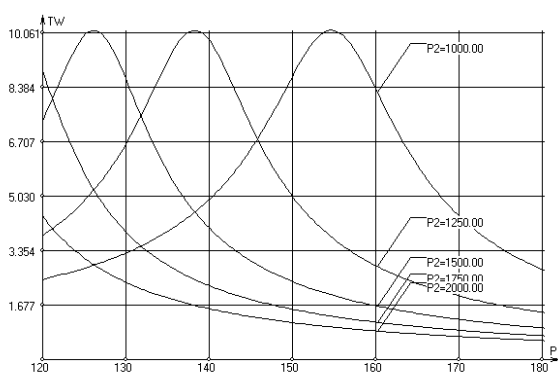


Рис.4

При установке вибросушилки на виброизоляторы модели ОВ 30-1-1 снижение коэффициента передачи наблюдается начиная с $P_2 = 875$ кГц до 0,85 и затем он уменьшается до 0,31 при $P_2 = 2000$ кГц (за-

резонансный режим работы). При $P_2 = 500$ кГц наблюдается увеличение колебаний на частоте вынужденных колебаний вибросушилки, равной 148,6 с⁻¹, почти в 2 раза, что не позволяет осуществлять технологический процесс сушки при таких режимах работы вибросушилки.

Схема В. Абсолютно жесткое основание. Демпфирование в системе виброизоляции обусловлено потерями энергии в материале виброизолятора

$$|T(p)| = \sqrt{\frac{1 + \gamma_2^2}{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + \gamma_2^2}}, \quad (6)$$

где γ_2 – коэффициент неупругого сопротивления системы, который связан с коэффициентом поглощения ψ_2 энергии в материале виброизоляторов и декрементом затухания δ_2 следующей зависимостью:

$$\gamma_2 = \frac{\phi_2}{2\pi} = \frac{\delta_2}{\pi}. \quad (7)$$

Анализируя полученные результаты исследований по расчетной схеме В, можно сделать следующие выводы. На частоте вынужденных колебаний вибросушилки, равной 148,6 с⁻¹ (1420 об/мин), при установке ее на виброизоляторы модели ОВ 30-2-2 наблюдается увеличение коэффициента передачи: при $P_2 = 1250$ кГц до 7,1; при $P_2 = 1500$ кГц до 2,5; при $P_2 = 1750$ кГц до 1,9; при $P_2 = 2000$ кГц до 1,2 (зарезонансный режим работы); при $P_2 = 1000$ кГц до 7,5 (дорезонансный режим работы). При установке вибросушилки на виброизоляторы модели ОВ 30-1-2 снижение коэффициента передачи наблюдается начиная с $P_2 = 1500$ кГц до 0,8 и затем он уменьшается до 0,41 при $P_2 = 2000$ кГц (зарезонансный

режим работы). При установке вибросушилки на виброизоляторы модели ОВ 30-1-1 снижение коэффициента передачи наблюдается во всем исследуемом диапазоне P_2 начиная с 0,65 при 1000 кГц и затем он уменьшается до 0,21 при $P_2=2000$ кГц (зарезонансный режим работы).

Схема С. Абсолютно жесткое основание. Система виброизоляции без демпфирования:

$$T(p) = \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2}} \quad (8)$$

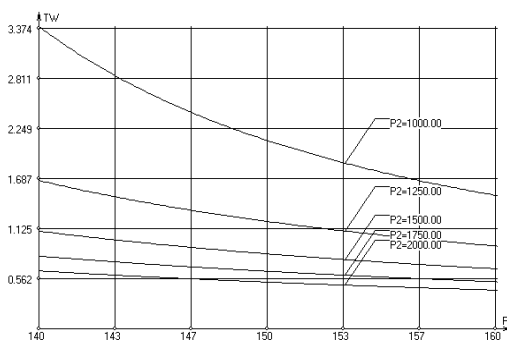


Рис.5

Анализируя полученные результаты исследований по схеме С, можно сделать следующие выводы. На частоте вынужденных колебаний вибросушилки, равной $148,6 \text{ с}^{-1}$ (1420 об/мин), при установке ее на виброизоляторы модели ОВ 30-2-2 наблюдается увеличение коэффициента передачи при всех значениях P_2 , что не позволяет вести технологический процесс сушки на данных виброизоляторах. При установке вибросушилки на виброизоляторы модели ОВ 30-1-2 (рис.5 – коэффициент передачи системы «вибросушилка на виброизоляторах типа ОВ 30-1-2» при установке ее на абсолютно жесткое основание и при наличии вязкого демпфирования в системе виброизоляции: P_2 (var 1000...2000 кГц); $C_2=15657$ кГц/см

($f=16$ Гц; $\omega=100,48 \text{ с}^{-1}$); $D_2=0,05$) снижение коэффициента передачи наблюдается начиная с $P_2 = 1500$ кГц до 0,9 и затем он уменьшается до 0,48 при $P_2 = 2000$ кГц (зарезонансный режим работы). При установке вибросушилки на виброизоляторы модели ОВ 30-1-1 снижение коэффициента передачи наблюдается во всем исследуемом диапазоне P_2 начиная с 0,65 при 1000 кГц и затем он уменьшается до 0,26 при $P_2= 2000$ кГц (зарезонансный режим работы).

ВЫВОДЫ

1. Разработаны математические модели расчета систем виброизоляции для аппаратов с горизонтально расположенным вибрототком, позволяющие рассмотреть виброизолирующую установку этих аппаратов на абсолютно жесткое основание производственных помещений, а также создана программа расчета на ПЭВМ динамических характеристик этих систем для оптимального подбора параметров виброизоляторов под конкретное основание.

2. Расчет, выполненный на основе вышеизложенных теоретических положений, показал, что система виброзащиты с виброизоляторами типа ОВ 30-1-1 уменьшает динамические нагрузки, передаваемые вибросушилкой на основание, в 2...3 раза и обеспечивает вибробезопасность аппаратов во всем нормируемом диапазоне частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Кочетов О.С. Снижение шума и вибраций в производстве: Теория, расчет, технические решения. – М., 2001.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 28.02.07.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ В СТРУЙНОМ АППАРАТЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Б.С. САЖИН, М.П. ТЮРИН, Л.М. КОЧЕТОВ, Р.А. САФОНОВ, М.М. МАМОНОВА

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

Рассмотренные ранее вопросы образования и разрушения эмульсий позволили разработать метод и установку для разделения агрегативно устойчивых эмульсий с использованием струйного аппарата. Механизм образования агрегативно-устойчивых эмульсий и прямого, и обратного типа в настоящее время нельзя считать окончательно выясненным. Существует ряд общих теорий, объясняющих возникновение агрегативной устойчивости эмульсионных систем. Эти теории едины в том, что для придания агрегативной устойчивости эмульсионной системе, состоящей из двух чистых, несмешивающихся жидкостей (межфазное натяжение которых много больше нуля), необходимо присутствие

третьего стабилизирующего компонента, способствующего образованию бронирующих оболочек, то есть прочной гидрофобной пленки на поверхности глобул, что обуславливает агрегативную устойчивость эмульсионных систем.

Ниже представлены результаты аналитических исследований гидродинамики в струйных аппаратах для регенерации исходных продуктов, содержащихся в устойчивых эмульсиях.

При моделировании турбулентности использовалась гипотеза Буссинеска, связывающая турбулентные напряжения с осредненными градиентами скоростей турбулентного потока:

$$\theta_{T(ij)} = -\overline{\rho u_i' u_j'} = \mu_T \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \left(\rho k + \mu_T \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \delta_{ij}, \quad (1)$$

которая позволяет исследовать гидродинамические характеристики аппарата.

На основании данной гипотезы получено математическое описание турбулентно-

го движения для осесимметричного случая, которое дополнено уравнением неразрывности для неустановившегося движения:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial \tau} (\rho v_x) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} (r \rho v_x v_x) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho v_r v_x) = \\ & = -\frac{dp}{dx} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \left[r(\mu + \mu_T) 2 \frac{\partial v_x}{\partial x} \right] + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r(\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial x} \right) \right], \\ & \frac{\partial}{\partial \tau} (\rho v_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} (r \rho v_x v_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho v_r v_r) = \\ & = -\frac{dp}{dr} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \left[r(\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial v_r}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial r} \right) \right] + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r(\mu + \mu_T) 2 \frac{\partial v_r}{\partial r} \right] - 2\mu \frac{v_r}{r^2}, \\ & \frac{\partial r}{\partial \tau} + \text{div} \rho \vec{v} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где v_x – скорость потока вдоль оси X; v_r – скорость потока в радиальном направлении; ρ – плотность смеси; μ – коэффициент динамической вязкости; μ_T – коэффициент турбулентной вязкости; p – давление; \vec{v} – вектор скорости; τ – время.

Эти уравнения записаны при условии, что осредненная угловая скорость $v_\varphi = 0$, так как в данном случае отсутствует вращение потока вокруг оси X.

Уравнения (2) описывают движение смеси: устойчивой эмульсии, воды и конечного продукта, а также компоненты, получаемой в результате смешения этих веществ.

Для системы уравнений (2) использовались следующие граничные условия:

– постоянство задаваемой скорости пассивного потока (устойчивая загрязненная эмульсия) на входе в камеру смешения: $v_{y3} = \text{const}$;

– уравнение турбулентной кинетической энергии:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial r}(\rho v_r k) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x k) = \\ & = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r(\mu + \mu_T) \frac{\partial k}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[(\mu + \mu_T) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon + Y_M, \end{aligned} \quad (3)$$

– уравнение скорости диссипации:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial r}(\rho v_r \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x \varepsilon) = \\ & = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r(\mu + \mu_T) \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[(\mu + \mu_T) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right] + G_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + G_{3\varepsilon} G_b) - G_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}, \end{aligned} \quad (4)$$

где G_k – производство турбулентной кинетической энергии, вызванное градиентами осредненного потока; G_b – производство турбулентной кинетической энергии, вызванное плавучестью; Y_M – параметр, характеризующий пульсации, вызванные расширением в сжимаемых турбулентных потоках; $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, $C_{3\varepsilon}$ – эмпирические константы модели.

– постоянство задаваемой скорости активного потока (вода) при выходе из сопла: $v_b = \text{const}$;

–отсутствие кавитации;

– равенство нулю скоростей активного ($v_{(гр)в}$) и пассивного ($v_{(гр)у3}$) потоков, а также смеси ($v_{(гр)см}$) на стенке струйного устройства по всей его длине (условие прилипания) $v_{(гр)у3} = v_{(гр)в} = v_{(гр)см} = 0$.

Для моделирования турбулентности использовалась k-ε модель, для нее решается два дополнительных уравнения переноса: для определения k – турбулентной кинетической энергии и ε – турбулентной энергии диссипации. Расчет проводится в цилиндрических координатах с использованием значений компонент скоростей v_x и v_r , а также давления, получаемых из (2):

При этом предполагается изотропность турбулентной вязкости. Коэффициент турбулентной вязкости, являющийся характеристикой потока, вычисляется по формуле Колмогорова-Прандтля как функция параметров турбулентности – кинетической энергии и скорости ее диссипации:

$$\mu_T = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}. \quad (5)$$

При моделировании процесса взаимодействия веществ в струйном аппарате принималось, что этот процесс является результатом определенной ниже структурной реакции (образования конечного продукта в результате механического взаимодействия исходных веществ):

$$v_{y_3} + v_B + v_{кп}, \quad (6)$$

где v_{y_3} , v_B , $v_{кп}$, – стехиометрические коэффициенты структурной реакции устой-

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho Y_b) + \nabla(\rho \vec{v} Y_b) &= \nabla \left[\left(\rho D_b = \frac{\mu_T}{S_{ст}} \right) \nabla Y_b \right] - G_b, \\ \frac{\partial}{\partial \tau}(\rho Y_{кп}) + \nabla(\rho \vec{v} Y_{кп}) &= \nabla \left[\left(\rho D_{кп} = \frac{\mu_T}{S_{кп}} \right) \nabla Y_{кп} \right] + G_{кп}, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $Y_B = \frac{\rho_B}{\rho_B + \rho_{y_3} + \rho_{кп}}$ – массовая доля

воды; $Y_{y_3} = \frac{\rho_{y_3}}{\rho_B + \rho_{y_3} + \rho_{кп}}$ – массовая доля

устойчивой эмульсии; $S_{кп}$ – турбулентное число Шмидта (принимается равным 0,7); D_B и $D_{кп}$ – коэффициенты молекулярной диффузии воды и конечного продукта соответственно.

$G_B = v_B M_B \hat{R}$ – скорость вступления в структурную реакцию воды в единице объема; $G_{кп} = v_{кп} M_{кп} \hat{R}$ – скорость вступления в структурную реакцию смеси веществ в единице объема; M_B и $M_{кп}$ – молярная масса воды и смеси веществ; \hat{R} – условная скорость:

$$\hat{R} = A \rho \frac{\varepsilon}{k} \min \left(\frac{Y_j}{v_j M_j} \right), \quad (8)$$

где A – эмпирическая константа, равная 4; j – индекс, определяющий вид компоненты, участвующей в структурной реакции;

чивой эмульсии, воды и получаемой смеси веществ (задаются в зависимости от долей компонент, подаваемых в струйный аппарат).

Основной компонентой, участвующей во взаимодействии всех веществ, вступающих в структурную реакцию, является устойчивая эмульсия. Описание этого взаимодействия осуществляется уравнениями турбулентной диффузии. С учетом (3), (4) а также структурной реакции, уравнения турбулентной диффузии:

$\rho = \rho_{y_3}(1 - Y_p - Y_{кп}) + \rho_B Y_B + \rho_{кп} Y_{кп}$ – плотность смеси компонент.

Математическая модель гидродинамических течений и взаимодействий в струйном аппарате позволила получить распределение давлений и скоростей, изменение скоростей турбулентных пульсаций и турбулентной вязкости в струйном аппарате, векторы скоростей и изменение статического давления по ее длине.

На рис. 1 (изолинии основных характеристик пассивного и активного потоков, где а) – изолинии массовой доли конечного продукта; б) – изолинии интенсивности турбулентных пульсаций $\overline{u_i u_j}$; в) – линии тока) приведены распределения основных характеристик пассивных и активных потоков. Как видно из рисунка, в различных частях струйного аппарата наблюдается сложная картина течения. Происходит нарастание интенсивности перемешивания и взаимодействия потоков по длине камеры смешения, необходимое для разрушения устойчивых эмульсий (рис. 1-а).

Физические процессы смешения активного и пассивного потоков в струйном аппарате на начальном участке подобны

процессам распространения затопленной турбулентной струи в неограниченном объеме. На границах этой струи образуется обширная зона турбулентного взаимодействия активного и пассивного потоков (рис. 1-б); изменения интенсивности турбулентных пульсаций до $5000 \text{ м}^2/\text{с}^2$. По мере преобразования кинетической энергии струи в энергию давления поле скоростей становится все более равномерным, и в диффузоре давление струи преобразуется до противодавления за эжектором, то есть происходит затухание процессов, необходимое для окончательной коалесценции разложившихся составляющих эмульсии (рис. 1-в).

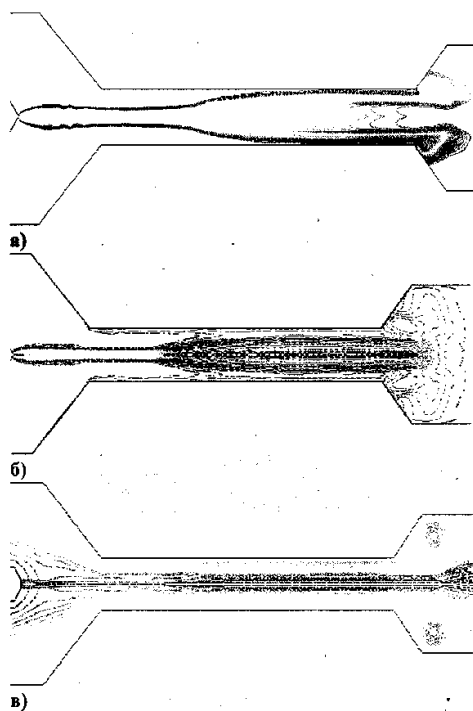


Рис.1

Кроме того, на основе математической модели получен диапазон, в котором должна находиться длина камеры смешения струйного аппарата, составляющая $9 \div 12$ диаметров камеры смешения (точное значение определяется исходя из состава

эмульсии). Именно такая длина камеры смешения обеспечивает разрушение бронирующих оболочек капель воды с целью ее последующей коалесценции в транспортном трубопроводе и расслоение компонентов разрушенной эмульсии в отстойной аппаратуре.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены процессы разрушения бронирующих оболочек и коалесценции глобул жидкости устойчивых эмульсий.
2. Предложена математическая модель гидродинамических процессов, протекающих в струйном аппарате, предназначенном для разделения устойчивых эмульсий.
3. На основании предложенной математической модели получены основные геометрические характеристики струйного аппарата для разделения устойчивых эмульсий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Сошенко М.В. и др. Процессы разрушения устойчивых эмульсий в струйном аппарате // Сб. МКХТ: Успехи в химии и химической технологии. – М., 2006. Т. XX. № 6 (64).
2. Тюрин М.П., Сошенко М.В., Сафонов Р.А., Мамонова М.М. Исследование процессов разделения устойчивых эмульсий в многофункциональном струйном аппарате с регулируемой гидродинамикой // Мат. научн.-техн. конф.: Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2006), М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2006.
3. Сажин Б.С., Кочетов Л.М., Сафонов Р.А., Сошенко М.В. Исследования процессов разрушения устойчивых эмульсий и коалесценции капель жидкости // Сб. ст. Межд. научн.-техн. конф.: Экологические и ресурсосберегающие технологии промышленного производства. – Витебск, 2006.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 14.04.08.

УДК 677.05:519.8

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА С ИГЛАМИ
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]. Автоматическое управление этим процессом требует знания зависимостей между физико-механическими характеристиками НМ и управляемыми параметрами процесса. Натурные эксперименты для решения такого рода задач оказываются трудоемкими и дорогостоящими, поэтому компьютерное моделирование процесса иглопрокалывания является в этом случае одним из наиболее эффективных методов исследования.

При компьютерном моделировании деформируемый НМ представляется в виде сплошной среды, которая подвергается воздействию игл. Моделирование этой среды осуществлялось методом конечных элементов в соответствии с уравнениями механики деформируемых сплошных сред с использованием универсальной программной системы NASTRAN [3].

На рис.1 показана геометрическая модель задачи в виде деформируемого материала Z и игл a, b. Изображение дано в разрезе. Точки первоначального контакта (точки входа игл a и b в материал) обозначены соответственно как X и Y. По толщине материала образец и его деформация

считаются однородными, что позволяет рассматривать плоскую задачу.

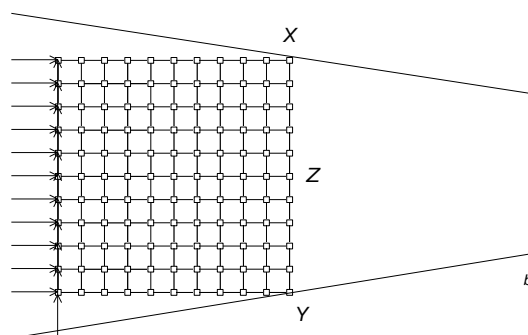


Рис.1

При моделировании имеется возможность задавать разнообразные свойства деформируемого НМ и игл, такие как толщина и плотность НМ, геометрическая форма игл. Рассматривались механические свойства НМ как в виде абсолютно-упругого, так и в виде упругопластичного материала. Задавались условия контакта игл с материалом, в частности, отсутствие трения между НМ и иглами, а также глубина и скорость перемещения игл в НМ. Таким образом, данная моделируемая система позволяет производить анализ процесса взаимодействия НМ и игл по многим параметрам. В приводимых ниже результатах моделирования использованы относительные единицы длины, времени и нагрузки. Поэтому приводимые ниже размерные характеристики НМ измеряются в тех же относительных единицах.

В качестве примера приведем результаты моделирования изотропного материала со следующими характеристиками: модуль Юнга $E = 0,1$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,01$; объемная плотность материала $\rho = 0,001$; предел текучести для упругопластического материала $\sigma_T = 6e-5$. Выбранное значение коэффициента Пуассона отражает свойство НМ, заключающееся в том, что в этом материале напряжение вдоль одной оси практически не передается напряжениям по другим осям. Закон движения игл, использованный при моделировании, приведен на рис.2.

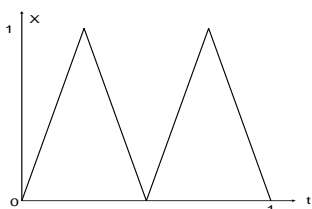


Рис.2

Время моделирования равно $T = 1$ ед. времени и квантовалось на 100 шагов с продолжительностью 0,01 ед. В качестве показателей анализа, которые рассчитывались при моделировании, были выбраны компоненты тензора напряжения и тензоров полной и пластической деформации.

Конечное состояние материала и игл по завершении моделирования представлено (в повернутом состоянии) на рис.3-а для упругопластического материала и на рис.3-б для абсолютно пластического материала.

Из рисунков видно, что пластичность материала приводит к отрыву материала от

игл, причем величина отрыва возрастает при увеличении пластичности материала.

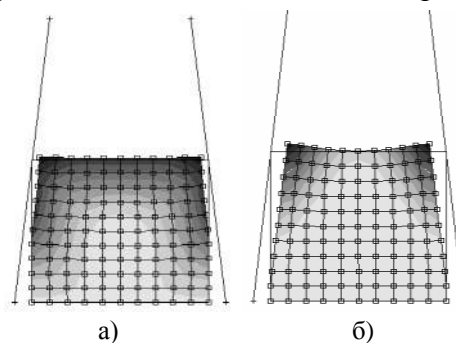
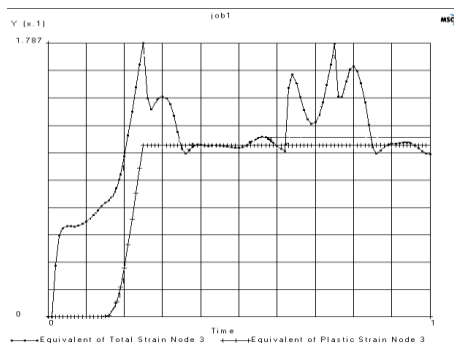


Рис.3

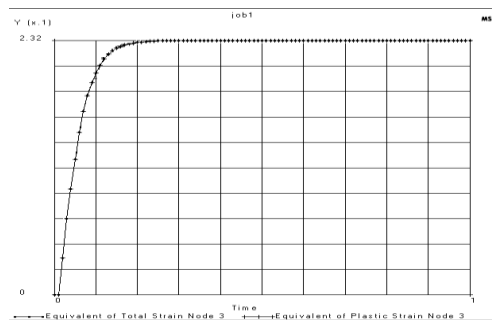
Там же приведены поля компонента ϵ_{xx} тензора деформации, описывающие его распределение по объему НМ. Аналогичные поля были получены для всех шести компонентов указанных выше тензоров, а также кривые изменения этих характеристик во времени при проникновении игл в НМ и при их выходе из него. Распределения различных характеристик и компонентов деформации позволяют наглядно судить о наиболее напряженных областях образца, в которых материал подвергается наибольшему напряжению и деформации.

Характерно, что у большинства характеристик эти области сосредоточены в окрестности участка приложения нагрузки (то есть в области вхождения игл в материал) и не распространяются на весь объем материала.

На рис.4-а для упругопластического материала и рис.4-б для абсолютно упругого материала приведены графики, показывающие изменение полной и пластической составляющих деформации по мере движения игл в точке X.



а)



б)

Рис.4

Из рисунков видно, что динамика развития деформации в упругопластической модели НМ носит сложный характер и содержит как циклические составляющие, так и пластическую деформацию, которые обнаруживаются только в результате динамического моделирования процесса. Отметим, что, как и следовало ожидать, для абсолютно упругого НМ деформация полностью обратима и заметно отличается от упругой составляющей деформации для упругопластического материала.

ВЫВОДЫ

1. Для анализа процесса взаимодействия игл и НМ при прокалывании для упрочнения НМ разработана и исследована конечно-элементная модель, в которой учитываются геометрические особенности взаимодействующих НМ и игл, механические свойства НМ и кинематика процесса иглопрокалывания.

2. Проведенные с помощью модели эксперименты позволяют установить

влияние эффектов пластичности НМ на динамику воздействия игл на НМ, вычислять значения тензоров напряжения и деформации как во времени для любой выбранной точки НМ, так и полей этих тензоров по всему объему материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Осьмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

2. Сергеев А.Н. Теория процессов, технология, оборудование подготовки смесей и холстообразования. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2004.

3. Соловьев А. Н., Кукин Г. Н. Текстильное материаловедение. – Часть III – М.: Легкая индустрия, 1967.

4. Зубчанинов В.Г. Основы теории упругости и пластичности: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1990.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 01.02.08.

УДК 677.3:677.017

**ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МОНОВОЛОКОН ШЕРСТИ
ВСЛЕДСТВИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ***Д.М. ДАРВИШ, Б. АКСАКАЛ, Е.С. ЦОБКАЛЛО**(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,
Йылдызский технический университет, г. Стамбул, Турция)*

В процессе переработки на различных технологических этапах шерстяные волокна подвергаются действию растягивающих нагрузок [1], изменяющих их деформационные и прочностные свойства. В ряде работ [2...8] авторами рассматриваются лишь некоторые аспекты изменения структуры и свойств шерсти при растяжении, однако специального изучения характеристик механических свойств деформированных волокон ранее не проводилось.

Целью данной работы являлось изучение характеристик механических свойств моноволокон шерсти, подвергнутых предварительному растяжению, и интерпретация полученных результатов с позиции изменения структуры волокон.

Объектами исследования были образцы волокон полугрубой овечьей шерсти, полученные из различных регионов Турции и условно обозначенные №1...6. Средние значения размеров волокон составляли: длина 10...12 см, диаметр 30...50 мк. Отбор проб производился по длине волокон при помощи измерительной шкалы и по диаметру, измеренному пошагово на протяжении всего образца с использованием электронного микрометра. Полученные значения усредняли, и отбирали образцы с близкими геометрическими характеристиками. Испытания механических свойств осуществлялись на универсальной установке Instron 1122 в режиме активного растяжения, релаксации напряжений и эластического восстановления. Скорость

растяжения составляла 50 мм/мин. Все испытания производились при нормальных условиях ($T=20^{\circ}\text{C}$, влажность 65%.)

Предварительное деформирование волокон шерсти осуществлялось в следующем режиме: волокна растягивали до заданного значения деформации ϵ_n и наблюдали за проходящим процессом релаксации напряжений в течение 10 мин. Далее образец разгружали и фиксировали процесс эластического восстановления, длительность которого составляла также 10 мин. После процессов релаксации напряжений и последующего эластического восстановления волокно вновь испытывали в режиме активного растяжения.

На рис. 1 представлены диаграммы растяжения моноволокон шерсти различного происхождения. Разрывные характеристики шерстяных волокон лежат в следующих диапазонах: разрывное напряжение $\sigma_r \approx 290...425 \text{ МПа}$, разрывное удлинение $\epsilon_r \approx 33...43\%$. Все исследуемые образцы имеют схожую форму кривой растяжения, на которой можно выделить три характерные для шерстяного волокна области: зону квазиупругой деформации – в диапазоне $0 \leq \epsilon \leq 4\%$, зону «текучести» – $4\% \leq \epsilon \leq 28...30\%$, и третью зону – $\epsilon \geq 30\%$, соответствующую области «после текучести». Подобные характерные области на кривых растяжения волокон шерсти отмечены и в ряде работ [2...7].

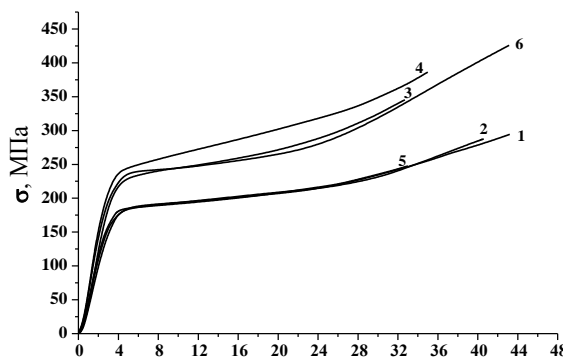


Рис.1

Ввиду того, что все исследуемые объекты имеют сходные по характеру кривые растяжения, более детальные исследования были произведены только на волокнах шерсти, условно обозначенных №1.

Процесс предварительного деформирования в режиме, описанном выше, проводился при значениях деформации, меняющихся в широких пределах $2\% \leq \varepsilon_n \leq 38\%$, то есть охватывающих все три области растяжения.

На рис. 2 в качестве примера представлены некоторые из полученных кривых релаксации напряжений $\sigma(t)$ (кривые 1...3) и последующего эластического восстановления $\varepsilon(t)$ (кривые 1'...3') моноволокон шерсти при различных уровнях деформации $\varepsilon_n, \%$: 4 (1-1'), 28 (2-2'), 34 (3-3'). В первые секунды после растяжения релаксация напряжений в шерстяных волокнах протекает достаточно интенсивно, что особенно характерно для более высоких значений предварительного деформирования (18...38%). С течением времени процесс релаксации замедляется, однако полного выхода на равновесный уровень не происходит. Аналогичная картина наблюдается и после снятия нагрузки в процессе эластического восстановления: быстрое восстановление в первые секунды отдыха, далее значительное замедление скорости процесса. Следует отметить, что, несмотря на уникальные восстановительные свойства шерсти, при растяжении более 4% значений остаточных деформаций $\varepsilon_{ост}$, регистрируемые после 10 мин эластического восстановления (табл. 1 – разрывные ха-

рактеристики шерстяных моноволокон, прошедших предварительное деформирование), имеют достаточно большие значения, что может свидетельствовать о существенных структурных перестройках в процессе деформирования.

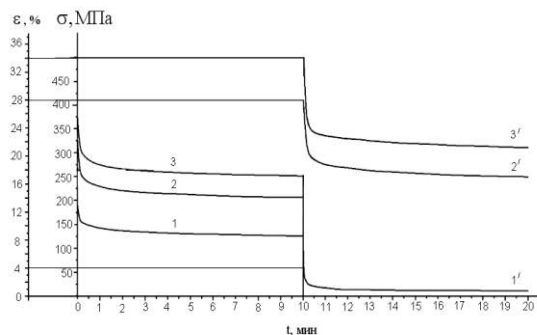


Рис.2

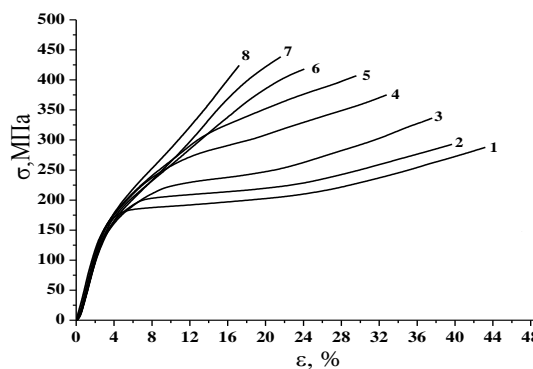


Рис.3

Диаграммы растяжения моноволокон шерсти, полученные после предварительного деформирования и режима релаксации напряжений – эластического восстановления, представлены на рис. 3 (кривые растяжения моноволокон шерсти после предварительного деформирования на величину $\varepsilon_n, \%$: 0(1); 6(2); 12(3); 18(4); 24(5); 28(6); 34(7); 38(8)). Значительное изменение характеристик механических свойств моноволокон шерсти наблюдается в области предварительного деформирования $\varepsilon_n \geq 4\%$. Для каждой последующей кривой, относящейся к более высокому уровню ε_n , характерно увеличение напряжений во вторых двух зонах – «текучности» и «после текучности», в то время как участок кривой в зоне «гуковой» деформации изменяется незначительно.

Предварительное деформирование приводит также и к изменению форм кривых растяжения, которые в зависимости от значения ϵ_n приобретают сходство с кри-

выми растяжения натурального шелкового волокна ($18 \leq \epsilon_n \leq 26\%$) [9] и синтетических полиамидных нитей ($\epsilon_n \geq 28\%$) [10].

Т а б л и ц а 1

Уровень предварительной деформации ϵ_n , %	Разрывные характеристики шерстяных моноволокон после предварительного деформирования		$\epsilon_{ост}$, %
	σ_p , МПа	ϵ_p , %	
0	288	43,5	0
2	279	41,2	0
6	292	39,7	1,4
12	336	37,6	5,6
18	375	32,8	9,6
24	407	29,6	14,3
28	418	21,4	17
34	439	21,6	21
38	424	17,2	24

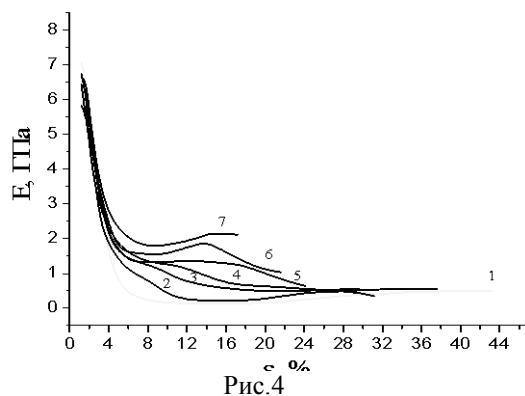
Для оценки изменения механических свойств моноволокон шерсти, подвергнутых предварительному деформированию, были выбраны следующие характеристики: разрывное напряжение σ_p , разрывное удлинение ϵ_p , модуль жесткости E_T . Корректная оценка жесткости волокон является одной из наиболее сложных задач. В данной работе был рассчитан текущий модуль путем дифференцирования диаграмм растяжения, то есть как:

$$E = \frac{\partial \sigma(\epsilon)}{\partial \epsilon} \quad (1)$$

В табл. 1 приведены значения указанных механических характеристик от уровня предварительного деформирования. Следует отметить, что увеличение значения ϵ_n приводит и к увеличению σ_p , максимальная разрывная прочность $\sigma_p = 439$ МПа наблюдается при $\epsilon_n = 34\%$. Значения ϵ_p убывают во всем диапазоне предварительных деформаций.

Зависимости текущего модуля от ϵ_n имеют достаточно сложный характер (рис.4 – зависимость текущего модуля E_T от удлинения для моноволокон шерсти, прошедших режим предварительного деформирования при $\epsilon_n, \%$: 0(1); 12(2); 18(3); 24(4); 28(5); 34(6); 38(7)), что связано с существенным изменением форм кривых растяжения, вызванных предварительным деформированием моноволокон шерсти. С

увеличением уровня предварительной деформации значение текущего модуля E_T возрастает во второй и третьей зонах растяжения, что может свидетельствовать о протекании ориентационных процессов в структуре шерстяного волокна.



Интерпретация полученных экспериментальных данных строится на основании современных представлений о структуре шерстяного волокна. Известно, что макромолекула кератина имеет форму α -спирали, которая при растяжении способна трансформироваться и переходить в более выпрямленную форму – β -транс-зигзаг.

Несмотря на то, что шерстяное волокно имеет достаточно сложное морфологическое строение, при структурном моделировании его принято рассматривать как двухкомпонентную систему, состоящую из микрофибрилл, погруженных в аморфную

матрицу [3...8]. Если микрофибриллы являются высоко ориентированной фазой, состоящей из так называемых «спиральных спиралей», то пептидные цепи матрицы имеют глобулярное строение. Глобулы матрицы более насыщены дисульфидными связями в сравнении с микрофибриллами [4], [5], [7].

Увеличение жесткости и разрывных напряжений, происходящее после предварительного деформирования более 4%, связано как с ориентационными процессами макроструктуры, так и конформационными переходами в полипептидных цепях. Количественное соотношение двух конформаций α и β обуславливает изменение форм кривых растяжения. После предварительного деформирования в области $\varepsilon_n \leq 16\%$ по-прежнему наблюдается преобладание α -формы молекулярных цепей микрофибрилл, что обуславливает сохранение трех характерных зон на кривых растяжения. При деформировании в диапазоне $18\% \leq \varepsilon_n \leq 26\%$ большая часть макромолекул переходит в более жесткую β -форму, определяя тем самым вырождение зоны «текучести» на кривой растяжения. Предварительное растяжение в области $\varepsilon_n \geq 28\%$, приводящее к значительному изменению механических свойств шерстяных моноволокон, связано со вступлением в процесс деформирования дисульфидных связей, что согласуется со структурными представлениями, предложенными в работе [6]. Если при более низких значениях ε_n дисульфидные связи играли лишь связующую роль в системе микрофибриллы – матрица, не препятствуя α - β -переходу в кристаллических микрофибриллярных структурах, то при растяжении в области более 28% они непосредственно начинают влиять на механические свойства волокна. Именно их влиянием обуславливается вторичное возрастание жесткости волокна на кривых растяжения, схожих с кривыми растяжения синтетических полиамидных нитей. В то же время, если обратиться к структурным процессам, происходящим в синтетических полиамидных нитях при их растяжении, известно, что последняя область диаграмм растяжения, на которой

наблюдается спад модуля жесткости, связана с увеличением разрывов макромолекулярных цепей [10]. Исходя из сходства форм кривых растяжения деформированных моноволокон шерсти и синтетических полиамидных нитей, можно предположить и некоторое сходство структурных процессов при растяжении. Таким образом, при растяжении моноволокон шерсти на величину более 28% происходит вступление в процесс растяжения связей типа S-S, частичное их разрушение, приводящее к тому, что молекулярные цепи становятся более доступными для разрыва.

Следует отметить также большую роль релаксационных процессов в описанном изменении механических свойств шерстяных волокон. Во время процесса релаксации происходит сближение структурных элементов, образование новых водородных поперечных связей, увеличение степени ориентации, что в значительной мере способно вызывать увеличение механических характеристик шерстяных волокон.

Полученные экспериментальные данные показывают, что изменения характеристик механических свойств моноволокон шерсти вследствие предварительного деформирования значительны. Характер этих изменений зависит от величины удлинения и режима предварительного деформирования. Изменение механических свойств шерстяного волокна при деформировании менее чем на 28% носит обратимый характер, так как является следствием α - β -перехода в макромолекулах, то есть обратимого конформационного изменения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Купрашевич В.И.* Общая технология шерстяного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1988. С.176
2. *Feughelman M., Hally A.R.* // *Kolloid Z.* – 1960, Vol 168. P.107...115.
3. *Feughelman M.* // *Textile Research Journal.* – 1959, V.XXIX (3): P. 223...228.
4. *Hearle J.W.* // *International Journal of Biological Macromolecules.* – 2000, Vol 27, P.123...138.
5. *Feughelman M.* // *Journal of Applied Polymer Science.* – 2002, Vol 83. P.489...507.
6. *Worthmann F.-J., Zahn H.* // *Textile Research Journal.* – 1994, Vol 64(12). P.737.

7. *Chapman B.M.* // Textile Research Journal. – 1969, Vol 39. P.1102...1109.
8. *Feughelman M.* // Textile Research Journal. – 1994, Vol 64(4). P.236...239.
9. *Lucas F., Shaw J.T.B. Smith S.G.* // Journal of the Textile Institute. – 1955, Vol 46 (6): P.440...452.

10. *Пахомов П.М., Шаблыгин М.В., Цобкалло Е.С., Чеголя А.С.*//Том(А)XXVIII. – 1986, №3. С.558.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов СПГУТД. Поступила 06.04.07.

677.075: [677.07:62]

ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Г.В. БАШКОВА, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Предыдущая ИТМА 2003 г. в Бирмингеме (Великобритания) выявила утрату лидерства всемирной выставки как основной площадки для демонстраций уровня развития текстильного машиностроения, которое декларировалось в качестве главной цели еще с момента создания в 1955 г. Европейским комитетом (СЕМАТЕХ). Четырехгодичная периодичность всемирной выставки признана оптимальной, позволяющей отразить наиболее значимые инновационные решения в текстильном машиностроении. Последняя выставка 2007 г. в Мюнхене (Германия), бесспорно, станет эталоном безупречной организации и наиболее представительной по количеству участников (1450 фирм из 38 стран мира и свыше 100000 торговых представителей).

Что же касается существа, то серьезных инновационных предложений было лишь несколько, а «прорывных» решений практически не было. Позитивно, однако, то, что производители оборудования и представители производства нашли друг друга, поэтому в выигрыше оказался бизнес. В связи с этим зарубежные профильные журналы пестрели заголовками: «ИТМА 2007 – больше коммерческая, нежели инновационная».

Восстанавливая хронологию инновационных решений последних десятилетий, можно выделить следующие:

- 1987 г. – индивидуальный привод веретен;
- 1991 г. – автоматизированная ликвидация обрыва на кольцевых прядильных машинах;
- 1995 г. – многозевная ткацкая машина;
- с 1999 г. – система быстрой перезаправки ткацких станков (QSC¹); однако с тех пор наблюдался некий «застой».

Тем не менее, отсутствие смелых конструктивных решений вовсе не означало остановки в развитии. Просто к этому времени сменились и направления развития, и структура рынка оборудования. В 80-х годах внедрение автоматизации оборудования позволило сократить затраты на рабочую силу, что сделало возможным промышленно развитым странам с высоким уровнем оплаты труда выдержать конкуренцию даже в традиционных текстильных технологиях.

На следующем этапе именно промышленно развитые страны стали создавать достаточно простые и мощные высокотехнологичные производственные линии по выпуску технического текстиля. Оснащение предприятий именно таким оборудо-

¹ Quick Style Change – система быстрой перезаправки ткацкого навоя, предложенная фирмами “VAMATEX” (Италия) и “PICANOL” (Бельгия)

ванием способствовало росту собственной квалификации и повышению технологической культуры.

Как известно, основными двигателями инновационного развития являются современные материалы, в том числе и композиты для комплектующих оборудования, новые области их применения и последнее, но не менее важное, их конкурентоспособность. Среди фирм, традиционно делавших свой основной упор на качество и производящих комплектующие с использованием перспективных материалов, на выставке были представлены Graf (Швейцария), Groz-Beckert (Германия), Novibra (Германия), Suessen (Германия).

Азиатские машиностроители активно подталкивают остальных производителей к снижению расходов на оборудование. Довлеющий момент обеспечения конкурентоспособной цены сказывается на всем, в том числе и дизайне машин. Ответной реакцией послужила необходимость повышения объема выпускаемой продукции с производственной единицы как за счет роста производительности, так и за счет общего увеличения ее заправочных параметров (числа выпусков и ширины). Пример тому – экспонируемые кардочесальная машина производительностью 200 кг/ч, гребнечесальная (фирмы Trutzschler мод. TCO 1) с 500 циклами/мин, кольцевая прядильная машина на 1600 веретен. Производители основязального оборудования Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH и Liba Maschinenfabrik GmbH (Германия) также добились высоких скоростных параметров – 4000 рядов/мин, используя легкие элементы конструкции на основе углепластиков, высокоточные и супертонкие органы петлеобразования, необходимые, в первую очередь, для машин высокого класса.

Однако реальные затраты на производство продукции не падают пропорционально стоимости оборудования. Настал момент, когда значимость с инвестиционных затрат на оборудование переносится на расходы по эксплуатации. Сюда входят и потери сырья в отходы, простои, число

переходов, энергопотребление, обслуживание и т.д.

Нельзя выиграть в конкурентной борьбе, опираясь только на концепцию снижения затрат. Возможным ответом в противостоянии давления расходов может быть гибкость, разнообразие или универсальность предлагаемого оборудования. Примером тому может стать одна из фирм-лидеров Riter, представившая и прядильную машину K45, выпускающую компактную пряжу, и комбинированную технологию SpunJet этого же производителя, где нетканый материал Spunlaid скреплен способом WaterJet, для производства флиса качественно нового уровня.

Практически во всех текстильных технологиях явно прослеживается стремление к сокращению этапов обработки и повышению производственной мощности машин. Так, среди трикотажного оборудования быстро развиваются плоские трикотажные машины по производству готовых изделий (Ready-to-wear), круглые трикотажные машины для бесшовного трикотажа, исключаяющие процесс сборки (пошива), сокращающие межлекальные выпадки, но одновременно усложняющие оборудование. Liba представила машину для выработки технического трикотажа COPCENTRA HS-1-ST и новую рашель-машину DG 506-30-2HS, которой отводилась главная роль в производстве многослойных упрочненных легкоструктурных полотен.

Анализируя экспонируемые кулирные и основязальные машины ведущих фирм и выявляя тенденции и инновации в технологии трикотажного производства, можно отметить, что:

- встроенные системы контроля непрерывно отслеживают основные параметры работы машин и качество выпускаемого трикотажного полотна;

- большая часть оборудования нового поколения предлагается уже оснащенной дружественными программами пользовательского интерфейса, позволяющими осуществлять визуализацию данных, которые легко интегрируются в систему предприятия и Интернет.

Чрезвычайно высокие требования этого сегмента рынка непременно ведут к реорганизации и интеграции компаний.

Сравнивая Мюнхенскую ИТМУ с предыдущими, нужно отметить некоторое сокращение площадей, занимаемых экспонентами. Скорее всего, это объясняется конгломерационными процессами в текстильном машиностроении и связанными с этим, укрупнениями фирм. Исключительно в последние годы ряд успешных компаний представлен на текстильном рынке новым брендом OERLIKON (Oerlikon Textile, Oerlikon Schlafhorst, Oerlikon Barmag, Oerlikon Neumag и др.), связанным с укрупнением. Успех подтвердил правильность решения: объединение позволило аккумулировать материальные и интеллектуальные ресурсы, оптимально распределить инвестиционные расходы, вести собственные опытно-конструкторские разработки, повысить качество сервисного обслуживания, снизить затраты на производство.

Отслеживая тенденции развития текстильного оборудования и организационные аспекты управления производством, можно выделить некоторые преимущественные направления в машиностроении:

– необходимость не только производить, но и самостоятельно разрабатывать наиболее важные технологические узлы выпускаемых машин;

– обязательность защиты технических решений и дизайна не только патентами, но и квалификацией обслуживающих инженерных кадров;

– системное высококлассное сервисное обслуживание с последующей модернизацией машин.

В заключение нельзя оставить незамеченным предложенные организаторами перспективные социальные программы, в первую очередь адресованные молодым конструкторам-механикам, имеющим профильное образование и ученые степени. Непосредственно в рамках ИТМУ, например, был разработан ряд проектов “Textile Excellence” совместно с университетом Niederrhein прикладных наук и немецкими текстильными фирмами (Monchengladbach). Другими словами, выставка стала не только центром инновационным, но и образовательным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dilo, J.-P.* ITMA – the leading exhibition [Текст]/Dilo Johann Philipp//Melliand International. – 2007. September, № 3. P. 159 (на англ. яз.).
2. *Meyer, U.* ITMA 2007: more business than innovation [Текст]/Meyer Urs//Melliand International. – 2007. December, № 4. P. 311 (на англ. яз.).
3. *Gnagi, P.* ITMA 2007 from the point of the machine manufacturer [Текст]/Gnagi Peter//Melliand International. – 2007. December, № 4. P. 311 (на англ. яз.).
4. *Hoffmann, G.* ITMA 2007: trends and innovation knitting technology /G. Hoffmann// Melliand International, – 2007. – № 4. – P. 354. (на англ. яз.).
5. *Voigtlander, C.* ITMA 2007 was a total success /C. Voigtlander //Melliand International, – 2007. – № 4. – P. 328. (на англ. яз.).

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 19.05.08.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

М.В. НАЗАРОВА

(Камышинский технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета)

При внедрении в производство нового ассортимента тканей необходимо в короткие сроки определить объем выпуска суровой ткани в заданном ассортименте за планируемый период и количество пряжи, необходимое для выработки данного объема ткани. В отдельных случаях необходимые результаты можно получить с помощью небольшого количества расчетов, однако чаще требуются трудоемкие расчеты многих вариантов, выполнение которых практически невозможно без ЭВМ. Поэтому актуальной является задача автоматизация расчета технико-экономических показателей ткацкого производства при внедрении нового ассортимента тканей.

Планирование объема производства осуществляется на основе разработки производственной программы, в которой в соответствии с установленным заданием по объему, ассортименту и качеству продукции определяется годовой выпуск ткани каждого артикула в натуральном выражении и в условно-натуральных единицах.

При составлении производственной программы на основе заданного объема выпуска тканей, принятого режима работы предприятия и уровня производительности оборудования определяется количество ткацких станков, которые необходимо заправить тканью каждого артикула. Потребность в заправленном оборудовании в большой мере зависит от напряженности работы оборудования в ткацком производстве, зависящей от нормативной базы производственной программы, которая включает:

- 1) расчет норм производительности оборудования;
- 2) расчет режимного фонда времени

работы оборудования;

- 3) расчет плановых остановов оборудования.

Установленную потребность в оборудовании по всему ассортименту сопоставляют с фактическим числом заправленных на предприятии ткацких станков. В случае необходимости производят соответствующее перераспределение станков между отдельными артикулами ткани, после чего разрабатывают окончательный вариант производственной программы.

Разработка алгоритма автоматизированного расчета производственной программы ткацкого производства включает следующие основные этапы:

- исходные данные для расчета производственной программы;
- алгоритм расчета норм производительности оборудования;
- алгоритм расчета плановых остановов оборудования;
- алгоритм расчета производственной программы ткацкого производства;
- алгоритм расчета сопряженности оборудования по переходам ткацкого производства.

Исходной информацией для расчета норм производительности оборудования является:

- оборудование, планируемое к установке;
- информация, включающая параметры работы оборудования (скорость рабочих органов машин, величина паковок, уровень обрывности нитей и др.), должна быть взята из базы данных, которая формируется пользователем с учетом технических характеристик оборудования и ассортимента вырабатываемой продукции;

- информация, зависящая от организации производства, вводится пользователем (число обрывов основных и уточных нитей; коэффициент загрузки многостаночника; коэффициент времени пробирания одной основы; длина перехода рабочего, обслуживающего комплект оборудования; коэффициент длины перехода, зависящий от условий работы и принятого маршрута рабочего; зона обслуживания ткачом ткацкого оборудования и тд.)

Исходными данными для расчета плановых остановов оборудования являются:

- оборудование, планируемое к использованию;

- информация, зависящая от выбранного оборудования, вводимая пользователем (периодичность и трудоемкость капитального и среднего ремонтов; простои оборудования из-за текущего ремонта, профилактического осмотра и прочим причинам; доля подростков; обслуживающих мотальные машины и ткацкие станки).

Исходными данными для расчета производственной программы ткацкого производства являются:

- количество запрограммированных ткацких станков;

- номер артикула, тип и ширина ткани, вырабатываемой на конкретном станке, запрашиваемой пользователем из информационной базы данных;

- график очередности работы каждой из смен по месяцам планируемого периода;

- результаты расчета норм производительности и плановых остановов оборудования.

Исходными данными для расчета сопряженности оборудования являются:

- часовая потребность в основной и уточной пряже;

- проценты отходов на каждой стадии обработки полуфабрикатов;

- нормы производительности оборудования и проценты плановых остановов по каждому типу выбранных машин.

Производимые расчеты нормирования труда выполняются для оборудования, принятого к установке на производстве и

определяются на основании плана по выпуску будущей продукции и организации производства.

В соответствии с действующей в промышленности методикой норму производительности и КПВ оборудования рассчитывают по приведенной ниже последовательности.

1. На основе принятых скоростных режимов оборудования рассчитывают часовую теоретическую производительность (для всех машин приготовительных цехов в килограммах за час, для ткацких станков – в погонных и квадратных метрах, уточинах и метроуточинах, а для машин учетно-контрольного отдела – в погонных метрах).

2. Исходя из скорости и величины сопряженных паковок рассчитывают основное технологическое время наработки единицы продукции t_m .

3. Определяют вспомогательное технологическое время на единицу продукции $t_{в.н.}$, необходимое для поддержания непрерывности технологического процесса и включающее перерывы в работе оборудования, связанные с питанием машин, съемом наработанной продукции, ликвидацией обрывов и т. п. При расчете перерывов группы $t_{в.н.}$ устанавливают также занятость основного рабочего на одной машине за время наработки единицы продукции t_p .

4. При многостаночном обслуживании (при расчете нормы производительности мотальных машин и ткацких станков) определяют также время перерывов из-за совпадения остановов на единицу продукции t_c .

5. После расчета величин, входящих в состав оперативного времени, определяют перерывы в работе машины T_6 , связанные с уходом за рабочим местом. В этой группе перерывов учитывают простои оборудования из-за мелкого ремонта и наладки, обмахивания и смазки машины, а также самообслуживание рабочего. Время T_6 (в отличие от $t_{в.н.}$ и t_c) рассчитывают на одну машину за смену.

6. На основе сопоставления данных основного технологического и оперативного времени определяют коэффициент K_a , учитывающий потери в работе оборудования, связанные с необходимостью постоянного поддержания непрерывности технологического процесса.

7. Отношением располагаемого времени к длительности смены определяют коэффициент K_b , который характеризует потери времени, связанные с необходимостью ухода за оборудованием.

8. Определяют коэффициент полезного времени оборудования.

КПВ зависит не только от величины перерывов в работе оборудования, но в большей степени от длительности основного технологического времени t_m . Повышение скоростного режима машины при прочих равных условиях приводит к сокращению t_m . Чтобы избежать связанного с этим снижения КПВ для принятых в проекте скоростных машин, необходимо предусмотреть использование больших паков не только для мотальных, но также и для сновальных и шлихтовальных машин.

9. На основе данных теоретической производительности и КПВ рассчитывают часовую норму производительности оборудования.

10. Для рабочих-многостаночников определяют также коэффициент загруженности основными работами $K_{зр}$.

Перед выполнением задачи расчета КПВ и норм производительности оборудования необходимо произвести выбор оборудования, которое планируется к установке. Другими словами, необходимо создать оперативную базу данных, которая будет содержать информацию об оборудовании, с которым будет выполняться расчет всех пунктов годового плана. Выполнение этого действия позволит увеличить скорость работы программы и сократить объем занимаемой памяти.

После выполнения выбора оборудования программа позволяет перейти к реализации расчета норм производительности и КПВ оборудования.

Основанием для расчета производственной программы является задание, в котором может быть определена мощность проектируемого предприятия по числу ткацких станков, или объему выпускаемой продукции, или массе перерабатываемого сырья за определенный отрезок планируемого времени (за смену, сутки или год).

Перед расчетом производственной программы необходимо установить режим проектируемой фабрики (количество дней в планируемом периоде, коэффициент сменности, количество часов работы за смену, за сутки и за год).

При расчете может быть принят широко распространенный в промышленности график работы предприятия с двумя скользящими выходными днями в неделю и минимальным (равным двум для каждой бригады) числом смен ночной работы за месяц. При этом создаются наиболее благоприятные условия для полного использования производственной мощности, поскольку оборудование в течение года не работает только 8 праздничных дней, и общий фонд рабочего времени за год соответствует трехсменному режиму.

Для определения количества часов работы оборудования за год необходимо в соответствии с принятым режимом построить график очередности работы каждой из смен по месяцам планируемого периода, откуда определить коэффициент сменности K_c , число часов работы в смену $Ч_c$, число часов работы за сутки $ч_d$.

Расчету производственной программы как для вновь строящихся, так и для реконструируемых предприятий должна предшествовать расстановка ткацких станков на площади принятого в проекте производственного корпуса.

Если задано не количество оборудования, а объем выпускаемой продукции в метрах или же масса перерабатываемого сырья, то в этом случае сначала находят необходимое для выполнения задания число ткацких станков, затем производят их расстановку в цехе и только после этого рассчитывают производственную программу.

Необходимые для расчета производственной программы данные, такие как масса основной и уточной пряжи в 1 м ткани, процент отходов по основе и утку, а также нормы производительности ткацких станков и коэффициента работающего оборудования принимают на основе ранее произведенных расчетов.

После того как определено число ткацких станков в заправке для ткани каждого из заданных артикулов, проводят расчет средних технико-экономических показателей по ткацкому производству в целом, которые рассчитывают исходя из приведенных выше суммарных величин.

При расчете сопряженности оборудования устанавливается соотношение в количестве оборудования по переходам производства, необходимом и достаточном для обеспечения полуфабрикатами заправленных ткацких станков по каждому артикулу ткани.

Исходными данными для расчета сопряженности оборудования являются:

- часовая потребность в основной и уточной пряже, объем которой определен в производственной программе;
- проценты отходов на каждой стадии обработки полуфабрикатов;
- нормы производительности оборудования и проценты плановых остановов по каждому типу выбранных в подготовительных цехах машин, которые принимаются на основе прямых расчетов.

Первоначально по переходам ткацкого производства устанавливают проценты выхода полуфабрикатов по каждому запланированному к выпуску артикулу ткани.

При разработке плана по труду и заработной плате находится такое решение, обеспечивающее за счет рационального использования рабочего времени сокращение потребности в кадрах, рост производительности труда и экономное расходование фонда заработной платы.

План по труду разрабатывается по группе рабочих, занятых только в основном производстве. Базой для расчета потребности в рабочей силе по отдельным профессиям являются установленные ра-

нее количественные соотношения в оборудовании и полуфабрикатах по переходам производства, а также принятые на основании прямых расчетов и по действующим нормативам нормы обслуживания и нормы выработки рабочих.

Численность рабочих основного производства по отдельным профессиям определяют методом прямого счета. Планирование численности инженерно-технических работников (ИТР) и служащих должно основываться на построении рациональной схемы управления предприятием.

На основе приведенных норм обслуживания и норм работы рабочих отдельных профессий проводится расчет численности промышленно-производственных рабочих по каждому переходу ткацкого производства, устанавливается сумма отработанных человеко-часов за год и в соответствии с действующей тарифной системой определяется фонд заработной платы.

Численность основных производственных рабочих устанавливают применительно к каждому виду продукции исходя из количества заправленного оборудования и норм обслуживания.

Фонд заработной платы планируется исходя из установленной численности и действующих форм и систем оплаты труда. Для определения суммарного фонда заработной платы рабочих основного ткацкого производства может быть использован упрощенный метод расчета, сущность которого состоит в том, что годовую заработную плату рабочих каждой профессии определяют как произведение отработанных им за год человеко-часов на его фактическую заработную плату за час работы, включающую и оплату по тарифу, и премию, и все другие виды доплат.

При расчете фонда заработной платы по предприятию в целом исчисляют также оплату труда ИТР и служащих, однако в этом случае не принимают в расчет сумму премии, которая выплачивается ИТР из фонда материального поощрения.

Разработка плана по сырью должна производиться с учетом экономии всех видов материальных ресурсов, в том числе сырья.

Планирование использования сырья базируется на данных о годовой потребности в пряже всех видов, установленной в производственной программе, и количестве отходов, полученных в процессе производства.

Количество сырья, израсходованного на годовой выпуск ткани каждого артикула, и массу полученных при этом отходов различного вида определяют на основе балансов сырья, которые рассчитывают по каждому артикулу ткани.

Одновременно с количественной оценкой дается и стоимостная оценка каждого из компонентов баланса сырья, кроме клея, поскольку стоимость клеящих веществ учитывается при определении затрат на материалы, идущие в продукцию. Цены на пряжу всех видов и отходы устанавливаются по действующим прейскурантам. На основе данных баланса сырья определяют массу пряжи, заработанную в ткань, и стоимость сырья в себестоимости продукции по отдельным артикулам.

Разработке балансов сырья должно предшествовать распределение отходов по видам и переходам производства, с тем, чтобы сгруппировать одноименные отходы по видам в нескольких цехах.

Исходя из годовой потребности в пряже отдельных видов, установленной в производственной программе, и найденных процентов отходов, определяют их количество по каждому виду.

Стоимость сырья, заработанного в ткань, получается как разность между стоимостью пряжи, поступившей в производство и стоимостью отходов, полученных из производства за планируемый период.

На основании баланса сырья затраты на заработанную в суровую ткань пряжи учитываются в себестоимости ткани.

Расчету издержек производства по отдельным видам затрат и ассортименту вырабатываемой продукции должна предшествовать краткая характеристика важнейших организационно-технических факторов, реализация которых обеспечит условия для перевода проектируемого предприятия на более интенсивный путь разви-

тия, создающий предпосылки для роста эффективности производства. К таким факторам относятся техническое перевооружение, рациональное использование материальных ресурсов, научная организация труда, а также формы и методы моральной и материальной заинтересованности работающих в конечных результатах производства.

Себестоимость – сумма денежных затрат, связанных с производством и реализацией запланированной продукции.

При расчете общей суммы издержек производства на изготовление продукции в проекте определяют затраты, связанные только с выпуском тканей. Так называемые внепроизводственные расходы, к которым, в частности, относятся затраты по хранению и сбыту продукции, не учитываются.

Для оценки эффективности проектируемого предприятия необходимо определить не только общую сумму, но и состав затрат на производство продукции по отдельным статьям калькуляции.

При расчете себестоимости должны быть определены следующие статьи расходов: сырье; материалы, идущие в продукцию; топливо и энергия на технологические цели; основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих; отчисления на социальное страхование; расходы на содержание и эксплуатацию технологического оборудования, в том числе амортизация оборудования, двигательная энергия, средний ремонт и содержание оборудования, а также транспортных средств; затраты на подготовку и освоение производства; общецеховые расходы; общезаводские расходы.

Сумма издержек производства по всем статьям, кроме сырья, составляет затраты на обработку.

Общая сумма затрат производства определяется на весь объем годового выпуска продукции по всем артикулам ткани. Делением этой величины на количество метров выработанной суровой ткани определяется средняя (обезличенная) себестоимость единицы продукции. Для экономической оценки и анализа результатов

работы предприятия, в частности, для расчета прибыли, определяют видовую (сортовую) калькуляцию, то есть себестоимость суровой ткани каждого артикула.

Методика расчета отдельных статей калькуляции.

Сырье. Затраты на сырье (основную, уточную и другие виды пряжи), израсходованное на годовой выпуск ткани, определяются из баланса сырья. Абсолютную величину затрат получают как разность между стоимостью поступившей в производство пряжи и стоимостью полученных отходов.

При составлении обезличенной калькуляции по ткацкому производству в целом статью расходов на сырье получают как сумму затрат на сырье по всем артикулам вырабатываемых тканей.

Материалы. Эта статья расходов в себестоимости продукции ткацкого производства включает в основном затраты на материалы, идущие на приготовление шлихты и эмульсий. Абсолютную величину этих расходов определяют по каждому артикулу суровой ткани как произведение количества израсходованных материалов на их цены по действующим прейскурантам.

Общую сумму расходов на материалы при расчете средней (обезличенной) калькуляции по производству в целом получают сложением затрат на материалы по всем артикулам вырабатываемых суровых тканей.

Топливо и энергия на технологические цели. Затраты, учитываемые в этой статье калькуляции, включают стоимость пара для шлихтования основ и запаривания утка. Величина этих затрат определяется исходя из количества потребленного пара в год (по нормативам на 1 кг пряжи) и цен на пар по действующим тарифам.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих. Эта статья расходов включает заработную плату производственных рабочих основного производства, за исключением вспомогательных рабочих, занятых уходом за оборудованием и помещениями.

Не учитывается заработная плата чис-

тильщиков и смазчиков оборудования, слесарей по текущему ремонту, правильщиков ламелей и реек, уборщиц производственных помещений, ремонтников берд и ремизов, а также транспортировщиков.

Абсолютная величина затрат по статье "Заработная плата" берется из расчета фонда заработной платы в плане по труду.

Отчисления на социальное страхование. Величину отчислений в фонд социального страхования принимают как процент от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Эта комплексная статья расходов включает сумму амортизационных отчислений, затраты на двигательную энергию и расходы на средний и текущий ремонты, а также расходы на содержание производственного оборудования и транспортных средств.

Для более точного распределения затрат между артикулами вырабатываемых тканей при последующих расчетах видовой калькуляции все расходы по этой статье необходимо учитывать в каждом технологическом переходе отдельно.

Поскольку по методу определения составные части статьи затрат на эксплуатацию и содержание оборудования различаются между собой, их расчет ведется раздельно.

Амортизация оборудования. Амортизационные отчисления определяют по действующим нормативам, установленным для каждой отрасли текстильной промышленности, с учетом ее технического уровня. Сумму амортизации рассчитывают на основе годового процента амортизационных отчислений от балансовой стоимости оборудования.

Для того, чтобы по проектируемому предприятию получить относительно полную величину балансовой стоимости оборудования и соответствующую ей сумму амортизационных отчислений (при условии, что потребность в машинах определяется только по основным технологическим переходам), затраты на транспортировку и монтаж оборудования всех систем приняты на уровне 25 % от прейскурантной це-

ны. Исключение составляют бесчелночные станки, балансовая стоимость которых увеличивается по сравнению с ценой не более чем на 10 %.

Двигательная энергия. Эта статья расходов включает оплату за электроэнергию на привод машин, плату районной электростанции за установленную мощность, а также расходы, связанные с содержанием подстанции и обслуживанием электрохозяйства в цехах (заработная плата обслуживающего персонала, амортизация, ремонт и содержание электрооборудования и т. д.). Количество потребляемой энергии по цехам проектируемой фабрики за год устанавливается на основе данных электротехнической части проекта или прямым расчетом как произведение количества заправленного оборудования на потребляемую мощность каждой машины и на число часов работы за год.

Сумму оплаты по тарифу получают умножением количества израсходованной энергии в киловатт-часах за год по каждому переходу производства на цену 1кВт·ч по тарифу.

Расходы предприятия на оплату за установленную мощность, а также на содержание и обслуживание электрохозяйства цехов приближенно могут быть приняты в размере 25 % от оплаты по тарифу.

Средний ремонт и содержание оборудования. Затраты на средний ремонт оборудования складываются из расходов на заработную плату рабочих ремонтно-механического отдела и стоимости деталей и материалов, израсходованных во время среднего ремонта, включая услуги механической мастерской. Расходы на содержание оборудования включают заработную плату вспомогательных рабочих основного производства, занятых уходом за оборудованием. Сюда же относятся затраты на материалы и услуги механической мастерской, связанные с уходом за оборудованием в межремонтный период.

Расходы на подготовку и освоение производства. Эти расходы включают в основном затраты, связанные с освоением новой технологии, а также новых видов продукции. Величина этих затрат прини-

мается условно на уровне 5 % от расходов на эксплуатацию и содержание оборудования.

Общеховые расходы. Затраты по этой статье калькуляции включают заработную плату инженерно-технического, счетно-контторского и младшего обслуживающего персонала, работающего в цехах ткацкого производства; отчисления на социальное страхование, амортизацию зданий; расходы на текущий ремонт и содержание зданий; расходы на отопление, вентиляцию и увлажнение; расходы на освещение; расходы на водоснабжение; расходы, связанные с охраной труда; канцелярские расходы.

Заработная плата инженерно-технического, счетно-контторского и младшего обслуживающего персонала рассчитывается на основе должностных месячных окладов, численности персонала, принятой в плане по труду, и времени, отработанного соответствующим персоналом за год. Должностные оклады инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала принимают по данным действующих предприятий.

Отчисления в фонд социального страхования принимаются как процент от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Амортизацию зданий рассчитывают исходя из балансовой стоимости зданий и установленного процента амортизационных отчислений. Стоимость зданий определяют на основе данных строительной части проекта как произведение общей площади фабрики на стоимость 1 м² здания. Годовую норму амортизационных отчислений берут в размере 2,5 % от балансовой стоимости зданий.

При расчете укрупненным методом годовые затраты на текущий ремонт и содержание зданий могут быть взяты в пределах 1...1,5 % балансовой стоимости зданий.

Расходы на освещение определяют исходя из количества израсходованной за год на освещение электроэнергии и стоимости 1 кВт·ч. Количество энергии берут по данным электротехнической части проекта.

Стоимость 1 кВт·ч принимают такой же, что и при расчете двигательной энергии.

Затраты на воду для хозяйственно-бытовых нужд определяют исходя из годовой потребности в воде и установленной цены на нее. Средний расход воды приближенно составляет 33 л на человека в день.

Общезаводские расходы. Эта статья расходов, связанных с управлением предприятием и другими видами затрат, принимается как % от общезаводских расходов.

Сложением затрат по всем статьям калькуляции получают среднюю (обезличенную) себестоимость годового выпуска продукции. На ее основе далее рассчитывают видовую калькуляцию, то есть определяют себестоимость суровой ткани каждого артикула.

Определение видовой (сортовой) калькуляции.

Себестоимость продукции отдельных видов (видовую калькуляцию) рассчитывают на основе средней себестоимости методом распределения затрат по ассортименту продукции с помощью ряда признаков. Затраты на сырье по видам продукции определяются из сырьевых балансов, которые рассчитывают по каждому артикулу ткани.

Затраты на материалы, идущие в продукцию для ткани каждого артикула, берутся также на основе прямых расчетов. Все другие затраты на обработку, установленные на весь объем выпускаемой продукции, распределяют между отдельными артикулами ткани пропорционально следующим признакам:

- основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование распределяется пропорционально заработной плате основных рабочих-сдельщиков;

- расходы на эксплуатацию и содержание оборудования (амортизационные отчисления, двигательная энергия, а также средний ремонт и содержание оборудования) распределяются пропорционально отработанным станко/ч.

Для обеспечения необходимой точности расчетов указанные виды затрат следует распределять по ассортименту в каждом переходе производства отдельно.

Соотношение в количестве отработанных станко/ч по переходам производства для ткани каждого артикула берут из расчета сопряженности оборудования.

Общезаводские и общезаводские расходы распределяют по ассортименту пропорционально сумме затрат на эксплуатацию и содержание оборудования и заработной плате.

Суммируя затраты по всем статьям калькуляции, получают себестоимость годового выпуска ткани каждого артикула. Разделив эти затраты на количество метров суровых тканей соответствующего артикула, получают себестоимость единицы (1000 м) продукции.

Исходной информацией для расчета основных технико-экономических показателей должны явиться данные.

- средняя по ткацкому производству производительность оборудования в уточинах и метроуточинах на станок в час (берутся из производственной программы).

- удельный расход рабочей силы в человеко-часах на 100 станко/ч;

- производительность труда на одного рабочего по ткацкому производству в целом:

- в уточинах и метроуточинах на отработанный чел/ч;

- затраты труда рабочих основного (ткацкого) производства на 1000 м суровой ткани, чел/ч;

- годовая сумма прибыли предприятия от товарной продукции, тыс. руб.;

- затраты на 1 руб. товарной продукции;

- рентабельность производства, %.

- фондоотдача – показатель, характеризующий использование основных производственных фондов, определяется как отношение годового объема выпуска тканей к среднегодовой стоимости основных производственных фондов;

- съем продукции с 1 м² производственной площади в ч, м².

На основе полученных данных составляется сводная таблица сравнительных технико-экономических показателей по предлагаемому проекту и по действующему предприятию с аналогичным ассортиментом тканей. Для реконструируемого предприятия следует привести данные об уровне технико-экономических показателей до и после реконструкции.

По этим показателям даются сравнительная оценка и анализ причин, обуславливающих различие в уровне эффективности по проектируемому и действующему предприятиям, выделяются основные преимущества принятых проектных решений и отмечаются недостатки (если они будут выявлены в процессе анализа).

Полученные данные должны наглядно показать значение совершенствования организации производства и труда в решении экономических и социальных задач, которые поставлены перед текстильной промышленностью.

Работа по расчету годового плана экономического и социального развития достаточно трудоемкая.

В связи с этим целью данной работы является задача автоматизации процессов расчета годового плана по заданным показателям работы текстильного предприятия. Цель расчета годового плана заключается в обеспечении условий достижения высоких конечных производственных результатов, в частности роста производительности труда, увеличение объема выпуска высококачественной продукции и снижение ее себестоимости. Следовательно, вопросы разработки методов инженерного проектирования с учетом новой продукции и оборудования особенно актуальны.

При переходе к автоматизации расчетов годового плана выпуска продукции целесообразно сохранить алгоритм традиционного подхода, но выполнить его современными средствами вычислительной

техники. Необходимо создать систему, которая существенно расширяет возможности проектировщика, позволяет ему просматривать и оценивать результаты различных проектных решений. При этом ЭВМ берет на себя трудоемкие вычисления различных вариантов, а за пользователем остается задача оценки вариантов расчета и принятие оптимального проектного решения.

В качестве программного обеспечения в данной работе использован математический пакет MathCAD.

Для более комфортного и наглядного для проектировщика представления о процедуре проектирования, алгоритм расчета технико-экономических показателей текстильного предприятия на ЭВМ сопровождается подробным описанием всех процедур проектирования.

ВЫВОДЫ

1. проведен анализ работ, посвященных вопросам автоматизации расчета технико-экономических показателей ткацкого производства и анализ алгоритма расчета технико-экономических показателей ткацкого производства;

2. Проанализирован и обоснован выбор среды программирования, обеспечивающей простоту и визуализацию расчетов, связанную с автоматизацией расчета технико-экономических показателей ткацкого производства.

3. Разработан алгоритм автоматизированного расчета технико-экономических показателей ткацкого производства (и осуществлена его программная реализация) а также форма комплекса выходных документов по результатам расчета технико-экономических показателей текстильного предприятия.

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАТЕНТОВ ПО ТЕКСТИЛЬНОЙ ТЕМАТИКЕ

А.Ю.СИЛИНА, В.Д.ВАСИЛЬЕВА, В.Е.ДЕРБИШЕР

(Волгоградский государственный технический университет)

В процессе исследования был собран информационный массив и проанализированы потоки патентной информации (ППИ) за период 1996-2006 гг., сформированный следующими печатными изданиями: «Изобретения. Полезные модели» (бюллетень ФИПС), «Изобретения стран мира», а также некоторыми электронными и другими источниками. В этих изданиях имеется репрезентативная выборка объектов патентования по следующим странам: Великобритания, Германия, Китай, Россия, США, Франция, и др. С помощью наукометрических показателей [1], к которым в данном случае относятся мощность патентного информационного потока, его динамика, количество патентов в расчете на численность населения и другие, изучены основные тенденции изменения патентной активности стран в указанный выше период.

На рис. 1 показано с учетом возможных погрешностей (не более 10 %) распределение ППИ, предметно связанных с текстильной отраслью, за последние пять лет (2002 – 2006 гг.) по странам проживания патентообладателей. Представленная диаграмма позволяет оценить мировую картину распределения патентной активности в данной области.

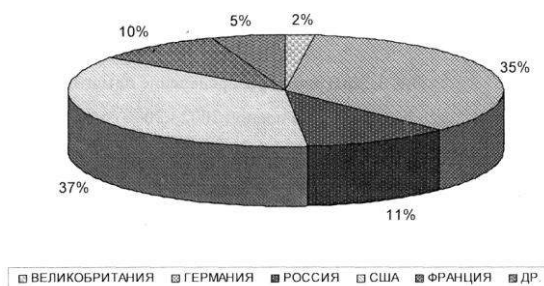


Рис. 1

Суммарный патентный научно-исследовательский потенциал России за последние пять лет в исследуемой области составляет около 11 % от мирового, что сопоставимо с вкладом Франции (10 %) и, например, значительно больше вклада такой развитой страны, как Великобритания (2 %). Это говорит о том, что при значительном отставании по общему объему промышленного выпуска текстильных материалов и оборудования от ведущих мировых держав в России в достаточной степени сохранен и развивается научно-технический и образовательный потенциал, способный обеспечить создание новых прогрессивных технических решений и развитие текстильной отрасли. Как представляется в этой связи, российскому исследователю хватает интеллектуальных ресурсов, но необходима целенаправленная экономическая поддержка в решении технико-технологических задач и проблем, стоящих перед текстильной наукой и промышленностью.

Репрезентативная выборка объектов патентования по тематическим направлениям (в Германии, США, Франции и России) показала, что 65 % от общего числа патентов по совершенствованию машин и оборудования для текстильной промышленности принадлежит Германии. США имеют приоритет в получении новых текстильных материалов и создании технологий для получения и переработки волокнистого сырья (34 %). Вклад России по названным направлениям составляет соответственно 9 и 21 %.

Для выявления наиболее активных стран, работающих в исследуемой области в последние годы, нами для каждой из них был определен индекс активности патентования как процентное отношение числа патентов за последние пять лет по сравнению с 10-летним периодом. Полученные данные, представленные на рис. 2, позволяют распределить страны по зонам высокой активности (более 20 %), средней (15...20 %) и низкой (менее 15 %) изобретательской активности.

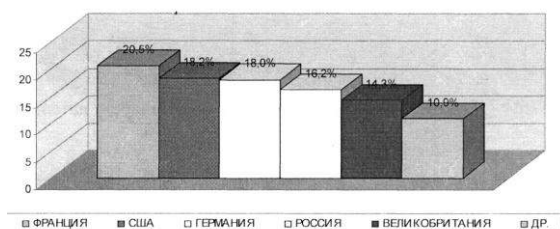


Рис. 2

Как видно из рис. 2, в зоне высокой изобретательской активности работает Франция, занимающая, однако, отнюдь не лидирующее положение по мощности ППИ за последние пять лет. США и Германия, отмеченные в лидерах в суммарном расчете за пять лет, проявляют большую пассивность, чем Франция, и относятся к зоне средней активности. К этой же зоне относится и Россия, индекс активности патентования которой в этот период составил 16,2 %. Это свидетельствует о том, что, как отмечалось выше, научно-технический потенциал России в исследуемой области продолжает оставаться достаточно высоким, несмотря на пока еще непростое экономическое состояние в целом легкой промышленности. Для примера, можно указать, что доля продукции легкой про-

мышленности в Российской Федерации составляла около 1 % от ВВП (2005 год), доля продукции легкой промышленности в США – 4 % от ВВП, в Германии – около 6 %, а в Китае – 30 % [2]. Великобритания и ряд других стран находятся в зоне низкой изобретательской активности в исследуемой области.

ВЫВОДЫ

Получены сравнительные данные об уровне изобретательской активности по текстильной тематике различных стран и России, которые могут быть использованы при создании приоритетных направлений и долгосрочных программ развития научных исследований и внедрения их в промышленность, предусматривающих государственное, ведомственное и региональное стимулирование инновационной деятельности в перспективных, с точки зрения международной и внутренней конкуренции, направлениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршакова-Шайкевич И. В. Исследовательская активность стран мира в конце 20 века: Статистическая оценка // Вопросы философии. – 2002, № 12. С. 25...31.
2. ИНЭК [Электронный ресурс]. - [2007]. – Режим доступа: <http://www.marketing.rbc.ru>

Рекомендована кафедрой технологии высокомолекулярных и волокнистых материалов. Поступила 29.01.08.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КОСТЮМА И МОДЫ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Т.Л. МАКАРОВА, С.Л. МАКАРОВ

(Международный институт рекламы,
Московский государственный институт электроники и математики)

Настоящая статья посвящена разработке методики выявления значимых символов – элементов информационно-знаковой системы "костюм" (в модели костюма, коллекции или моде некоторого периода).

Художник, дизайнер создает модель мира. Информационно-знаковая система "костюм" – один из видов моделей мира. Информационно-знаковая система "костюм" обеспечивает количественные оценки и характеристики и таким образом обеспечивает математические методы исследования отдельных моделей костюма, а также коллекций и моды в целом. Нами предлагается моделировать изменения моды как процесс изменения во времени указанных характеристик коллекций.

Иными словами, целесообразно исследовать изменение моды на основе применения множества элементов информационно-знаковой системы "костюм" для описания развития костюма. В этом случае рассматривается система костюм + фон + цвет, то есть символы и группы цветов в форме и материале костюма и фона. Элемент ИЗСК – символ. Наш подход к исследованию моды дополняет уже известные методы и позволяет по-новому взглянуть на процессы, происходящие в современной моде.

Достоинствами предлагаемого метода являются: анализ системы "костюм – среда" с учетом взаимодействия формы, материала и цвета костюма и среды (фона изображения костюма). Это дает большую глубину исследования и высокую точность прогноза модных тенденций. Данный метод не имеет ограничений по стилю изображения и временным периодам. К недостаткам метода можно отнести его большую трудоемкость, которая, однако, компенсируется применением компьютер-

ных технологий. Современный костюм является открытой системой [1]. Предлагаемый метод учитывает это свойство костюма, выделяя лишь набор (мозаику, систему, код) перспективных символов в системе костюм – среда и не навязывая их жестких, закрытых сочетаний. В результате мы получаем направление развития моды с некоторой степенью свободы.

Полученные в ходе исследования элементы ИЗСК [1] являются множеством элементов языка современной моды, "буквами" ее смысла, но мозаика, "слова" для каждого сезона (момента времени) разные. Таким образом, как в калейдоскопе из известного количества элементов, благодаря воздействию разных факторов, складывается неповторимая в целом картина, выражающая конкретную ситуацию. Повторяться могут отдельные элементы и их сочетания, но не вся картина. Здесь действует принцип развития процессов в природе, обществе и мире по спирали [1], законы отрицания и отрицания, единства и борьбы противоположностей, перехода количества в качество.

Основным результатом исследования, имеющим практическую значимость, является разработанный метод исследования развития костюма и моды как информационно-знаковой системы.

Данный метод исследования костюма и моды включает в себя следующие этапы. Во-первых, необходимо сформировать информационно-знаковую систему "костюм" (исследуемой модели, коллекции или моды некоторого периода), выявив значимые символы ИЗСК. Для этого предлагаем следующую методику.

1. Разработанную и апробированную форму (анкету), которая определяет множество (символов) – элементов информа-

ционно-знаковой системы "костюм" и "фон". Эта форма (анкета) обеспечивает адекватное описание моделей, входящих в состав исследуемых коллекций. Форма для анализа коллекции и форма для анализа моды (взаимодействия информационно-знаковых подсистем "костюм" и "фон") приведены [1].

2. Алгоритм выявления на основе применения указанной формы значимых символов, характеризующих исследуемую коллекцию. Алгоритм основывается на точечных и интервальных оценках вероятностей появления символов в коллекциях моделей. Формулы, методика применения форм и выявление на ее основе значимых символов описаны в [1].

3. Составление таблицы значимых символов (для моды исследуемого периода или коллекции данного сезона) [1], [2].

4. Анализ полученных результатов с учетом выявленных автором закономерностей развития информационно-знаковых систем "костюм" и "фон". Для ускорения анализа (в том числе внедрения и освоения метода исследования) полученных результатов автор предлагает использовать в качестве экспериментальной базы:

- три таблицы с множеством элементов информационно-знаковой системы "костюм": таблица с изображениями символов, таблица с названиями символов, таблица с порядковыми номерами символов во множестве элементов информационно-знаковой системы "костюм" [1];

- таблицу с описанием элементов информационно-знаковой системы "костюм" (в таблице указан смысл каждого из символов выявленного множества, использовано большое количество разных литературных источников) [1];

- информацию о кодах коллекций 5 ведущих Домов моды: "Живенши", "Кристиан Лакруа", "Жан-Поль Готье", "Йоджи Ямамото", "Макс Мара" [1], [2];

- информацию о выявленных закономерностях появления символов в информационно-знаковых подсистемах "костюм" и "фон" [1, 2];

- схемы информационного взаимодействия групп символов [1];

- таблицу с коэффициентами позитивности символов и групп цветов, распределенных по классам позитивности [1].

Следующий этап работы по новому методу посвящен анализу полученных данных на основе разработанной математической модели изменения костюма и моды.

Пусть рассматривается некоторое множество моделей костюма.

Уровень позитивности каждой подсистемы (кроме групп цветов: подсистем 5 и 6, для которых вычисляются скалярные значения) определяется вектором трех значений, которые вычисляются по следующей формуле:

$$D = (D_1^r, D_2^r, D_3^r), \text{ для цветов } D = D_4^p, \quad (1)$$

где $r = (1 \div 4)$ – номер подсистемы, характеризующей форму или материал костюма или фона [1], $p = (5 \div 6)$ – номер подсистемы, характеризующей цвет костюма или фона [1]. Четыре вектора D^r с двумя скалярными значениями (D_4^p) определяют уровень позитивности заданного множества моделей костюмов в целом. Следовательно, уровень позитивности всей ИЗСК можно вычислить по формуле

$$D = (D_1^r, D_2^r, D_3^r, D_4^p). \quad (2)$$

Определенные по описанной выше методике уровни позитивности $D_1^r, D_2^r, D_3^r, D_4^p$ для разных временных отрезков обеспечивают построение 14 графиков. Эти графики допускают интерполяцию и экстраполяцию, что является основой для системного анализа изменений моды или прогноза этих изменений в терминах ИЗСК (информационно-знаковой системы "костюм").

Действительно, для каждого набора значений D^1, \dots, D^6 можно рассчитать ИЗСК моделей, уровень позитивности которых максимально приближен к заданному $D^r = (D^1, \dots, D^6)$. Для этого необходимо для каждой подсистемы определить такие значения векторов: $x_1^r = (x_{1,1}^r, x_{1,2}^r, \dots, x_{1,18}^r)$, $x_2^r = (x_{2,1}^r, x_{2,2}^r, \dots, x_{2,21}^r)$, $x_3^r = (x_{3,1}^r, x_{3,2}^r, \dots, x_{3,9}^r)$, $x_4^p = (x_{4,1}^p, x_{4,2}^p, \dots, x_{4,7}^p)$, что

$$|D_1^r - \sum_{i=1}^{18} x_{1,i}^r d_{1,i}| \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$|D_2^r - \sum_{i=1}^{21} x_{2,i}^r d_{2,i}| \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$|D_3^r - \sum_{i=1}^9 x_{3,i}^r d_{3,i}| \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$|D_4^p - \sum_{i=1}^7 x_{4,i}^p d_{4,i}| \rightarrow \min, \quad (6)$$

где $r = (1 \div 4)$ – номер подсистемы, характеризующей форму или материал костюма или фона [1]; $p = (5 \div 6)$ – номер подсистемы, характеризующей цвет костюма или фона; $x_i \in \{0, 1\}$ при $i = 1, \dots, n_k$ (n_k – номер последнего символа в k -м классе позитивности r -й или g -й подсистемы); $d_{1,i}, d_{2,i}, d_{3,i}, d_{4,i}$ – коэффициенты позитивности символов и групп цветов [1]; i – порядковый номер символа в соответствующем классе позитивности.

При решении указанной задачи (3)...(6) целесообразно использовать ограничения на число символов каждого класса:

$$N_k^r \leq m_k^r \leq M_k^r, \quad (7)$$

$$N_4^p \leq m_4^p \leq M_4^p, \quad (8)$$

где $k = 1, \dots, 4$ (порядковый номер класса позитивности); $r = 1, \dots, 4$, $p = 5, 6$; N_k^r – минимальное число символов k -го класса в r -й системе; M_k^r – максимальное число символов k -го класса в r -той системе; N_4^p – минимальное число символов 4-го класса в p -й системе, M_4^p – максимальное число символов 4-го класса в p -й системе.

При решении задачи неравенства (7), (8) используются как ограничения. Эти числа ($N_k^r, M_k^r, N_4^p, M_4^p$) можно определять для тех же периодов, для которых определяются D_k^r и D_4^p , строить графики их изменений, интерполировать и экстраполировать построенные графики.

С учетом изложенного выше расчет ИЗСК перспективной модели реализуется в результате выполнения следующих действий.

1. Экспериментально, путем интерполяции или экстраполяции, определяется набор значений уровней позитивности в подсистемах ИЗСК:

$$D = (D_1^r, D_2^r, D_3^r),$$

для цветов $D = D_4^p$. (1)

Значения $D_1^r, D_2^r, D_3^r, D_4^p$ определяются по формуле (1).

Следовательно, уровень позитивности всей ИЗСК вычисляется по формуле

$$D = (D_1^r, D_2^r, D_3^r, D_4^p). \quad (2)$$

2. Определяются значения чисел ($N_k^r, M_k^r, N_4^p, M_4^p$), где $k = 1, \dots, 4$.

3. Определяются такие значения векторов: $x_1^r = (x_{1,1}^r, x_{1,2}^r, \dots, x_{1,18}^r)$, $x_2^r = (x_{2,1}^r, x_{2,2}^r, \dots, x_{2,21}^r)$, $x_3^r = (x_{3,1}^r, x_{3,2}^r, \dots, x_{3,9}^r)$, $x_4^p = (x_{4,1}^p, x_{4,2}^p, \dots, x_{4,7}^p)$, что

$$|D_1^r - \sum_{i=1}^{18} x_{1,i}^r d_{1,i}| \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$|D_2^r - \sum_{i=1}^{21} x_{2,i}^r d_{2,i}| \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$|D_3^r - \sum_{i=1}^9 x_{3,i}^r d_{3,i}| \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$|D_4^p - \sum_{i=1}^7 x_{4,i}^p d_{4,i}| \rightarrow \min, \quad (6)$$

координаты которых принимают нулевые или единичные значения при выполнении условий (неравенств):

$$N_k^r \leq m_k^r \leq M_k^r, \quad (7)$$

$$N_4^p \leq m_4^p \leq M_4^p. \quad (8)$$

Описанная задача представляет собой один из вариантов задачи дискретного программирования [1]. В данном случае, с учетом размерности задачи, ее решение может быть получено с использованием ПК путем прямого перебора значений векторов $x_1^r, x_2^r, x_3^r, x_4^p$ ($r = 1, \dots, 4, p = 5, 6$). Программа разработана и защищена © авторами статьи.

Единичные значения координат векторов: $x_1^r = (x_{1,1}^r, x_{1,2}^r, \dots, x_{1,18}^r)$, $x_2^r = (x_{2,1}^r, x_{2,2}^r, \dots, x_{2,21}^r)$, $x_3^r = (x_{3,1}^r, x_{3,2}^r, \dots, x_{3,9}^r)$, $x_4^p = (x_{4,1}^p, x_{4,2}^p, \dots, x_{4,7}^p)$ определяют набор символов, значимых для описания перспективной модели модного костюма.

Разработанный метод [1] основывается на предложенном множестве элементов ИЗСК [1]. Этот метод позволяет оценить состояние коллекции или описать моду некоторого периода с использованием

объективных количественных показателей (D^r, D^p). По определенным значениям (D^r, D^p) выполняется расчет ИЗСК для вариантов перспективных моделей, уровень позитивности которых минимально отличается от заданного уровня позитивности (D^r, D^p).

ВЫВОДЫ

1. Разработан метод исследования изменения костюма и моды на основе разработанной математической модели изменения моды за исследуемый период (с 1981 по 2003 гг.) для анализа моды. Использование метода помогает решить проблему прогнозирования изменений тенденций моды в дизайне костюма (аксессуаров, среды, рекламы).

2. Авторы используют метод в научной работе: анализ моды 1901 – 2008 гг. в докторской диссертации Т.Л. Макаровой, разработка компьютерных программ (С.Л. и Т.Л. Макаровы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Макарова Т.Л. *Мода как процесс формирования информационно-знаковых систем в костюме*. Дис.... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина. (Факультет прикладного искусства), 2004.

2. Макарова Т.Л., Макаров С.Л. *Применение информационных технологий в исследовании информационно-знаковой системы «Костюм»//Тез. докл. Всероссийск. научн. конф.: Информационные технологии в образовательной, научной и управленческой деятельности (ИНФОТЕКСТИЛЬ-2004)*. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.

Рекомендована кафедрой гуманитарных дисциплин Международного института рекламы. Поступила 05.06.08.

ОБ УЧЕБНОМ ПОСОБИИ ПРОФЕССОРА И.И. ВУЛЬФСОНА «КОЛЕБАНИЯ В МАШИНАХ»*

В.Л. ВЕЙЦ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Курс «Колебания в машинах» читается студентам механических специальностей во многих вузах Российской Федерации. Он имеет большое значение как для формирования общего мировоззрения инженера-механика, так и для выработки навыков в составлении динамических моделей механических систем и исследования на их основе колебательных процессов, происходящих в современных машинах. В связи с повышением требований к динамическим характеристикам машин и стремлением к улучшению их экологических показателей изучение данного курса в последнее время стало особенно актуальным.

Различным аспектам теории колебаний и ее приложений в задачах динамики машин посвящено много монографий, учебников и учебных пособий. Тем не менее, рецензируемое учебное пособие обладает рядом особенностей, выделяющих его среди изданий, освещающих эту проблему.

Во-первых, следует отметить тщательный отбор материала, что позволило выделить основные вопросы, имеющие большое прикладное значение, при исключительно малом объеме издания. Последнее весьма существенно для использования данного пособия при относительно малом числе часов, отведенных в учебных планах вузов проблемам теории колебаний.

Во-вторых, лаконичность не повлекла за собой нарушения строгости изложения. Пособие написано на высоком научном уровне с четким выделением физической проблемы и инженерной направленности выводов. В этом проявился опыт автора как ученого и педагога, плодотворно работающего в течение многих лет в области

динамики механизмов и машин и прикладной теории колебаний.

В-третьих, в отличие от традиционных изданий, посвященных изложению основ теории механических колебаний, в данном учебном пособии определенное внимание уделено проблеме снижения виброактивности и повышения динамической точности при воспроизведении сложных законов программного движения исполнительных органов, реализуемых с помощью цикловых механизмов. Это особенно важно при подготовке специалистов в области проектирования и эксплуатации машин текстильной, легкой, полиграфической, пищевой и ряда других отраслей промышленности, отличающихся повышенной сложностью кинематических задач, возникающих при осуществлении технологических операций.

Второе издание учебного пособия состоит из 11 глав. В первой главе, носящей вводный характер, дается представление о месте колебаний в общей проблеме динамики машин и приводится классификация колебательных явлений по ряду определяющих признаков.

Вторая и третья главы посвящены схематизации механизмов и приводов машин и методам их математического описания.

В четвертой и пятой главах излагаются способы определения собственных частот и форм свободных колебаний и методы расчета вынужденных колебаний для типовых случаев возмущения.

Шестая глава посвящена способам виброзащиты. При этом наряду с традиционными способами определенное внимание уделяется специфике задач, связанных с

* Вульфсон И.И. Колебания в машинах: учебное пособие для вузов. – Изд. 2-е, доп. – СПб: СПГУТД, 2006. – 260 с.

повышением динамической точности механизмов циклового действия, широко распространенных в машинах текстильной, легкой, полиграфической, пищевой и ряда других отраслей промышленности.

В седьмой и восьмой главах в краткой форме даются основные сведения о параметрических и нелинейных колебаниях.

При изложении автор весьма удачно использует энергетический метод, позволивший во многих случаях, оставаясь на уровне физической строгости, избежать громоздких выкладок, свойственных данному классу задач.

Перечисленные выше восемь глав, вошедшие в первое издание учебного пособия, во втором издании дополнены за счет более углубленного изложения ряда вопросов, связанных со стыковкой курса теории колебаний с курсом теории механизмов и машин и более подробным освещением проблемы вибрационных искажений кинематических характеристик механизмов.

Наиболее значительные дополнения во втором издании связаны с включением раздела «Избранные задачи повышенной сложности». Этот раздел обращен к аспи-

рантам, магистрам, слушателям факультетов повышения квалификации преподавателей ТММ, а также может быть полезен при выполнении студенческих научных работ в рамках СНО.

В трех главах этого раздела на достаточно высоком научном уровне и в то же время при сохранении доступности излагаемого материала рассмотрены многие важные современные задачи колебаний приводов машин, связанные с математическим описанием нелинейных диссипативных сил, зазоров и использовании аппарата матриц перехода, приспособленного к возможностям современной компьютерной техники.

В целом отметим, что проф. И.И. Вульфсоном написано оригинальное и ценное учебное пособие, которое, несомненно, будет востребовано студентами, магистрами, аспирантами и преподавателями, специализирующимися в области динамики машин.

Поступила 29.05.07.

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

<i>Юхина Е.А., Юхин С.С.</i> Методика анализа заказа текстильного предприятия на этапе определения объемов производства и сроков поставки.....	3
<i>Щербаков В. П., Зернова Л. Е., Ерохин Е.С.</i> Минимизация зачета взаимных долгов предприятий для предотвращения кризиса неплатежей в финансово-промышленных группах.....	5

Текстильное материаловедение

<i>Алеева С.В., Кокиаров С.А.</i> Оценка качества подготовки льняного волокна при формировании пряжи.....	9
<i>Нуриев М.Н.</i> Использование разностного изображения для распознавания дефектов структуры намотки нити на бобину.....	12
<i>Коробова Т.Н., Гусев Б.Н.</i> Моделирование ворсовой поверхности пряжи с учетом ее нормируемых характеристик.....	15
<i>Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Галимулин А.Х., Тюменев Ю.Я.</i> Прогнозирование разрывной нагрузки термоскрепленных нетканых материалов.....	18
<i>Морилова Л.В., Смирнова Н.А.</i> Разработка методики определения изменений линейных размеров тканей при сдвиге.....	21

Первичная обработка. Сырье

<i>Бойко С.В.</i> Изменение свойств недоработанного льняного волокна в процессе его трепания.....	24
<i>Маянский С.Е., Баринов А.А., Пашин Е.Л.</i> Особенности перемещений верхнего вала рифленой пары при промине льна.....	25
<i>Юнусов Р.Ф.</i> Исследование съема хлопкового волокна с зуба пилы механическим способом в процессе пильного дженирования.....	28
<i>Мирахмедов Дж.Ю.</i> Анализ колебаний составных элементов колкового барабана очистителя мелкого сора.....	32
<i>Иброгимов Х.И., Корабельников Р.В.</i> Моделирование процесса разрежения слоя хлопка-сырца в питателе очистителя мелкого сора.....	34

Прядение

<i>Разумеев В.К., Мовшович П.М., Разумеев К.Э., Филиппев А.Ф.</i> Влияние длины шлангов на динамику переключения воздуха в вихревой камере в машине ПСК-225-ШГ.....	39
<i>Пестовская Е.А., Иванов А.Н.</i> Исследование процесса дробления технических комплексов волокон по технологическим переходам производства чистольняной пряжи с использованием автоматизированного комплекса КЛА-2.....	41
<i>Павлов К.Ю.</i> Определение параметров перфорированной поверхности для обеспыливания волокнистой массы на машинах разрыхлительно-очистительного агрегата.....	45

Ткачество

<i>Маховер В.Л., Смирнова Т.В.</i> Расчет сопряженности паковок на сновально-шлихтовальном агрегате ИГТА.....	49
<i>Саввин О.А., Селезнева Е.З., Сергеева А.В.</i> Определение деформации ветвей основы, огибающих скало, методом элементарных перемещений.....	52

Отделка

<i>Дянкова Т.Ю., Дащенко Н.В., Михайловская А.П.</i> Применение алкилфосфатов натрия в составах для окрашивания арамидных нитей.....	56
--	----

<i>Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б.</i> Применение синтетического алюмосиликата в гидрофобной отделке текстильных материалов.....	59
<i>Липатова И.М., Юсова А.А.</i> Механохимически модифицированная крахмальная шликта для льняных основ.....	62
<i>Чешкова А.В., Монахова Л.Н., Чешкова В.А., Смирнова Е.В.</i> Исследование влияния способа подготовки льняных тканей на качество крашения активными красителями.....	66

Технология нетканых материалов

<i>Фролова И.В., Капустин С.Ю., Чеберяк И.А., Жуков Д.Е.</i> Двухфазная система переработки волокнистых отходов с непрерывным потоком тепла с градиентом концентрации.....	71
--	----

Трикотажное производство

<i>Строганов Б.Б.</i> Современные тенденции развития плоскофанговых машин.....	76
--	----

Швейное производство и дизайн

<i>Шаммут Ю.А., Корнилова Н.Л., Баландина Г.В.</i> Разработка трехмерной компьютерной модели торса фигуры для проектирования плотнооблегающих изделий.....	79
--	----

Текстильные машины и агрегаты

<i>Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Кудрявин Л.А.</i> Теоретическое исследование взаимодействия металлической монопити с петлеобразующими органами трикотажных машин при точечном контакте.....	83
<i>Сигачева В.В., Стрешнев А.Е.</i> Диагностирование дефектов кинематических пар батанного механизма ткацкого станка методом непрерывного вейвлет-преобразования.....	85

Автоматизация технологических процессов

<i>Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К.</i> Полевые датчики механизмов контроля продукта при его обработке на текстильной машине.....	89
<i>Глазунов В.Ф.</i> Управление осевой намоткой ткани.....	93

Экология и промэнергетика

<i>Сажин Б.С., Кочетов О.С., Костылева А.В., Шестаков С.С.</i> Оптимизация параметров системы виброизоляции аппаратов с виброкипящим слоем.....	98
<i>Сажин Б.С., Тюрин М.П., Кочетов Л.М., Сафонов Р.А., Мамонова М.М.</i> Аналитические исследования гидродинамики в струйном аппарате для разделения устойчивых эмульсий.....	103

Информационные технологии

<i>Севостьянов П.А., Серякова Т.В.</i> Компьютерное моделирование методом конечных элементов взаимодействия нетканого материала с иглами в процессе иглопрокалывания.....	107
---	-----

Механика нити и полотен

<i>Дарвиш Д.М., Аксакал Б., Цобкалло Е.С.</i> Изменение характеристик механических свойств моноволокон шерсти вследствие предварительного деформирования.....	110
---	-----

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Башкова Г.В., Чистобородов Г.И.</i> Тенденции инновационного развития высокотехнологичного текстильного оборудования.....	115
<i>Назарова М.В.</i> Автоматизированный расчет технико-экономических показателей ткацкого производства.....	118
<i>Силина А.Ю., Васильева В.Д., Дербишер В.Е.</i> Наукометрический анализ патентов по текстильной тематике.....	127
<i>Макарова Т.Л., Макаров С.Л.</i> Разработка метода исследования изменения костюма и моды на основе разработанной математической модели.....	129
<i>Вейц В.Л.</i> Об учебном пособии профессора И.И. Вульфсона «Колебания в машинах».....	133

CONTENTS

Economics and Production Planning

<i>Yukhina E.A., Yukhin S.S.</i> The Methods of Textile Enterprise Order Analysis on the Stage of Definition of Production Volume and Period of Delivery	3
<i>Scherbakov V.P., Zernova L.E., Yerokhin E.S.</i> Minimization of Count of Enterprises' Mutual Debts for Preventing the Non-Payments Crisis in Financial-Industrial Groups.....	5

Textile Materials

<i>Aleeva S.V., Koksharov S.A.</i> Evaluation of Quality of Flax Fibre Preparation during the Formation of Yarn	9
<i>Nuriev M.N.</i> The Usage of Difference Image for the Recognition of Winding Structure Defects	12
<i>Korobova T.N., Gusev B.N.</i> Modeling of Yarn Pile Surface Taking into Account Its Standardizing Characteristics	15
<i>Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Galimulin A.N., Tyumenev Yu.Ya.</i> Forecasting of Tensile Load of Thermotied Nonwoven Materials	18
<i>Morilova L.V., Smirnova N.A.</i> Development of the Methods of Definition of Linear Parameters Changes of Fabrics under Shear.....	21

Preliminary Treatment. Raw Materials

<i>Boyko S.V.</i> Change of Properties of Non-Finished Flax Fibre in the Process of Scutching	24
<i>Mayansky S.E., Barinov A.A., Pashin E.L.</i> Features of the Upper Roller Movement of Riffled Pair under the Flax Breakage	25
<i>Yunusov R.F.</i> Investigation of the Removal of Cotton Fibre from a Sawtooth by Mechanical Technique in the Process of Saw Jinning	28
<i>Mirakhmedov Dzh.Yu.</i> Analysis of Vibrations of the Components Elements of Pin Drum of Small Rubbish Clearer.....	32
<i>Ibrogimov H.I., Korabelnikov R.V.</i> Modelling of the Process of Thinning the Raw Cotton Layer in the Feeder of Small Rubbish Clearer.....	34

Spinning

<i>Razumeev V.K., Movshovich P.M., Razumeev K.E., Filipjev A.F.</i> Influence of Hoses Length on the Dynamics of Air Switching at the Vortex Chamber at the Machine ПСК-225-IIIГ Type.....	39
<i>Pestovskaya E.A., Ivanov A.N.</i> Research of Crushing Process of Technical Complexes of Fibres in Technological Transitions of Pure Linen Yarn Manufacture Using the Automated Complex of КЛИА-2 Type.....	41
<i>Pavlov K.Yu.</i> Definition of Perforated Surface Parameters for Dusting the Fibrous Mass at the Machines of the Open-Clearer Aggregate.....	45

Weaving

<i>Makhover V.L., Smirnova T.V.</i> Calculation of Bobbins' Contingency at the IGTA Warping-Sizing Aggregate	49
<i>Savvin O.A., Selezneva E.Z., Sergeev A.V.</i> Definition of Warp Branches' Deformation under the Forward Motion of Warp Roller Using the Method of Elementary Movements.....	52

Finishing

<i>Dyankova T.Yu., Daschenko N.V., Mikhailovskaya A.P.</i> Using the Alkyl-Phosphate Sodium in Compositions for Aramidic Threads Dyeing	56
<i>Vladimirtseva E.L., Sharina L.V., Blinicheva I.B.</i> Application of Synthetic Alumina-Silicate in Hydrophobe Finishing of Textile Materials	59
<i>Lipatova I.M., Yusova A.A.</i> Mechanics-Chemical Modified Starched Size for Linen Warps	62
<i>Cheschkova A.V., Monakhova L.N., Cheschkova V.A., Smirnova F.V.</i> Influence Research of Preparing Method of Linen Fabrics on the Dyeing Quality by Active Dyers.....	66

Technology of Non-Wovens

- Frolova I.V., Kapustin S.Yu., Cheberyak I.A., Zhukov D.E.* Double-Phase System of Fibrous Waste Treatment with Continuous Heat Flow and Concentration Gradient..... 71

Knitting

- Stroganov B.B.* The Modern Tendencies of Development of Flat-Fang Machines..... 76

Sewing and Design

- Shammut Yu.A., Kornilova N.L., Balandina G.V.* Development of Three-Dimensional Computer Model of Figure Trunk for Designing the Close-Fitting Articles..... 79

Textile Machines and Aggregates

- Belyaev O.F., Zavaruev V.A., Kudryavin L.A.* Theoretical Investigation of Interaction of Metal Mono thread with Loop Forming Organs of Knitting Machines under Point Contact 83
- Sigacheva V.V., Streshnev A.E.* Diagnostics of Defects of Kinematic Pairs of the Loom Batten Mechanism Using the Method of Continuous Wavelet Transformation 85

Automation of Technological Processes

- Razumova E.F., Rastorguev A.K.* The Field Pickups of Product Control of Mechanisms in the Process of Treatment at Textile Machine 89
- Glazunov V.F.* The Control of Axial Winding of Fabrics..... 93

Ecology and Industrial Heat Engineering

- Sajin B.S., Kochetov O.S., Kostyleva A.V., Shestakov S.S.* Optimization of Vibroisolation System Parameters of Apparatus with Vibro-Boiling Layer 98
- Sajin B.S., Tyurin M.P., Kochetov L.M., Safonov R.A., Mamonova M.M.* Analytic Studies of Hydrodynamics in the Jet Device for the Segaration of Steady Emulsions 103

Information Technologies

- Sevostyanov P.A., Seryakova T.V.* Computer Modeling of Interaction of Nonwoven Material with Needles during Punching Process 107

Mechanics of Threads and Fabrics

- Darvish D.M., Aksakal Baki, Tsobkallo E.S.* The Changing of Characteristics of Mechanical Properties of Wool Monofilaments Owing to Preliminary Treatment..... 110

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

- Bashkova G.V., Chistoborodov G.I.* The Tendencies of Innovation Development of High Technological Textile Equipment 115
- Nazarova M.V.* Automated Calculation of Technical-Economical Indices of Weaving Production 118
- Silina A.Yu., Vasil'eva V.D., Derbisher V.E.* Scientific Analysis of Patents on Textile Topics 127
- Makarova T.L., Makarov S.L.* The Development of Method of Research of Costume and Fashion Change Based on a developed Mathematical Model..... 129
- Weits V.L.* On the Training Book of Professor I.I. Wulfson «Vibrations in Machines»..... 133

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.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

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 дискетах 3,5 дюйма или CD-дисках, текстовый редактор Word (формат *.doc, *.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат *.psx, *.bmp, *.jpg).

4. В список литературы, помещаемый в конце статьи, включать только опубликованные работы, на которые имеются ссылки в статье. Библиографическое описание составляется в соответствии с ГОСТом 7.1–84 "Библиографическое описание документа".

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13x18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без гляцевания) формата не менее 9x12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы. Заголовки таблиц 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;

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;

в) реферат статьи;

г) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов) на английском языке.

8. 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.