

Федеральное агентство по образованию

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 3 (308)
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 02.06.2008. Подписано в печать 01.07.2008. Формат 60х84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 18,6 усл.-печ. л.; 18,85 усл. кр.-отт. Заказ 355.

Тираж 450 экз.

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

ЮБИЛЕЙ РЕКТОРА

12 июля 2008 года исполнилось 60 лет ректору Ивановской государственной текстильной академии, доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, лауреату премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Почетному работнику текстильной и легкой промышленности, лауреату почетного знака "Инженерная Слава России" (Григорий Ильич награжден этой наградой первым в Ивановской области) Григорию Ильичу Чистобородову.

Григорий Ильич Чистобородов родился 12 июля 1948 года в деревне Есьманово Мстиславского района Могилевской области в Белоруссии. Окончив Ходосовскую среднюю школу, в 1966 г. он поступил в Ивановскую профтехшколу фабрики им. Ф.Э. Дзержинского, закончил ее в 1968 году и работал слесарем-ремонтником на Ивановском хлопчатобумажном комбинате им. Ф.Н. Самойлова.

В 1967 году Григорий Ильич поступил в Ивановский текстильный институт им. М.В. Фрунзе (ныне – ИГТА) и в 1973 г. закончил его с отличием по специальности "Машины и аппараты текстильной промышленности".

После окончания института Григорий Ильич работал ассистентом кафедры теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин, инженером научно-исследовательского сектора ИвТИ, ассистентом кафедры деталей машин. С 1978 по 1981 гг. он обучался в аспирантуре ИвТИ, а в 1981 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. После защиты диссертации



Григорий Ильич работал ассистентом, а затем доцентом кафедры деталей машин. С 1984 г. он руководит кафедрой начертательной геометрии и черчения.

В 1997 году Г.И. Чистобородов защищает докторскую диссертацию по специальности "Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья". Ученое звание профессора по кафедре начертательной геометрии и черчения присвоено ему в 1998 году.

В 1997 году Григорий Ильич назначается на должность первого проректора, а в 2001 году – на должность проректора по научной и производственной деятельности. В августе 2007 года по результатам выборов приказом Рособразования Григорий Ильич Чистобородов назначен ректором ИГТА.

Будучи кандидатом на должность ректора Григорий Ильич предложил свою программу развития вуза, цель которой заключается в следующем: создание на основе лучших традиций и достижений ИГТА мощного современного текстильного университета, который станет активным участником формирования текстильного кластера с последующим устойчивым развитием ключевой отрасли Ивановского региона, отраслевым научно-образовательным центром страны, выпускающим конкурентоспособных, адаптированных к современным социально-экономическим реалиям профессионалов, которые смогут работать в сфере науки, образования, промышленности, бизнеса, культуры, государственного и общественного управления.

Имея большой опыт в организации учебного процесса, научной, международной и хозяйственной деятельности, Г.И. Чистобородов успешно претворяет свои планы в жизнь.

При его непосредственном участии в академии успешно реализуется 41 образовательная программа высшего профессионального образования: 6 – по направлениям подготовки магистров, 7 – по направлениям подготовки бакалавров, 28 – по подготовке специалистов.

Под руководством Григория Ильича и при его личном участии в академии активизировалась научная и патентно-лицензионная работа. По итогам участия в международных, всероссийских и региональных выставках за 2004-2008 гг. коллективом вуза получено 25 медалей разного достоинства.

Среднегодовой объем НИР на единицу научно-педагогического персонала за последние годы увеличился более чем в два раза.

В 2007-2008 учебном году в академии выполнен запланированный ремонт главного и учебно-лабораторного корпусов, приобретено новое учебное и научное оборудование, осуществлена модернизация материальной базы.

Г.И. Чистобородов – талантливый ученый. Он – один из ведущих специалистов в области механической технологии текстильных материалов и проектирования оборудования текстильной промышленности. Ему удалось решить целый ряд сложных научных задач, имеющих принципиальное значение для развития текстильной отрасли. Результаты выполненных им и при его непосредственном участии научно-исследовательских работ внедрены более чем на 20 предприятиях текстильной и легкой промышленности России и в Республике Беларусь. Григорий Ильич является автором более чем 200 научных трудов, среди которых 7 монографий по проблемам текстильного производства и машиностроения, 2 учебных пособия для вузов текстильного профиля, 12 авторских свидетельств и патентов.

Г.И. Чистобородовым создана и успешно развивается научная школа в области теории процессов, технологии и оборудования натуральных и химических волокон. У него много талантливых учеников, им воспитаны десятки квалифицированных специалистов. Непосредственно под его руководством защищены 6 докторских и более 20 кандидатских диссертаций.

Г.И. Чистобородов выполняет обязанности председателя диссертационного совета Д212.061.01 при Ивановской государственной текстильной академии по защите кандидатских и докторских диссертаций. Он входит в состав экспертного совета "Химия" (секция химической технологии) Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации, является главным редактором единственного в России научно-технического журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".

Вся трудовая жизнь Григория Ильича Чистобородова неразрывно связана с нашим вузом. Его научно-исследовательская и педагогическая деятельность на протяжении всех этих лет были направлены на развитие академии – на совершенствование учебного процесса, на расширение и углубление научно-исследовательской работы: "...Без науки не может быть дано качественного образования. И оба эти направления должны развиваться как единая система" (Газета "За текстильные кадры", 27 декабря 2007 г.). И слова, сказанные Г.И. Чистобородовым, и цели, поставленные им, воплощаются в жизнь.

За время работы Г.И. Чистобородова ректором академия добилась значительных успехов. Комиссия по проведению экспертиз условий осуществления образовательного процесса, соответствия содержания и качества подготовки обучающихся и выпускников требованиям государственных образовательных стандартов, показателей деятельности государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Ивановская государственная текстильная академия", работавшая на основании распоряжения Мини-

стерства образования и науки Российской Федерации от 17 марта 2008 №482-05 с 18 по 22 марта текущего года в ИГТА, констатировала соответствие аккредитационных показателей академии уровню показателей образовательного учреждения вида "университет".

А распоряжением Губернатора Ивановской области Г.И. Чистобородов утвержден в составе рабочей группы по формированию текстильного кластера в Ивановской области.

Поздравляя Вас, Григорий Ильич, с замечательным юбилеем, хочется пожелать Вам здоровья, счастья, благополучия, а также дальнейших успехов в таком многотрудном деле – быть руководителем одно-

го из старейших и уважаемых текстильных вузов России.

Григорий Ильич – не только талантливый руководитель, он любящий муж и заботливый отец. Здоровья и благополучия его родным и близким!

Талантливых и верных Вам соратников, коллег и друзей!

* * *

Юбилеи бывают не часто!
Разрешите, взяв несколько строк,
Пожелать Вам здоровья и счастья,
Вдохновенья с удачей глоток!
Пусть Наука Вам дарит идеи,
Ну а Вы, претворяя их в жизнь,
С коллективом родной академии
Возрождайте российский текстиль!

УДК 658.7:677.07

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ЗАКАЗА ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.А.ЮХИНА, С.С.ЮХИН

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

Производство продукции на заказ текстильные предприятия практикуют уже более 15 лет. По мнению многих исследователей, производство на заказ является наиболее жизнеспособным способом производства. Однако единой методики оценки и анализа заказа с точки зрения его технологических особенностей и экономической выгоды для производителя до сих пор нет. Вследствие этого анализ заказа представляет достаточную сложность для про-

изводителя и не позволяет текстильному предприятию быстро и адекватно определять реальные сроки выполнения заказа, цену и другие условия.

Любой заказ состоит из следующих этапов: оформление заказа (этап 1); подготовка к выполнению заказа (этап 2); выполнение заказа (этап 3).

В данной работе предлагается методика анализа заказа на этапе его оформления.

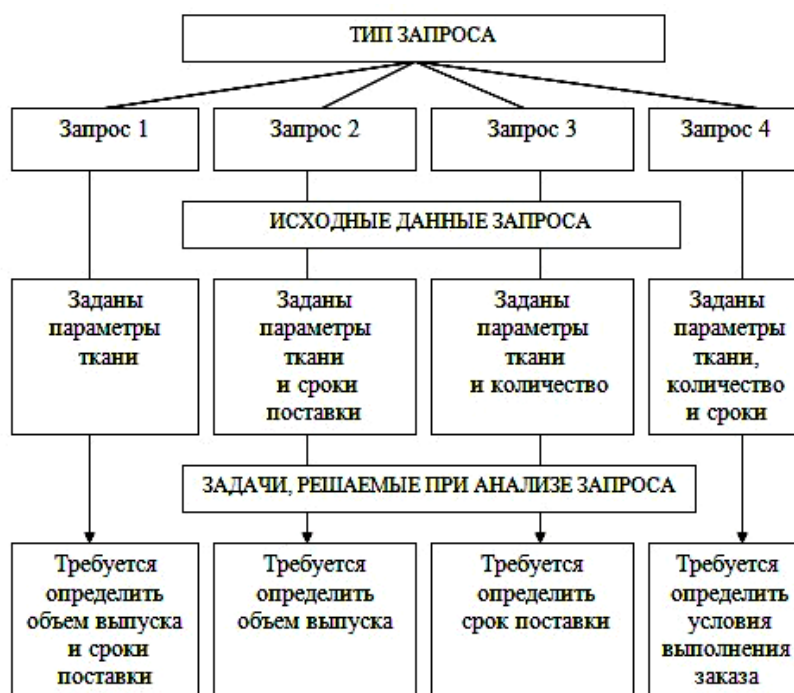


Рис. 1

Любой заказ начинается с получения текстильным предприятием запроса торговой фирмы. В запросе обязательно указываются параметры заказываемой ткани.

Условия его выполнения зависят от исходных данных запроса (рис. 1). При этом для каждого запроса предполагается решить

определенную задачу. Тем не менее, все эти задачи сводятся к следующим двум.

1. К определению цены, сроков поставки и объемов производства, которые необходимо знать заказчику для принятия решения о размещении заказа на данном предприятии.

2. К определению условий изготовления, которые необходимо знать производителю для принятия заказа к исполнению.

В связи с вышесказанным методика анализа в общем виде может быть представлена следующим блок-алгоритмом (рис. 2).

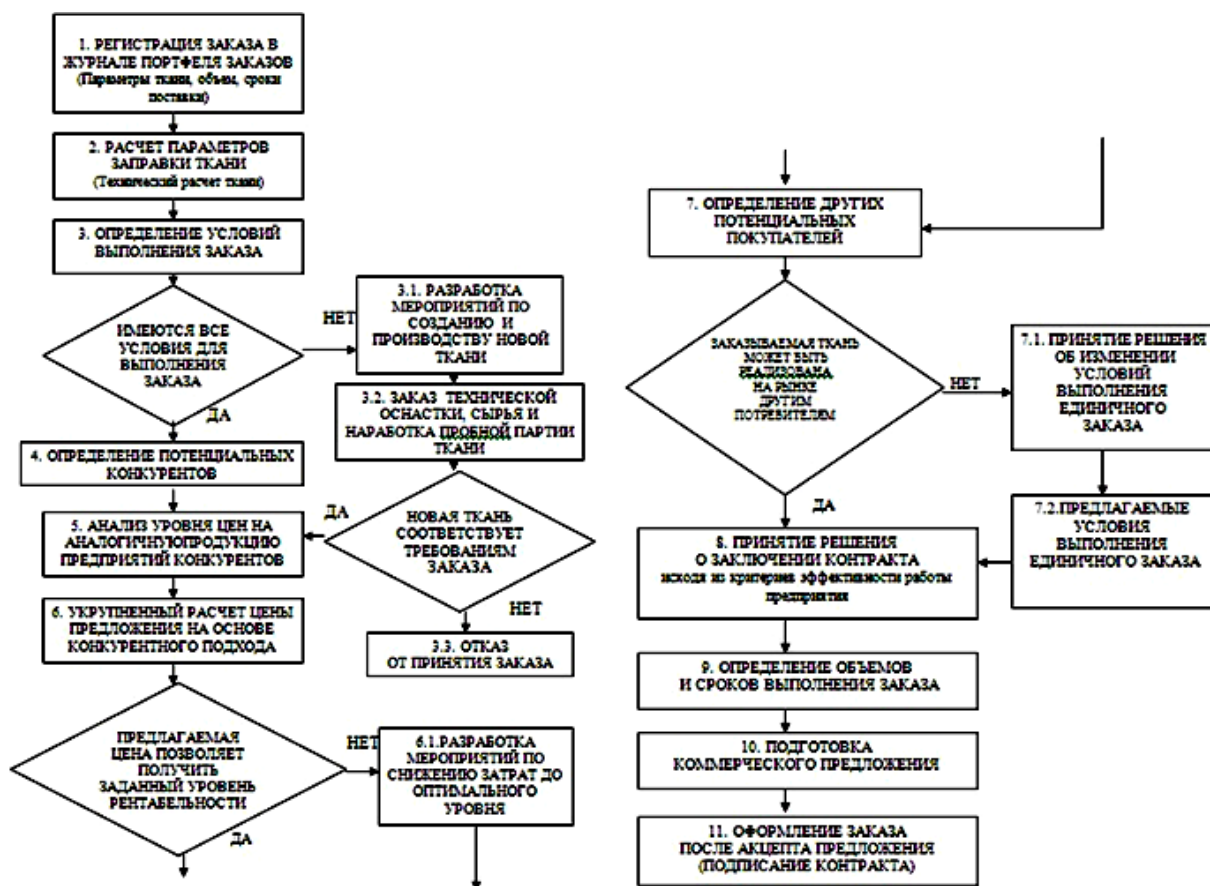


Рис. 2

Расчет параметров заправки ткани на станке (технический расчет ткани) следует проводить по любым методикам, позволяющим определить параметры заправки ткани без наработки опытных партий, в том числе и по методикам авторов статьи [1], [2].

Определение условий для выполнения заказа возможно по традиционным методикам и включает следующие действия.

1. Расчет показателей технологической подготовки производства.

2. Нормирование расхода материальных ресурсов по стадиям производства.

3. Нормирование труда по стадиям производства.

4. Разработка плана поставок ресурсов.

5. Определение сроков выполнения заказа по стадиям производства.

Определение других потенциальных покупателей важно для оценки перспективности полученного заказа и определения оптимального объема производства с целью снижения затрат на выполнение заказа. На основе этих данных принимается решение о принятии или отклонении заказа.

В заключение готовится коммерческое предложение и после его акцепта заказчи-

ком заключается контракт на выполнение заказа.

В дальнейшем методика анализа заказа текстильного предприятия будет рассмотрена на примере конкретного запроса иностранной фирмы.

ВЫВОДЫ

Предложен блок-алгоритм анализа заказа текстильного предприятия на этапе его оформления и рассмотрена последовательность действий при анализе заказа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юхин С.С., Юхина Е.А. Практика расчета параметров ткани и уработки нитей // Сб. научн. тр. по ткачеству, посвященный 100-летию со дня рождения Федора Маркиановича Розанова. – М.: МГТУ, 2006.

2. Юхина Е.А. Методика анализа заказа предприятия // Тез. докл. Всероссийск. научн.-техн. конф.: Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2007). – М.: МГТУ, 2007.

Рекомендована кафедрой экономики. Поступила 30.03.08.

УДК 339.187; 658.8

КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ*

Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, Е.Н. НИКИФОРОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Важным этапом в определении конкурентоспособности текстильного предприятия является оценка его сбытовой деятельности.

Существующие подходы [1] по оценке

сбытовой деятельности предприятия предусматривают использование приоритетных показателей (важности) факторов успеха по двум группам (кластерам), представленным в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Первая группа (кластер)	Вторая группа (кластер)
Упаковка	Конкурентоспособность цен
Качество	Оперативность
Внешний вид	Культура обслуживания
Срок реализации	Надежность и стабильность поставщика
Ассортимент	Удобство способа оплаты продукции

Однако развитие методологии проектирования конкурентоспособности текстильной продукции предполагает более достоверную оценку сбытовой деятельности предприятия.

Для комплексного решения этой проблемы – осуществления качественной и количественной оценки – предварительно, на основании [1], выявляли операции сбытовой деятельности, показанной в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Операции сбытовой деятельности	Баллы
Планирование	9
Координация	8
Контроль	7
Информационное обеспечение	7
Стимулирование	9
Итого	40

* Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых – кандидатов наук и их научных руководителей.

Качественную оценку сбытовой деятельности проводили на основе опроса экспертов (представителей текстильных предприятий), в процессе которого по 10-балльной шкале были выявлены их предпочтения и соответствующие операции [2].

Усредненные итоговые данные опроса представлены в табл. 2. Анализ этих данных показывает, что приоритет имеют операции планирования и стимулирования сбыта текстильной продукции.

Следует отметить, что качественная оценка сбытовой деятельности предприятия не решает проблемы как более точной ее оценки, так и определенных операций. Для этой цели предлагается осуществить количественную оценку с использованием интегрального подхода.

Оценим сбытовую деятельность текстильного предприятия с помощью интегрального показателя (индекса), построенного с учетом арифметического способа усреднения по выражению [3]:

$$CD = \sum_{i=1}^n (I_i) \alpha_i, \quad (1)$$

где I_i – значение i -го сводного индекса сбытовой деятельности; α_i – весомость i -го сводного индекса сбытовой деятельности с учетом условия $\sum_i \alpha_i = 1$.

На основе анализа сбытовой деятельности текстильного предприятия интегральный показатель включает в себя следующие сводные индексы:

– индекс товарооборота:

$$I_{pq} = \frac{\sum p_b q_b}{\sum p_o q_o}, \quad (2)$$

где p_b, p_o – цена единицы продукции соответственно в базисном (б) и отчетном (о) периодах; q_b, q_o – количество единиц данного вида продукции соответственно в базисном и отчетном периодах;

– индекс цен:

$$I_p = \frac{\sum p_b q_b}{\sum p_o q_b}; \quad (3)$$

– индекс физического объема продаж:

$$I_{qp} = \frac{I_{pq}}{I_p}; \quad (4)$$

– индекс эффективности маркетинга (эм):

$$I_{эм} = I_{эм}^q I_{эм}^p, \quad (5)$$

где $I_{эм}^q$ – эффективность маркетинговой политики, связанная с улучшением стратегии предприятия по продвижению продукции на рынок: $I_{эм}^q = \frac{\sum q_b p_b}{\sum q_o p_b}$; $I_{эм}^p$ – эффек-

тивность маркетинговой политики, связанная с улучшением ценовой политики предприятия: $I_{эм}^p = \frac{\sum q_b p_o}{\sum q_o p_o}$.

На примере предприятия ОАО "Красный Октябрь" (п. Каменка, Ивановская область, Вичугский район), которое производит и реализует тканые полотна, проведем анализ его сбытовой деятельности. В соответствии с данными предприятия, представленными в табл. 3, рассчитаем индексы товарооборота, цен, физического объема продаж и эффективности маркетинга.

1. Индекс товарооборота:

$$I_{pq} = 65609,31/79941,37 = 0,821.$$

2. Индекс цен:

$$I_p = 65609,31/72853,93 = 0,9.$$

3. Индекс физического объема продаж:

$$I_{qp} = 0,821/0,9 = 0,911.$$

4. Индекс эффективности маркетинга:

$$I_{эм}^q = 65609,31/67757,23 = 0,968;$$

$$I_{эм}^p = 72853,93/79941,37 = 0,911;$$

$$I_{эм} = 0,968 \cdot 0,911 = 0,822.$$

Т а б л и ц а 3

Ассортимент тканей	Плановый выпуск продукции, тыс. м	Цена 1 м ткани, руб.	Цена планового выпуска продукции, руб.
За 2006 год			
Ситец (арт. 43)	6343	7,27	46113,61
Ситец (арт. 44)	277	8,47	2346,19
Бязь (арт. 142)	25	12,21	305,25
Бязь (арт. 262)	600	18,13	10878,00
Фланель (арт. 1681)	290	14,57	4225,30
Диагональ (арт. 3080)	144	12,09	1740,96
За 2007 год			
Ситец (арт. 43)	5250	7,57	39742,50
Ситец (арт. 44)	214	8,83	1889,62
Бязь (арт. 142)	20	12,55	251,00
Бязь (арт. 262)	1180	23,27	27458,60
Фланель (арт. 1681)	160	15,08	2412,80
Диагональ (арт. 3080)	315	25,99	8186,85

Коэффициенты весомости сводных индексов, входящих в интегральный показатель, определяли экспертным методом с использованием компьютерной программы [2]. В итоге были получены следующие значения: $\alpha_{pq} - 0,147$; $\alpha_p - 0,339$; $\alpha_{qp} - 0,175$ и $\alpha_{эм} - 0,339$.

Количественную оценку сбытовой деятельности предприятия в итоге определяли по выражению (1):

$$\begin{aligned} \text{СД} &= I_{pq}\alpha_{pq} + I_p\alpha_p + I_{qp}\alpha_{qp} + I_{эм}\alpha_{эм} = \\ &= 0,821 \cdot 0,147 + 0,9 \cdot 0,339 + 0,911 \cdot 0,175 + \\ &\quad + 0,882 \cdot 0,339 = 0,883. \end{aligned}$$

Количественная оценка эффективности сбытовой деятельности является индикатором для выбора дальнейшей производственной стратегии предприятия. Если $\text{СД}=1$ (или приближается к 1), следует рассмотреть вопрос об увеличении выпуска продукции. Если же $\text{СД} \rightarrow 0$, то это свидетельствует о неблагополучии и необходимости изменения стратегии предприятия по продвижению продукции на рынок.

Полученные результаты с учетом данных табл. 3 свидетельствуют о хорошем уровне сбытовой политики на исследуемом предприятии, но в целях улучшения его торгово-сбытовой деятельности рекомендуется применение следующих допол-

нительных мероприятий: привлечение к работе специалиста в области логистики и маркетинга; улучшить внешний вид и дизайн производимой продукции; усилить рекламную деятельность; предоставить кредиты и рассрочки потребителям готовой продукции.

В Ы В О Д Ы

Для повышения точности и достоверности анализа сбытовой деятельности текстильных предприятий предложено использовать как качественную, так и количественную оценки. При этом качественная оценка основана на использовании теории интегральной оценки в отдельности по каждой операции.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Багиев Г.Л., Тарасевич В.М., Анн Х. Маркетинг. – М.: ЗАО "Издательство "Экономика", 2001.
2. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 4509 в ОФАП. Компьютерный метод экспертной оценки показателей качества тканых полотен / Д.П. Зубко, М.А. Сташева, Н.А. Грузинцева, 25.03.2005.
3. Башина О.Э., Беляевский И.К., Давченко Л.А. Статистика коммерческой деятельности. – М.: Финстатинформ, 1996.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 29.03.08.

УДК 677.057.11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТНЫХ ПОРОКОВ ТКАНЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТОВ

В.И. АГАФОНОВ, М.И. СЁМИН

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Проблема поиска местных пороков тканей в рамках современных информационных технологий подразделяется на несколько этапов.

На первом этапе с помощью элементов технического зрения наблюдатель получает изображение исследуемой ткани. В качестве примера исследовались модельные изображения реальной ткани [1].

На следующем этапе задаются критерии присутствия местного порока. Поиск "пятна" на ткани эквивалентен поиску источника излучения: при достижении уровня энергии некоторого порога T_i констатируется факт его присутствия. Сертифицированные стандарты, определяющие критерии пороков цвета и их классификацию, в настоящее время отсутствуют.

На третьем этапе согласно выбранным критериям качества изображение тканого материала подвергается математическому анализу. Непрерывно построчно сканируемое полотно ткани представляется как нестационарный сигнал. В областях изменения цвета заметны резкие повышения яркости.

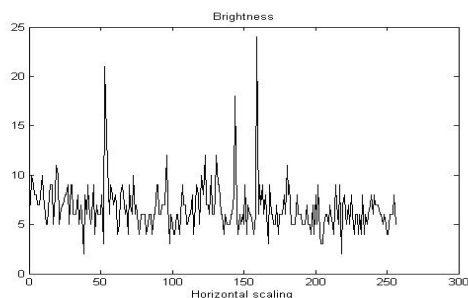


Рис. 1

На рис. 1 в качестве примера представлена зависимость функции яркости в одной из строк сканируемого изображения от поперечной координаты.

Применение методов сегментации изображений [2] предполагает очистку сигнала от "шума". Однако отсекаемая в этом случае высокочастотная составляющая сигнала несет существенные сведения о присутствии местного дефекта.

Проблема решается применением метода декомпозиции с помощью вейвлет-функций. Вейвлеты за счет свойства локальности получают существенное преимущество перед преобразованием Фурье, которое дает только глобальные сведения об исследуемом сигнале.

Вейвлет-преобразование осуществляется согласно правилу [3]:

$$W_{\psi}(a,b)f = \frac{1}{\sqrt{C_{\psi}}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx, \quad (1)$$

где $a \leq a_{\max}$ – масштаб и b – смещение анализирующего вейвлета ψ ; C_{ψ} – нормировочный множитель. Используемое непрерывное вейвлет-преобразование (1), несмотря на большие вычислительные затраты, при анализе сигналов приводит к аналитически более ясным результатам.

В задаче об определении локальных пороков окраски для серий расчетов используются только некоторые вейвлеты: вейвлеты Хаара, Добеши 4-го порядка,

“Мексиканская шляпа”, Мейера. Выбор оптимального вейвлета для решения задачи о локализации местных пороков тканей – предмет отдельного исследования.

Прямой анализ спектра одномерного сигнала $W_\psi(a,b)$ провести затруднительно, тем более осуществить автоматическое компьютерное исследование. В силу этих причин при моделировании используются энергетические характеристики вейвлет-преобразования [4].

Анализируемое изображение в системе цветности RGB представляет собой трехслойную трехмерную поверхность в пространстве координат (x–y–цвет) исследуемого образца, где $y \leq b_{\max}$ – ширина полотна. Каждый слой представляет собой набор точек красного, синего и зеленого цветов определенной яркости $f(x,y)$. Если $W_\psi^2(a,b)$ – плотность энергии цветового слоя, то полная энергия анализируемой строки с координатой y определяется как:

$$E_w(y) = \int_0^{a_{\max}} \int_0^{b_{\max}} W_\psi^2(a,b) db da. \quad (2)$$

Дефектность определяется по критерию:

$$\frac{E_w(y)}{\bar{E}_w(y)} > T_1, \quad (3)$$

где $\bar{E}_w(y) = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} E_w(y) dy$, а T_1 – энергетический порог. Область $y_{\min} \leq y \leq y_{\max}$ представляет собой часть изображения, в котором отсутствуют пороки окраски.

Таким методом при непрерывном сканировании рулона ткани находятся “дефектные строки”. На основе подобных идей в каждой дефектной строке определяются точки, в которых существует порок окраски. Предполагается, что каждая дефектная область является непрерывной. На ее границах велики градиенты функции яркости [5], а значит, вейвлет-коэффициенты $W_\psi(a,b)$ на всех масштабах испытывают резкое увеличение.

Начало и конец дефектных областей в каждой строке определяются согласно критерию:

$$\frac{W_a^2}{\bar{W}_a^2} > T_2, \quad (4)$$

$$\text{где } W_a^2 = \int_0^{a_{\max}} W_\psi^2(a,b) da, \quad \bar{W}_a^2 = \frac{\int_0^{b_{\max}} W_a^2 db}{b_{\max}}.$$

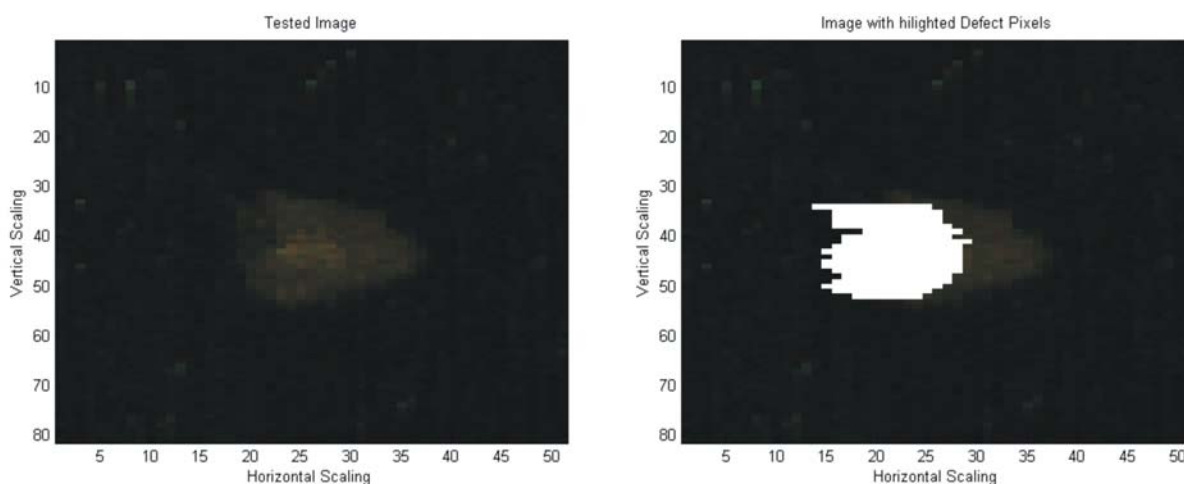


Рис. 2

При испытаниях реальных образцов тканей (рис. 2) выявилась зависимость ве-

роятности обнаружения порока окраски от контраста дефекта: флуктуации яркости

оказались сравнимы с величиной шума, что устраняется применением оптических датчиков более высокого класса [3]. На рис. 2 представлен фрагмент исследуемой ткани и результат определения местоположения локального порока. Выявленные "дефектные" точки закрашены белым цветом. Небольшой сдвиг выявленной области относительно дефекта обусловлен применявшимся в расчетах вейвлетом Добеши, имеющим ярко выраженную асимметрию.

ВЫВОДЫ

Внедрение автоматизированной системы контроля качества и разбраковки тканых полотен на основе современного математического аппарата вейвлет-технологий

позволяет повысить достоверность обнаружения местных пороков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов В.И., Сёмин М.И. Определение местных пороков тканей на базе визуальной информационной системы // Сб. научн. тр.: Современные информационные технологии. Вып. 2. – М.: РосЗИТЛП, 2006. С.61...67.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001.
4. Дьяконов В. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
5. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. – М., 2001, № 5. Т. 171. С.465...501.

Рекомендована кафедрой физики. Поступила 29.01.08.

УДК 677.017.56

ПОСТРОЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЖАРООПАСНОСТИ ДЕКОРАТИВНЫХ ТКАНЕЙ

Е.С. КИТАЕВ, С.М. КИРЮХИН

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

Целью данной работы является исследование пожароопасных характеристик декоративных тканей и совершенствование классификации их пожароопасности.

Стандартная методика определения пожароопасности декоративных тканей предусматривает определение показателей воспламеняемости, продолжительности остаточного горения и тления, обугливаемости, образования падающих горящих частиц и пробежки пламени по поверхности. По результатам испытаний по вышеперечисленным показателям материалы классифицируются по двум группам: легковоспламеняемые или трудновоспламеняемые [1]. Такая классификация является малоинформативной и не учитывает значимости показателей пожароопасности.

Среди многообразия показателей пожароопасности веществ и материалов были выбраны показатели, в той или иной степени применимые к текстильным изделиям [2]. Это воспламеняемость, температура самовоспламенения, продолжительность остаточного горения и тления, обугливаемость, образование падающих горящих частиц, пробежка пламени по поверхности, токсичность продуктов горения, кислородный индекс, индекс распространения пламени, коэффициент дымообразования и теплота сгорания.

По результатам экспертного опроса среди специалистов были выделены определяющие показатели пожароопасности, применимые для декоративных тканей, и их коэффициенты значимости (рис. 1).

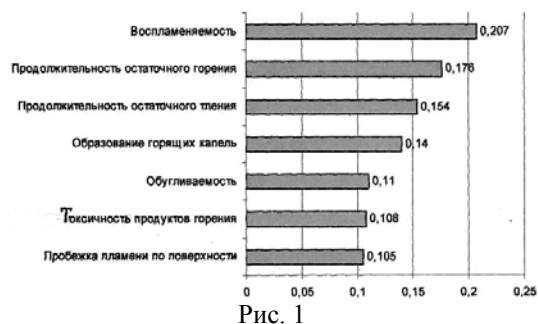


Рис. 1

В качестве объектов исследования были выбраны три образца декоративных мебельных тканей, характеристики которых приведены в табл. 1

Т а б л и ц а 1

Характеристики тканей	Номер образца		
	1	2	3
Сырьевой состав	50% ПЭ 50% АКР	50% ПЭ 40% АКР 10% Х/Б	84% ВИС 16% ПЭ
Поверхностная плотность, г/м ²	548	444	895
Толщина, мм	1,29	1,42	2,49

Испытания тканей осуществлялись стандартными методами [3].

Вначале проводилось воздействие малокалорийными источниками зажигания, в том числе и сигаретами, при этом ни на одном образце не произошло воспламенения. Обугливаемость тканей находилась в пределах допустимых значений. В дальнейшем ткани были подвержены воздействию газовой горелки. Несмотря на то, что выбранные образцы имеют высокую плотность, время воспламенения составило до 5 с, что объясняется, главным образом, отсутствием огнезащитной обработки.

Все образцы горели достаточно интенсивно и быстро прогорали до кромок. Основное отличие тканей наблюдалось по показателю времени остаточного горения, которое варьировалось от 15 до 30 с.. Более плотные образцы горели медленней.

Для определения уровня пожароопасности декоративных мебельных тканей по результатам испытаний была предложена новая классификация из пяти групп. Для каждой группы определены требования к возможности проявления показателя, либо его численному значению.

В группу А вошли материалы с самой высокой пожароопасностью, которые могут воспламениться не только от открытого огня, но и от сигарет. Такие материалы будут способствовать быстрому распространению пожара за счет интенсивного горения и распространения пламени посредством падающих горящих частиц, обугливающих при разрушении материала в процессе горения.

В группы В и С входит большая часть существующих на сегодняшний день декоративных тканей, так как они не воспламеняются от сигарет и не образуют в процессе горения отпадающих горящих частиц. Однако они тоже быстро воспламеняются.

Группы D и E включают самые безопасные материалы, которые будут максимально препятствовать возникновению и распространению пожара. Именно такие декоративные ткани позволят существенно повысить пожарную безопасность. Показатели классификации пожароопасности декоративных тканей приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Группа	Значения показателей пожароопасности тканей				
	Воспламенение от малокалорийного источника зажигания	Время воспламенения при воздействии горелкой, с	Время остановки горения или тления при воздействии горелкой, с	Обугливаемость при воздействии горелкой, мм	Возгорание от падающих частей при воздействии горелкой
А	+	+	+	+	+
В	—	+	+	+	—
С	—	<5	<5	<100	—
D	—	<15	<5	<100	—
E	—	>15	<120	<100	—

П р и м е ч а н и е. «+» — означает проявление данного показателя; «—» — проявление данного показателя недопустимо.

По разработанной классификации образец ткани 1 был отнесен к группе А, а образцы тканей 2 и 3 отнесены к группе В. Из трех образцов самым безопасным является ткань 3, что объясняется большей поверхностной плотностью. Следует отметить, что при классификации по стандартной методике все три образца ткани были бы отнесены к группе легковоспламеняемых тканей.

ВЫВОДЫ

Предложена новая и более информативная классификация пожароопасности декоративных тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 50810–95. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация.
2. ГОСТ 12.1.044–89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. НПБ 257–2002. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкая мебель. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 29.01.08.

УДК 677.01:510.22

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАНЖИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.Д. ВАСИЛЬЕВА, Е.В. ДЕРБИШЕР, В.Е. ДЕРБИШЕР

(Волгоградский государственный технический университет)

С целью повышения объективности экспертного заключения по ранжированию показателей качества текстильных материалов и, используя наработки в области приложений теории нечетких множеств [1], представляется целесообразным применить на этапе обработки экспертной информации аппарат нечетких множеств [2].

Рассмотрим результаты опроса двенадцати специалистов в области получения текстильных и композиционных материалов на текстильной основе на предмет формирования перечня требуемых показателей свойств к текстильным основам компози-

ционных материалов и ранжирования этих показателей по значимости. Полученные данные представлены в табл. 1.

От экспертов требовалось поставить напротив каждого показателя качества текстильных материалов его значимость в виде баллов от 0 до 9; при этом, чем меньше количество баллов, тем меньше значимость.

Как видно из табл. 1, мнения экспертов отличаются и носят в ряде случаев противоречивый и несколько расплывчатый характер.

Таблица 1

№ экспер- та	Показатели свойств текстильных основ композиционных материалов									
	поверх- ностная плот- ность, x_1	толщина, x_2	порис- тость, x_3	разрыв- ная на- грузка, x_4	разрыв- ное уд- линение, x_5	разди- рающая нагрузка, x_6	устойчи- вость к истира- нию, x_7	усадка, x_8	воздухо- проницае- мость, x_9	гигроско- пич- ность, x_{10}
1	6	0	5	9	8	7	1	4	2	3
2	9	3	4	8	6	7	0	5	1	2
3	9	2	3	7	8	9	0	5	1	6
4	5	7	6	9	8	4	3	2	0	1
5	7	5	4	8...9	8...9	6	1	3	1	2
6	6	5	4	9	8	7	2	3	1	3
7	6	4	5	8	7	8	0	3	2	1
8	8	3	4	9	7	4	3	6	3	5
9	9	4...5	4...5	7	8	6	0	2...3	1	2...3
10	8	5	6	9	7	7	1	3...4	2	3...4
11	6...7	4	3	9	8	6...7	1	5	0	2
12	9	3	5	6	8	7	2	4	1	3

Формализация мнений экспертов осуществлялась путем подсчета частоты появления v_{ij} балла i для каждого показате-

ля x_j , результаты которого приведены в табл. 2.

Таблица 2

Мнение (баллы), i	v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	v_{i4}	v_{i5}	v_{i6}	v_{i7}	v_{i8}	v_{i9}	v_{i10}
0	0	1	0	0	0	0	4	0	2	0
1	0	0	0	0	0	0	4	0	6	2
2	0	1	0	0	0	0	2	2	3	4
3	0	3	2	0	0	0	2	5	1	4
4	0	3	5	0	0	2	0	3	0	1
5	1	4	4	0	0	0	0	3	0	1
6	4	0	2	1	1	3	0	1	0	1
7	2	1	0	2	3	6	0	0	0	0
8	2	0	0	3	8	1	0	0	0	0
9	4	0	0	7	1	1	0	0	0	0
$\sum_{j=1}^m v_{ij}$	13	13	13	13	13	13	12	14	12	13

Для каждого x_j строим нечеткие множества общего вида:

$$\hat{Q}_j = \{i | \mu_{ij}(x_j)\} \Big|_{i=\overline{0,n}}, \quad (1)$$

где $\mu_j(x_j)$ – функция принадлежности.

В нашем случае функция принадлежности равна:

$$\mu_{ij}(x_j) = \frac{v_{ij}}{\sum_{j=1}^m v_{ij}}. \quad (2)$$

Функция принадлежности нормирована таким образом, что является также и оценкой вероятности присвоения балла i параметру x_j .

Построенные нечеткие множества для показателей $x_1 \dots x_{10}$ имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \hat{Q}_1 &= \{(5 | 0,077), (6 | 0,308), (7 | 0,154), (8 | 0,154), (9 | 0,308)\}; \\ &\dots\dots\dots \\ \hat{Q}_{10} &= \{(1 | 0,154), (2 | 0,308), (3 | 0,308), (4 | 0,077), (5 | 0,077), (6 | 0,077)\}. \end{aligned}$$

Определим параметр с наибольшим весом. Очевидно, что таковым является тот, для которого в соответствующем нечетком множестве наибольшее значение принимает математическое ожидание M_j :

$$M_j = \sum_{x \in \text{supp} \hat{Q}_j} x \mu_j(x). \quad (3)$$

Результаты расчета M_j представлены в табл. 3 – ранжирование показателей свойств текстильных основ.

Т а б л и ц а 3

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_j	2,772	3,850	4,466	8,230	7,692	6,545	1,168	3,709	1,249	2,849
β_j	0,554	0,047	0,038	1,000	0,345	0,239	0	0,038	0	0,044
α_j	0,240	0,020	0,016	0,439	0,150	0,104	0	0,016	0	0,019

Параметру с наибольшим значением M_j ($M_4 = 8,615$) присвоим для определенности $\beta_4 = 1$. Рассчитаем β_j ($\beta_j \leq 1$) для

всех остальных параметров путем сравнения нечетких множеств $\hat{Q}_j$ с $\hat{Q}_4$, приняв:

$$\beta_j = s_j = S(\hat{Q}_j, \hat{Q}_4) = \frac{\hat{Q}_j \cap \hat{Q}_4}{\hat{Q}_j \cup \hat{Q}_4}, \quad j = \overline{1, m}, \quad j \neq 4, \quad (4)$$

где s_j – индекс сходства нечетких множеств; $\hat{Q}_j \cap \hat{Q}_4$ – пересечение нечетких множеств; $\hat{Q}_j \cup \hat{Q}_4$ – объединение нечетких множеств.

Обозначив $\hat{A} = \hat{Q}_j, \hat{B} = \hat{Q}_4$, поясним:

$$\hat{A} \cap \hat{B} = \{(x | \min(\mu_A(x), \mu_B(x)))\}, \quad (5)$$

$$\hat{A} \cup \hat{B} = \{(x | \max(\mu_A(x), \mu_B(x)))\}. \quad (6)$$

Окончательные веса α_j , ранжирующие показатели свойств текстильных основ по их значимости, рассчитываются исходя из следующего соотношения:

$$\alpha_j = \frac{\beta_j}{\sum_{j=1}^m \beta_j}. \quad (7)$$

Результаты расчетов β_j и α_j также приведены в табл. 3.

В данном случае оказалось, что из всего перечня представленных показателей

текстильных основ наиболее значимыми для их использования в составе композиционных материалов явились прочностные характеристики, поверхностная плотность.

В Ы В О Д Ы

Достоинством рассмотренного метода обработки экспертных данных является то, что, несмотря на мнения экспертов, поставивших ненулевые баллы, метод позволяет выставить нулевую оценку и признать параметр несущественным.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гермашев И.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С.7...10.

2. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Марков Е.П. Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств. – М.: Наука, 1986.

Рекомендована кафедрой технологии высокомолекулярных и волокнистых материалов. Поступила 23.11.06.

ОЦЕНКА ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ДЛЯ ДОМАШНЕГО ТЕКСТИЛЯ

М.А. СТАШЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В настоящее время отечественные текстильные предприятия испытывают жесткую конкуренцию с иностранными производителями. Залогом успешной конкурентной борьбы является удовлетворение потребительских предпочтений. По отношению к текстильной продукции, в частности, к тканям для домашнего текстиля, наиболее важными (значимыми) из потребительских свойств являются эстетические свойства. В связи с этим производители вынуждены постоянно обновлять художественно-колористическое оформление тканей в соответствии с тенденциями моды. Следовательно, возникает необходимость проверки реакции потребителей на изменение эстетических свойств текстильной продукции. Ткани для домашнего текстиля имеют значительный удельный вес в выпуске текстильных товаров, и поэтому задачу разработки методики потребительской оценки эстетических свойств тканей для домашнего текстиля можно считать актуальной.

Методика оценки эстетических свойств тканей для домашнего текстиля базируется на системе предпочтительности и приемлемости, основанной на определении степени желательности одного или нескольких образцов, выбранных из ряда представленных для оценки, с помощью гедонических шкал. Гедоническая шкала (от греч. hedone – наслаждение) отражает уровень приемлемости и предпочтения в пределах "нравится – не нравится".

Наиболее удобными для потребителей являются простые гедонические шкалы: словесная, или шкала лиц, в которых требуется сделать соответствующие отметки в зависимости от их мнений относительно оцениваемых образцов. Рекомендуются использовать шкалы с нечетным числом уровней качества (3, 5, 7 или 9). Большее

количество уровней нерационально, так как, во-первых, возможности потребителя ограничиваются различением 6...10 ступеней качества, во-вторых, появляются "мертвые зоны", с которыми оценщики не работают.

Обработка результатов заключается в следующем: самому высокому уровню желательности присваивается максимальное количество баллов, равное числу ступеней качества, самому низкому уровню желательности – единица. Далее рассчитывается коэффициент нежелательности как отношение нежелательных оценок по каждому образцу к общему количеству оценок. Наряду с оценкой степени нежелательности товаров можно провести статистическую обработку данных путем анализа разногласий.

При оценке потребительских предпочтений по художественно-колористическому оформлению тканей для домашнего текстиля было опрошено 60 человек, не являющихся специалистами в области текстильной промышленности (то есть, "рядовые потребители"). Оценщикам были представлены закодированные образцы рисунков бельевых хлопчатобумажных тканей (ситцев и бязей), выпускаемых различными текстильными предприятиями Ивановской области.

Потребителям была поставлена задача – оценить каждый рисунок с помощью гедонической шкалы в пяти категориях: рисунок очень желателен, желателен, нейтрален, скорее нежелателен, совершенно нежелателен. Оценщикам предлагалась карта, в которой они должны были проставить любой знак напротив степени желательности того или иного образца. Следует отметить, что для исключения эффекта масштабности, потребителям были представлены не только образцы тканей, но и

фотографии готовых изделий домашнего текстиля (комплекты постельного белья).

Результаты опроса представлены в табл. 1.

Таблица 1

Код рисунка	Тип рисунка	Цветовые характеристики	Масштаб рисунка	Количество оценок					Количество желательных оценок	Количество нежелательных оценок	Коэффициент желательности	Коэффициент нежелательности
				очень желательно	желательно	нейтрально	нежелательно	очень нежелательно				
146	д	г+ж; св	к	25	25	-	5	5	50	10	0,83	0,17
260	гм	кч; св	ср	30	10	10	5	5	50	10	0,83	0,17
364	д	с+кр; я	к	-	-	-	20	40	-	60	0	1
378	г	с+кч; св	ср	30	10	15	5	-	55	5	0,92	0,08
410	с-т	с+кч	к	25	-	10	15	10	35	25	0,58	0,42
417	д	с+з	к	20	10	5	5	20	35	25	0,58	0,42
468	а	с; я	ср	20	5	5	20	10	30	30	0,5	0,5
475	а	бр	м	20	5	5	5	20	30	30	0,5	0,5
479	с-т	с	к	30	5	10	5	10	45	15	0,75	0,25
481	р+а	б+кр	к	10	5	15	-	30	30	30	0,5	0,5
483	гм	с; т	ср	10	10	20	-	20	40	20	0,67	0,33
486	р	кр+бж; св	ср	20	5	10	10	15	35	25	0,58	0,42
493	р+гм	с+бж; св	ср	5	15	20	-	20	40	20	0,67	0,33
497	р+гм	з+г+ж; св	ср	10	25	15	5	5	50	10	0,83	0,17
523	р+гм	с+ж	к	25	-	10	5	20	35	25	0,58	0,42
529	р	з+ж; св	ср	10	20	20	10	-	50	10	0,83	0,17
530	р	г+ж; св	ср	15	30	10	5	-	55	5	0,92	0,08
536	р	ж; св	м	-	15	25	-	20	40	20	0,67	0,33
558	гм	кч; св	ср	20	-	15	15	10	35	25	0,58	0,42
579	а	кр+с; я	ср	5	-	-	-	55	5	55	0,08	0,92
603	р	ж+кч; св	ср	10	15	10	10	15	35	25	0,58	0,42
604	с-т	с+кр+ж; я	к	10	10	-	15	25	20	40	0,33	0,67
608	с-т	с+кч; св	ср	25	15	5	-	15	45	15	0,75	0,25
625	д	с; св	м	5	20	15	5	15	40	20	0,67	0,33
613	с-т	с; т	ср	5	15	20	-	20	40	20	0,67	0,33
619	гм	кр+кч; т	ср	15	5	10	10	20	30	30	0,5	0,5
644	р	з+ж; св	к	10	15	10	15	10	35	25	0,58	0,42
667	д	ж; св	ср	10	20	10	5	15	40	20	0,67	0,33
688	а	с+кч; т	ср	10	25	10	10	5	45	15	0,75	0,25
690	с-т	кч; т	к	10	5	10	5	30	25	35	0,42	0,58
716	р+гм	г+рз; св	ср	25	10	10	5	10	45	15	0,75	0,25
726	с-т	кч+з; я	к	5	-	15	5	35	20	40	0,33	0,67
746	г	кр+о; я	ср	5	5	10	-	40	20	40	0,33	0,67
761	р	с+г; св	ср	35	10	5	5	5	50	10	0,83	0,17
762	д	рз; св	м	25	10	10	-	15	45	15	0,75	0,25
764	а	ф; т	к	10	-	-	-	50	10	50	0,17	0,83
765	а	г; св	м	30	20	-	-	10	50	10	0,83	0,17
766	а	рз;я	м	15	5	-	35	20	20	40	0,33	0,67
767	р	бж+рз; св	ср	20	-	5	5	30	25	35	0,42	0,58

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: д – детский тип рисунка, гм – геометрический, с-т – сюжетно-тематический, а – абстрактный, р – растительный; г – голубой, ж – желтый, кч – коричневый, кр – красный, с – синий, бр – бордо, б – белый, бж – бежевый, з – зеленый, рз – розовый, о – оранжевый, ф – фиолетовый; св – светлый, т – темный, я – яркий; к – крупный, ср – средний, м – мелкий.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что наименьшую желательность (коэффициент нежелательности

более 0,6) получили разновидности рисунков 364, 579, 604, 726, 746, 764 и 766, имеющие слишком яркое сочетание цве-

тов, очень крупный масштаб рисунка, а также абстрактный тип рисунка. При анализе рисунков, получивших высокий коэффициент желательности (более 0,8), можно заметить, что это геометрические или растительные орнаменты среднего масштаба, чаще синих, голубых и желтых оттенков (рисунки 146, 260, 378, 497, 529, 530, 761 и 765).

По результатам проведенных исследований разработаны рекомендации предприятиям-изготовителям, предполагающие сократить выпуск рисунков, имеющих очень темную или очень яркую цветовую гамму и крупный раппорт рисунка, и расширить выпуск рисунков растительного и геометрического орнаментов среднего масштаба светлых оттенков, которые в

большей степени соответствуют потребительским предпочтениям.

ВЫВОДЫ

Предложена методика потребительской оценки эстетических свойств тканей для домашнего текстиля, обладающая простотой и доступностью и позволяющая скорректировать ассортимент выпускаемой продукции с покупательским спросом в отношении художественно-колористического оформления тканей.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 16.02.08.

УДК 677.014.57

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. ШЕРОМОВА, Г.П. СТАРКОВА, А.С. ЖЕЛЕЗНЯКОВ

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ)

В работе рассматривается методика и результаты исследований статического деформирования волокнистых материалов методом конечных элементов (МКЭ). Такой подход позволяет в ряде случаев отказаться от длительных и дорогостоящих экспериментов и посредством моделирования процессов получить недостающие данные для проектирования исполнительных механизмов машин и параметров технологических операций.

В общем случае МКЭ позволяет решить следующую систему линейных уравнений:

$$P = K\Delta, \quad (1)$$

где P – система приложенных сил; K , Δ – соответственно матрицы жесткости и перемещений исследуемого объекта.

Объединенная запись матричного уравнения для трехмерного объекта, когда третий линейный параметр принят равным "1", имеет вид:

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \dots p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} \dots p_{2n} \\ \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} \dots p_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \dots k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} \dots k_{2n} \\ \dots & \dots \\ k_{m1} & k_{m2} \dots k_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \dots \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \dots \delta_{2n} \\ \dots & \dots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} \dots \delta_{mn} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Решение матричного уравнения (2) проводится известными программными

средствами (COSMOS/ M; ANSYS; ALGOR и др.).

Для решения системы уравнений (2) в общем случае необходимы численные значения модуля упругости объекта E , условного коэффициента Пуассона (или поперечного сокращения $-\mu$) и предела пропорциональности σ_n , что должно быть, вследствие отсутствия для текстильных материалов достаточной информации, получено экспериментальным путем.

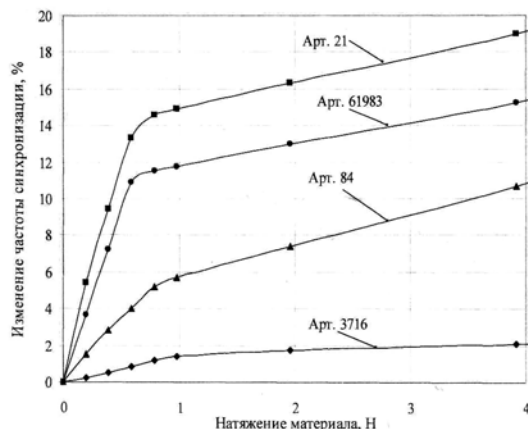


Рис. 1

Для апробации методики и исследования возможностей использования МКЭ при прогнозировании НДС материалов воспользуемся известными экспериментальными данными [1]. Кривые деформации материалов (рис. 1 – экспериментальная зависимость $\varepsilon = f(T)$) в области двух зон I и II действующих сил могут быть аппроксимированы соответственно функциями вида:

$$\varepsilon_{1,2} = a_{1,2} T_1,$$

где $\varepsilon_{1,2}$ – относительная деформация материала, %; T_1 – сила натяжения, Н; $a_{1,2}$ – коэффициенты, определяющие наклон графиков деформаций для I-й и II-й зон нагружения.

Допустим, что условный модуль упругости материала E в зонах рассматриваемых деформаций определяется известным выражением

$$E = \frac{T_1 \ell}{\Delta \ell F}, \quad (3)$$

где ℓ и $\Delta \ell$ – соответственно первоначальная длина, м; $\Delta \ell$ – удлинение, м.

С учетом того, что

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell} 100\%,$$

выражение (2) приведем к виду

$$E = \frac{T_1}{\varepsilon_1 F} 100\%.$$

Но так как

$$a_{1,2} = \frac{\varepsilon_{1,2}}{T_1},$$

то

$$E = \frac{1}{a_{1,2} F} 100\%. \quad (4)$$

Для I-й зоны деформаций разных артикулов материалов значения a_1 и площади их поперечных сечений F представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Артикул ткани	3716	61983	84	21
a_1	1,246	18,563	7,199	24,776
$A \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2$	42	72	42	60

Согласно данным табл. 1 и выражению (4) условные модули упругости (быстрого процесса [2]) для рассматриваемых артикулов будут соответственно равны:

$$E_{3716} = 1,911 \text{ МПа}; E_{61983} = 0,075 \text{ МПа}; \\ E_{84} = 0,331 \text{ МПа}; E_{21} = 0,067 \text{ МПа}.$$

На рис. 1 выделены две зоны деформации, изменяющиеся в исследуемом диапазоне нагружения T_1 по линейным законам. Границы между зонами определяются пределами условной упругости материалов.

$$\sigma_{n3716} = 0,0233 \text{ МПа}; \sigma_{n61983} = 0,0082 \text{ МПа}; \\ \sigma_{n84} = 0,0187 \text{ МПа}; \sigma_{n21} = 0,0098 \text{ МПа}.$$

В качестве примера проведем МКЭ исследования НДС материала арт. 84 (трико-

тажная группа материалов), движущегося по горизонтальной поверхности разбраковочного экрана 1 контрольно-мерильной машины и взаимодействующего с мерительным роликом 2 (рис. 2 – схема действия сил).

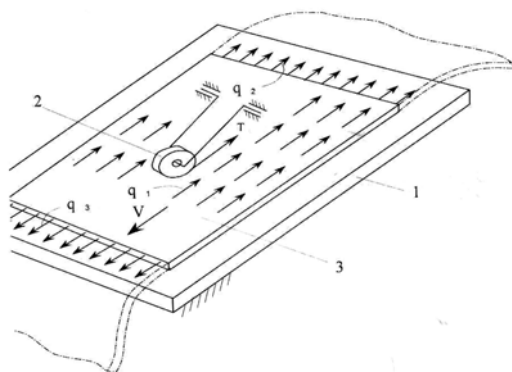


Рис. 2

На материал действуют следующие виды нагружения: сосредоточенная сила T , состоящая из силы трения материала по столу от веса ролика и его трения качения в опорах, нагрузка на единицу площади материала от сил трения по столу q_1 , погонные нагрузки от натяжения при размотке q_2 и от привода движения материала q_3 .

Согласно предварительным расчетам

$T = 0,227 \text{ Н}$; $q_1 = 5,75 \text{ Па}$; $q_2 = 3,91 \text{ Н/м}$; $q_3 = 6,39 \text{ Н/м}$.

Принятые значения являются составляющими вектора сил P матричного уравнения (1). Расчет НДС материала проводился по схеме трехмерного твердотельного проектирования с использованием модуля FEA Calculation 3D.

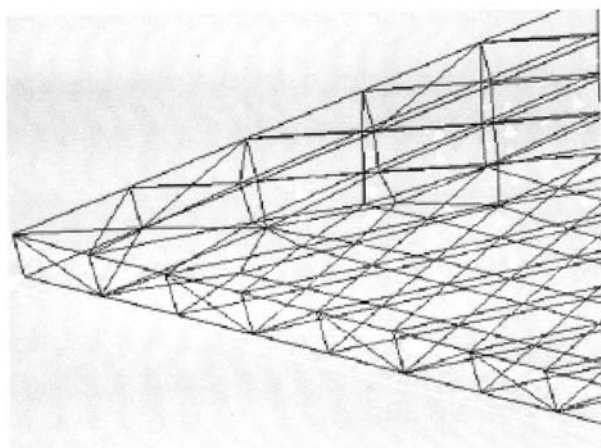


Рис. 3

Согласно процедуре моделирования после проверки степеней свободы и состояния равновесия по рассматриваемым нагрузкам запускается опция генерации сетки конечных элементов (рис. 3 – схема разбиения объекта на конечные элементы). Далее определяется количество элементов и узлов сетки, строится и решается система уравнений относительно искомых параметров.

Результаты моделирования представлены на рис. 4 в виде диаграммы перемещений (деформаций) материала, которая отражает степень неравномерности их рас-



Рис. 4

пределения. При этом наиболее рельефно выделена локальная зона НДС материала, создаваемая его контактом с мерительным роликом 2 (рис. 2).

Результаты моделирования НДС материалов могут быть представлены как в виде минимаксных значений, так и в виде полного листинга значений напряжений и перемещений во всех узлах генерируемой сетки (в данном случае 15385 узлов).

Количество узлов определяется выбором размера конечного элемента. Полученные расчетные перемещения (деформации) являются одной из составляющих ча-

стных погрешностей измерения длины материала, что может быть учтено на стадии проектирования измерительного оборудования и оценки точности воспроизведения заданных функций.

В рассмотренном примере по результатам расчета МКЭ (только для рассматриваемой первой области деформаций) получено перемещение узлов конечных элементов объекта по оси X, равное 1,004 мм, что соответствует 0,2% вносимой погрешности при измерении длины материала.

ВЫВОДЫ

Предложена методика исследования напряженно-деформируемого состояния волокнистых материалов с использованием МКЭ, которая позволяет сократить процедуры поиска рациональных технологических и технических решений, обеспе-

чить требуемую точность воспроизведения заданных функций, прогнозировать режимы работы аппаратных средств и вносить необходимые коррективы в конструктивно-технологические параметры вновь создаваемого технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железняков А.С., Старкова Г.П., Веретено В.А. Процессы и технические средства подготовки материалов к раскрою в производстве одежды. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002.
2. Никитин А.А. и др. Исследование свойств пакетов обувных материалов при многоосном растяжении // Кожевенно-обувная промышленность. – 2003, №5. С. 38...40.

Рекомендована кафедрой сервиса и моды ВГУЭС. Поступила 01.04.08.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСТРИЯ ИГЛ ИГОЛЬЧАТОЙ ГАРНИТУРЫ С ВОЛОКНОМ ПРИ КОТЕНИЗАЦИИ*

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, С.Н. ВИХАРЕВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Важнейшими процессами при котенизации короткоштапельного льняного волокна являются штапельирование, очистка и утонение (дробление, расщепление комплексов). Очистка, утонение и частичное укорочение льняного волокна в большинстве известных технологических линий происходят параллельно, в специальных устройствах, иногда называемых котенизаторами. Котенизаторы, как правило, включают в себя питающее устройство, состоящее из столика и прижатого к нему валика, и рабочий барабан с пильчатой или игольчатой гарнитурой [1], [2]. Котенизация происходит за счет протрепывания зажатой бородки волокна рабочим барабаном.

Расщепление комплексов льняного волокна при котенизации происходит по следующим основным причинам:

– взаимодействие острия игл с волокном и принудительное механическое рас-

щепление комплексов;

– расщепление комплексов под действием различных видов деформаций (изгиба, сдвига, кручения) и напряжений, возникающих в слоях волокон.

Анализируя типы гарнитуры, применяемой при котенизации, можно с определенностью сказать, что и пильчатая лента, и кардолента взаимодействуют с перерабатываемым волокном чаще всего передними гранями, выполняя задачи расщепления волокнистых комплексов, их параллелизацию, очистку от сорных примесей и разряжение потока.

На наш взгляд, из поля зрения исследователей практически выпал такой важный процесс, наблюдающийся при расщеплении комплексов льняного волокна, как накалывание иглами льняных комплексов и воздействие на них активными боковыми кромками игл или зубьев.

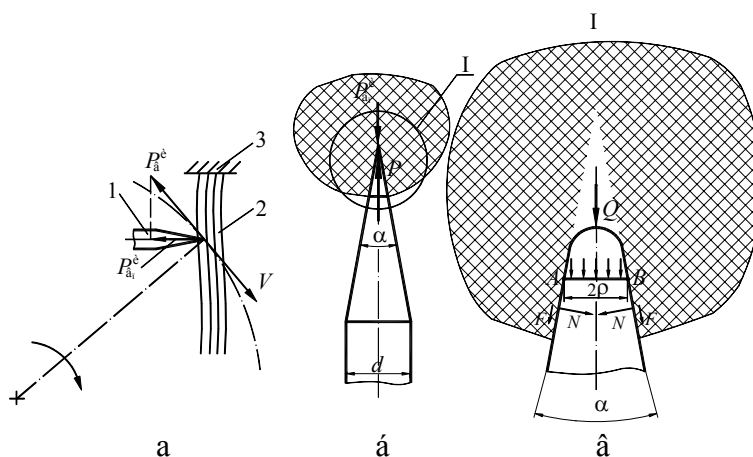


Рис. 1

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-502.2007.8.

Рассмотрим взаимодействие острия иглы с волокнистым материалом с позиции обеспечения наилучших условий для расщепления комплексов. На рис. 1 показана схема взаимодействия острия иглы 1 с волокном 2, зажатым в приспособлении 3. Будем рассматривать форму иглы цилиндрической с диаметром стержня d и острием конической формы с углом заострения α и считать, что игла взаимодействует с каким-то волокнистым комплексом I (рис. 1-б). Со стороны волокна на иглу будут действовать проекция силы инерции на ось иглы $P_{в}^и$, а со стороны иглы ей будет противодействовать сила P (рис. 1-б).

Рассматривая непосредственно силы, противодействующие проникновению иглы в комплекс, можно видеть картину, представленную на рис. 1-в, где Q – сила сопротивления внедрению острия иглы в волокнистый комплекс; N – реакция на боковую поверхность острия; F – сила трения.

Спроектировав силы на ось иглы, согласно схеме на рис. 1-а,б получим:

$$P = P_{вн}^и. \quad (1)$$

А согласно рис. 1-в будем иметь

$$P = Q + N \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2} \right), \quad (2)$$

где $P_{вн}^и$ – сила инерции взаимодействия частиц волокна с иглой в начальный момент; μ – коэффициент трения иглы о волокно; P – сила со стороны иглы.

Проанализируем слагаемые правой части уравнения (2).

Сила сопротивления внедрению острия иглы в материал зависит от предела прочности материала σ_b (в нашем случае волокнистого комплекса), и величины притупленности лезвия острия 2ρ .

Величину этого усилия можно выразить следующей зависимостью:

$$Q = \sigma_b \pi \rho^2, \quad (3)$$

где σ_b – предел прочности материала; ρ – радиус площадки, характеризующий притупленность острия иглы (сечение АВ, рис. 1-в).

Следует отметить, что чем меньше величина Q , тем при меньших значениях сил инерции со стороны частицы волокна происходит накалывание льняного комплекса.

Второе слагаемое выражения (2) характеризует сопротивление погружения острия иглы в материал – оно зависит от угла заточки иглы α , от плотности и жесткости материала. Учитывая, что льняное волокно уже прошло механическую обработку на предыдущих переходах (мятье и трепание), усилие по раздвиганию элементарных волокон будет значительно меньше, чем например, при погружении острия в такие материалы, как резина, плотные ткани. Больше всего это усилие зависит от угла заострения, угла α .

Согласно нашей предварительной оценке весовая доля второго слагаемого не превышает 15...20% от величины сопротивления внедрению острия иглы Q .

В связи с этим возвратимся к выражениям (2) и (3).

Величина притупленности острия иглы для осуществления процесса котонизации играет существенную роль. Выражение (2) с учетом вышесказанного можно переписать в следующем виде:

$$P_{вн}^и = P = bQ = b\sigma_b \pi \rho^2, \quad (4)$$

где b – коэффициент, учитывающий влияние угла заточки иглы ($b=1,1$ при $\alpha < 10^\circ$ и $b=1,2$ при $10^\circ < \alpha < 20^\circ$).

Для определения допустимой величины притупленности острия иглы следует оценить величину силы инерции частицы волокна при соударении с иглой.

Воспользуемся для этого выражением колебания массы частицы волокна под действием импульса мгновенной силы [2], [3]:

$$z = \frac{S_0}{mk} \sin kt = \frac{V}{k} \sin kt, \quad (5)$$

где V – скорость иглы; k – круговая частота собственных колебаний частицы волокна, $k = \sqrt{\frac{c}{m}}$; c – жесткость пучка волокон; m – масса частицы.

Дважды продифференцируем это выражение и получим значение ускорения при взаимодействии:

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -Vk \sin kt. \quad (6)$$

Тогда сила инерции частицы волокна будет:

$$P_B^i = -m \frac{d^2z}{dt^2} = mVk \sin kt = V\sqrt{cm} \sin kt. \quad (7)$$

Максимальное ее значение при $\sin kt = 1$:

$$P_{B_{\max}}^i = V\sqrt{cm}. \quad (8)$$

Из выражения (4) с учетом (8) получим

$$\rho = \sqrt{\frac{P_{B_{\max}}^i}{\sigma_b \pi b}} = \sqrt{\frac{V\sqrt{cm}}{\pi b \sigma_b}}. \quad (9)$$

Так, например, если $V=10$ м/с; $c=10$ Н/м; $m=0,0000001$ кг; $b=1,2$; $\sigma_b=20$ МПа, то мы будем иметь $\rho \approx 0,011$ мм. Это 11 мкм,

что сравнимо с диаметром элементарного волокна в комплексе ($d_{cp}=20$ мкм).

Таким образом, для того, чтобы происходило накалывание комплекса на иглу и его последующее разрушение необходимо, чтобы острие иглы имело радиус заточки менее 10 мкм. Это означает, что при использовании игл с большим радиусом острия разрушение комплексов будет происходить без проникновения острия иглы в технический комплекс.

Для интенсификации процесса разрушения комплексов необходимо использовать явление накалывания. С этой целью заточке игл котонизирующих устройств следует уделять большее внимание, обеспечивая меньший радиус (менее 10 мкм) острия иглы, а при эксплуатации следует обеспечить периодическую замену игольчатых планок на рабочем органе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. – М., 2004.
2. Корабельников А.Р. Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.
3. Корабельников Р.В., Корабельников А.Р. Теория и практика совершенствования очистителей волокна. – Кострома: КГТУ, 2001.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 20.03.08.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА В ЗОНЕ УДАРА ПРИ ТРЕПАНИИ*

С.В. БОЙКО

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

Важнейшей задачей процесса трепания льна является получение максимального выхода длинноволокнистых фракций должного качества. Количество волокнистых отходов при этом должно быть наименьшее. И хотя их образование происходит в силу различных причин [1], при правильной организации процесса трепания к основным видам отходов можно отнести обрывы волокон из-за превышения допустимых напряжений при растяжении, а также обрывы вследствие локальных разрушений волокнистой пряжи в местах ее соприкосновения с кромками бил.

Детальное исследование причин образования волокнистых отходов вследствие превышения предела прочности при растяжении в условиях использования стандартной тресты выявило несостоятельность гипотезы такого механизма разрушения. Было экспериментально установлено, что прочность волокна на разрыв на порядок превышает возникающие в нем напряжения [2].

Таким образом, представляет практический интерес исследование особенностей локальных повреждений волокна в условиях его контакта с поверхностью кромки бил.

По результатам опубликованных работ, посвященных изучению механизма разрушения волокна, было выдвинуто несколько гипотез. Одна из них связана с формированием надрывов волокон, находящихся внутри волокнистых комплексов (слоя), вторая основана на превышении предельных удлинений находящегося вблизи поверхности кромки волокна в момент удара. Третья гипотеза связана с разрушением волокна при его износе.

Предыдущими исследователями анализ механизмов разрушения технических льняных волокон по первой гипотезе [3] проводился без учета влияния поперечного сжатия волокна на кромке, вследствие его инертности на общий характер явлений на участке. Поэтому полученные в работе [3] результаты не приемлемы для рассматриваемого нами случая.

Предложенный нами дискретный метод расчета кинематических и силовых параметров нагружения пряжи в процессе взаимодействия с билом, основанный на синтезе теории механики нити и удара [4], позволяет исследовать влияние физико-механических характеристик пряжи волокна на его кинематические и динамические параметры при трепании. Появилась также возможность оценить правомочность применения второй гипотезы в части определения причин разрушения волокна.

Исследовались закономерности изменения удлинения волокна ϵ в момент удара по нему билом в зависимости от радиуса рабочей кромки била r (1...6 мм), скорости движения била V (10...70 м/с), толщины обрабатываемого слоя Δ с учетом его поперечного сжатия на кромке вследствие инертности. При проведении расчетов в первом приближении приняли, что инерционное сопротивление волокна при ударе пропорционально толщине обрабатываемого слоя волокна.

Значения параметра Δ были приняты в относительных единицах (%). $\Delta=100\%$ соответствует стандартной толщине слоя 1...2 стебля. Распределение линейной плотности пряжи по ее длине соответствовало реальному [5].

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

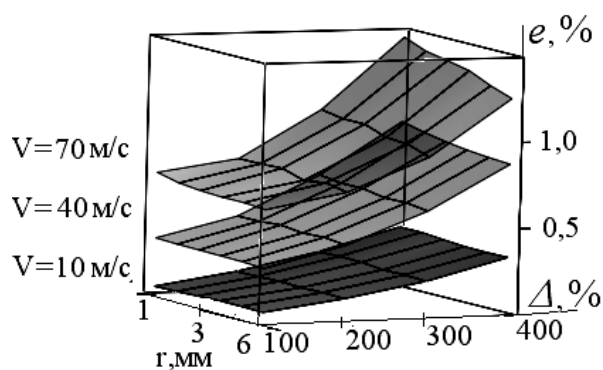


Рис. 1

Результаты моделирования представлены в виде графиков на рис.1 – зависимость относительного удлинения волокна в момент удара от радиуса рабочей кромки била, толщины слоя и скорости била.

Анализ результатов позволил установить, что при ударе величина относительного удлинения волокна, прилегающего к рабочей кромке била, значительно возрастает с увеличением толщины обрабатываемого слоя и скорости перемещения била. Существенной зависимости от радиуса рабочей кромки била не выявлено.

При обзоре литературы, посвященной исследованиям аналогичных трепанию процессов, отмечена работа [6]. В ней рассмотрена задача поперечного удара по гибкой нити телом заданной формы в предположении наличия сосредоточенных сил в точках излома нити в случае неупругого удара. Авторами сделан вывод, что продольная деформация нити приближенно пропорциональна первой степени скорости удара, первой степени времени и обратно пропорциональна радиусу ударяющего цилиндра.

В работе приведены фотографии скоростной киносъемки поперечного удара по резиновому жгуту диаметром 8 мм клином и цилиндром диаметром 70 мм со сравнительно небольшой скоростью и со скоростью 50 м/с.

Эта же задача решена при использовании предлагаемой нами модели ударного взаимодействия нити и твердого тела [4].

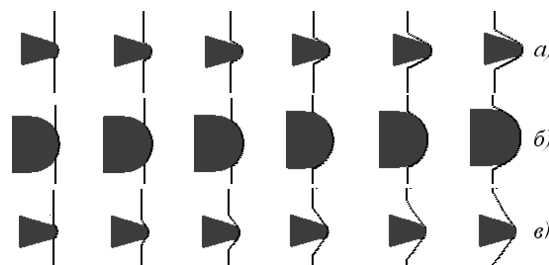


Рис. 2

В результате моделирования получена картина положений жгута, представленная на рис. 2 (взаиморасположение нити и била в процессе удара: а) скорость удара клином 50 м/с; б) скорость удара цилиндром 50 м/с; в) скорость удара клином 10 м/с). Было констатировано хорошее совпадение с результатами, опубликованными в работе [6, с. 84].

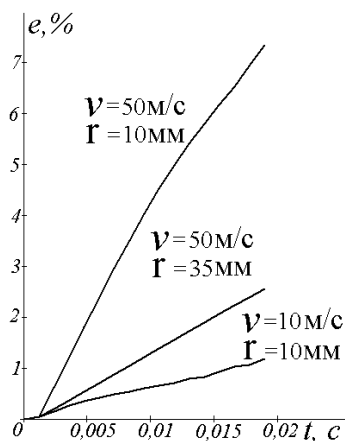


Рис. 3

Так же были получены представленные на рис. 3 зависимости от времени относительной деформации жгута для случаев удара клином и цилиндром различных радиусов с различными скоростями. Их анализ позволяет заключить, что деформация: $e \approx vt/\Gamma$, где v – скорость удара; t – время; Γ – радиус цилиндра. Этот вывод согласуется с результатами, приведенными в [6].

Таким образом, для нити из материалов с небольшим модулем упругости (например, резины) формула $e \approx vt/\Gamma$ справедлива, а для нити из материалов с большим модулем упругости (например, льна) – ею пользоваться нельзя.

Это объясняется тем, что скорость распространения деформаций зависит от модуля упругости материала. Указанная формула справедлива, если скорость движения "точки излома" (термин авторов работы [6]) нити при ударе больше скорости распространения деформаций (скорости звука). Как известно, скорости звука тем больше, чем больше модуль упругости материала E : $a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, где ρ – плотность материала.

Численные эксперименты показали, что при скоростях удара до 50 м/с существенное влияние радиуса ударяющего тела на деформацию нити имеет место только в случаях, если модуль упругости материала нити $E \leq 10^6$ Па. Так как для льна модуль упругости материала $10^8 \dots 10^{10}$ Па [7], [8], а при обработке трепанием рабочая скорость была не превышает 15 м/с, то радиус рабочей кромки била на деформацию растяжения волокна при ударе влияния не оказывает. В таких условиях, по нашим расчетам, величина относительного удлинения волокна в момент удара не превышает 0,5% (рис.1). Допустимое же удлинение льняного волокна 2...3% [8].

Следовательно, волокно повреждается не вследствие превышения допускаемых напряжений растяжения, а по иной причине. Такой вывод исключает возможность использования второй гипотезы разрушения волокна, основанной на превышении предельных удлинений находящегося вблизи поверхности кромки волокна в момент удара.

Изыскание иных возможных и соответствующих существованию процесса механизмов разрушения позволило сложиться мнению о правомерности третьей гипотезы о причине разрушения волокна – его износе. Характерные признаки износа наблюдаются на контактирующей с волокном поверхности бильной планки [9].

Контактирующие поверхности (бильная планка и заостренное волокно) под воздействием сил трения могут разрушаться различным образом. Одним из видов износа является абразивный износ. Как известно, под термином "абразивный износ"

подразумевается разрушение под воздействием твердых частиц (в нашем случае – костры). Однако эти твердые частицы могут производить совершенно разное механическое действие, начиная от микрорезания и кончая упругим деформированием материала. Все зависит от формы твердых мелких частиц, степени их закрепленности, действующей нагрузки [10].

С учетом этого констатируем, что при контактировании жесткой костринки с пластически деформируемой волокнистой пряжей костринка, выполняя роль абразива, будет внедряться в волокнистое пластическое полупространство. Критерием перехода от пластического оттеснения к резанию является отношение глубины внедрения истирающего тела (костринки) к его характерному размеру [10]. При увеличении удельного давления и соответственно глубины внедрения костринки процесс оттеснения волокна будет переходить в процесс резания.

Представим костринку неровностью, имеющей в сечении равнобедренный треугольник с углом при основании θ .

С некоторым приближением можно полагать, что интенсивность износа при микрорезании при единичном воздействии:

$$I_h = \frac{\operatorname{tg} \theta}{2(\eta + 1)} \frac{N}{HB},$$

где η – коэффициент, учитывающий шероховатость истирающей поверхности (например, для гладкой поверхности $\eta = 3$, для напильника $\eta = 2$); N – удельное давление; HB – твердость волокна [10].

Определить численное значение интенсивности износа волокна при микрорезании не представляется возможным вследствие того, что неизвестна величина твердости волокна. Однако можно констатировать тот факт, что рост удельного давления N однозначно увеличивает износ волокнистой пряжи.

При использовании предлагаемой нами в настоящей работе модели ударного взаимодействия волокна и твердого тела было исследовано влияние на величину удельного давления на волокно со стороны

била в момент удара скорости била, радиуса кромки била и толщины обрабатываемого слоя.

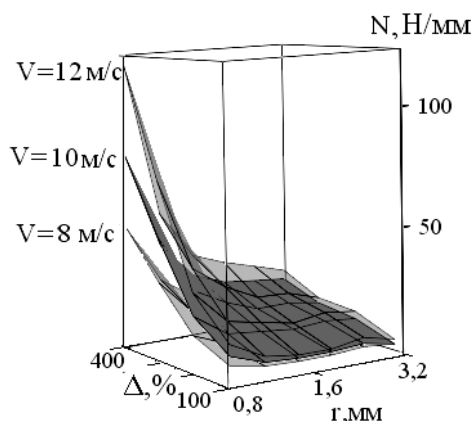


Рис. 4

Результаты исследований представлены на рис. 4 – зависимость удельного давления на волокно в момент удара от радиуса рабочей кромки била, толщины слоя и скорости била.

Анализ результатов расчета позволил установить, что удельное давление растет с увеличением скорости движения била, толщины обрабатываемого слоя и с уменьшением радиуса рабочей кромки била. При скорости движения 8...12 м/с (соответствует частоте вращения 200...300 об/мин трепальных барабанов радиусом 0,37 м) рост удельного давления предопределен уменьшением радиуса закругления рабочей кромки била и увеличением толщины слоя материала. Сочетание большой скорости перемещения била, малого радиуса закругления его рабочей кромки и толщины обрабатываемого слоя более 1...2 стебля может привести к значительному разрушению волокна в результате микрорезания.

Таким образом, анализ возможных причин разрушения волокна в зоне удара позволил установить, что в данном случае преобладающее значение имеет микрорезание волокна костью. Интенсивность разрушения волокна вследствие его износа возрастает с увеличением заостренности волокна и ростом удельного давления на кромку била.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ причин локальных повреждений льняного волокна при трепании вблизи зоны его зажима выявил, что указанные повреждения в основном происходят в результате абразивного износа обрабатываемого материала.

2. Интенсивность разрушения возрастает с увеличением заостренности волокна, ростом толщины обрабатываемого волокнистого слоя, скорости перемещения била и уменьшением радиуса закругления его рабочей кромки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.
2. Пашин Е.Л. О причинах образования отходов при трепании льна. Деп. рукоп. Деп. в ГНТБ Украины № 1769-Ук95, 10.07.95. 33с.
3. Разин С.Н., Пашин Е.Л. Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.
4. Моделирование взаимодействия волокна с прямолинейно движущимся билем в процессе трепания льна. Бойко С.В., Гришин А.Г., Волков Д.А. Деп. рукоп. Деп. в ВИНТИ, №607 –В2007, 08.06.07. 15с.
5. Исследование свойств неоттрепаного волокна и их изменение в процессе его обработки. Бойко С.В., Пашин Е.Л. Деп. рукоп. Деп. в ВИНТИ № 1424-В2006, 20.11.06. 49с.
6. Рахматуллин Х.А., Демьянов Ю.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках. – М.:Физ.-мат.лит.,1961.
7. Крагельский И.В. Физико-механические свойства лубяного сырья. – М.: Гизлегпром, 1939.
8. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
9. Матвеев И.А. Экспериментальное исследование долговечности бильных планок трепальных машин первичной обработки льна: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1972.
10. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 20.03.08.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА В ТРЯСИЛЬНЫХ МАШИНАХ С НИЖНИМ ГРЕБЕННЫМ ПОЛЕМ*

И.А. ШИРШОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Математическое описание закономерности взаимодействия материала с иглами гребенных валиков в трясильной машине с нижним гребенным полем является актуальной задачей, так как позволяет установить влияние различных факторов на характер движения материала в процессе обработки.

Известна работа Ю.Н.Тарунина, посвященная математическому описанию движения материала в трясильных машинах [1]. Однако в ней не учитываются возможность движения материала к оси гребенного валика, силы аэродинамического сопротивления движению материала, закон перемещения иглы принят гармоническим, а решение дано в виде рядов, что не позволяет проследить влияние различных параметров на перемещение материала. Анализ сил, действующих на материал, перемещающийся по вращающейся с постоянной угловой скоростью плоскости, приводится в работе В.А.Дьячкова [2], однако в ней не рассматриваются силы аэродинамического сопротивления.

Задачей исследования является построение модели, описывающей перемещение материала в гребенном поле трясильной машины с нижним гребенным полем, под действием приложенных к нему сил.

Для решения этой задачи рассмотрим взаимодействие участка слоя М с иглами гребенного поля. Под участком слоя М будем понимать часть слоя обрабатываемого материала, ограниченную по высоте – толщиной слоя, по длине – расстоянием между осями гребенных валиков, по ши-

рине – расстоянием между соседними иглами одного гребенного валика.

Допустим, что участок слоя М насажен на иглу, а центр его масс имеет скорости и ускорения точки иглы, взаимодействующей с ним. Допустим также, что этот участок слоя не взаимодействует с решеткой, а также не испытывает воздействия со стороны соседних участков слоя.

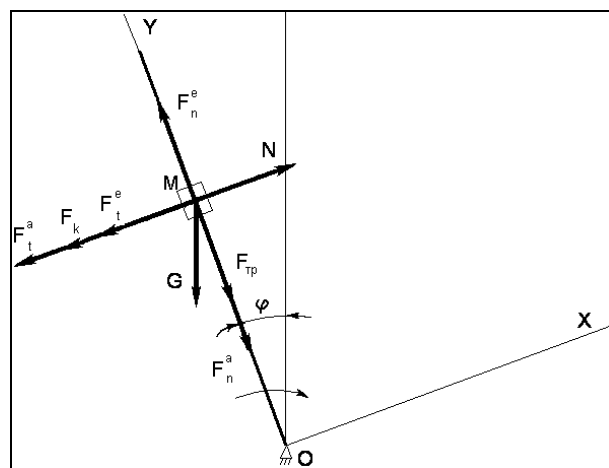


Рис. 1

На рис. 1 показаны силы, действующие на участок слоя М. Здесь обозначено: G – вес участка слоя М; N – реакция иглы; $F_{тр}$ – сила трения; F_k – кориолисова сила инерции; F_n^e – нормальная составляющая силы инерции; F_t^e – тангенциальная составляющая силы инерции; F_n^a – сила аэродинамического сопротивления, действующая перпендикулярно игле; F_t^a – сила аэродинамического сопротивления, действующая вдоль иглы; φ – угол отклонения иглы от вертикального положения.

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

В полярной системе координат OY , φ , где ось OY связана с иглой, составим дифференциальные уравнения движения участка слоя M в проекциях на оси X и Y :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = N - Ft^e - Fk - Ft^a - mg \sin(\varphi), \quad (1)$$

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = Fn^e \pm F_{тр} \pm Fn^a - mg \cos(\varphi). \quad (2)$$

Знак $\pm$ использован для обозначения зависимости направления действия сил трения и аэродинамического сопротивления перемещению, направленных вдоль иглы, от направления движения материала.

Так как участок слоя M насажен на иглу, перемещения по оси OX будут равны 0, следовательно, имеем:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0.$$

Тогда из уравнения (1) находим:

$$N = Ft^e + Fk + Ft^a + mg \sin(\varphi). \quad (3)$$

При этом сила трения определится как

$$F_{тр} = Nf = f(Ft^e + Fk + Ft^a + mg \sin(\varphi)). \quad (4)$$

Подставив значение силы трения в уравнение (2), получим

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = Fn^e \pm f(Ft^e + Fk + Ft^a + mg \sin(\varphi)) \pm Fn^a - mg \cos(\varphi), \quad (5)$$

где

$$Fn^e = m\omega^2; \quad (6)$$

$$Ft^e = m\omega\varepsilon; \quad (7)$$

$$Fk = 2m\omega Vr = 2m\omega \frac{dy}{dt}; \quad (8)$$

$$Ft^a = \frac{\rho_b CS(\omega y)^2}{2} [3]; \quad (9)$$

$$Fn^a = \frac{\rho_b CS \left(\frac{dy}{dt} \right)^2}{2}, \quad (10)$$

где m – масса участка слоя M , кг; ε – угловое ускорение иглы, c^{-2} ; ω – угловая скорость иглы, c^{-1} ; φ – угловая координата иглы, рад; ρ_b – плотность воздуха, $кг/м^3$; S – площадь миделевого сечения участка слоя M , $м^2$; C – безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от формы тела (участка слоя M).

Подставив (6)...(10) в (5) и разделив на m , получим

$$\frac{d^2y}{dt^2} \mp 2f\omega \frac{dy}{dt} + (\pm f\varepsilon - \omega^2)y = \mp fg \sin(\varphi) - g \cos(\varphi) \mp f \frac{\rho_b CS(\omega y)^2}{2} \mp \frac{\rho_b CS \left(\frac{dy}{dt} \right)^2}{2}. \quad (11)$$

Уравнение (11) является искомым, описывает движение участка слоя M при его взаимодействии с иглой и представляет собой неоднородное дифференциальное уравнение второй степени с переменными коэффициентами. Возможности современной вычислительной техники позволяют решить уравнение (11) с достаточной точностью итерационным методом.

Для этого воспользуемся определением производной – $\frac{dy}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{y + \Delta y}{\Delta t}$ при $\Delta t \rightarrow 0$,

$\Delta t = 2\pi/kw$, где w – частота вращения кривошипа; k – количество итераций. Например, при $\Delta t = 10^{-5}c$ ошибка вычислений в сравнении с результатами вычисления 1-й производной программой MathCad составляет 0...0,3%, 2-й производной – 0...1%, что является приемлемым для практических расчетов.

Исходя из этого первая производная запишется в виде:

$$\frac{dy_i}{dt} = \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t}, \quad (12)$$

вторая производная:

$$\frac{d^2 y_i}{dt^2} = \frac{\frac{dy_{i+1}}{dt} - \frac{dy_i}{dt}}{\Delta t},$$

или, с учетом (12):

$$\frac{d^2 y_i}{dt^2} = \frac{\frac{y_{i+2} - y_{i+1}}{\Delta t} - \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t}}{\Delta t}.$$

После упрощения имеем

$$\frac{d^2 y_i}{dt^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i}{\Delta t^2}, \quad (13)$$

где y_i, y_{i+1}, y_{i+2} – координаты точки в момент времени $t_i, t_i + \Delta t, t_i + 2\Delta t$ соответственно, где i – порядковый номер итерации.

С учетом (12) и (13) уравнение (11) запишется в виде

$$\begin{aligned} & \frac{y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i}{\Delta t^2} \mp 2f\omega_i \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t} \pm (f\varepsilon_i - \omega_i^2)y_i = \\ & = \mp fg \sin(\varphi_i) - g \cos(\varphi_i) \mp f \frac{\rho_B CS (\omega_i y_i)^2}{2} \mp \frac{\rho_B CS \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t} \right)^2}{2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Решение уравнения сводится к нахождению координаты y_{i+2} в каждый момент времени $t_i + 2\Delta t$. Для удобства вычисления

следующей координаты заменим $i+2=n$, $i+1=n-1$, $i=n-2$.

Тогда из уравнения (14) получим

$$\begin{aligned} y_n = & \mp fg \sin(\varphi_{n-2}) \Delta t^2 - g \cos(\varphi_{n-2}) \Delta t^2 \mp f \frac{\rho_B CS (\omega_{n-2} y_{n-2})^2}{2} \Delta t^2 \mp \frac{\rho_B CS \left(\frac{y_{n-1} - y_{n-2}}{\Delta t} \right)^2}{2} \Delta t^2 + \\ & + 2y_{n-1} - y_{n-2} \pm 2f\omega_{n-2} (y_{n-1} - y_{n-2}) \Delta t \mp (f\varepsilon_{n-2} - \omega_{n-2}^2) y_{n-2} \Delta t^2. \end{aligned} \quad (15)$$

Перед вычислением координаты y_n определяется направление действия сил трения и аэродинамического сопротивления путем сравнения силы тяжести с нормальной составляющей силы инерции на единицу массы материала:

$$\omega_{n-2}^2 y_{n-2} \geq g \cos(\varphi_{n-2}). \quad (16)$$

Направление действия силы трения будет противоположно действию большей из сравниваемых величин.

При первой итерации значение координаты y_n задается как начальная координата участка слоя М. При второй – координата y определяется по значению начальной скорости V_0 как

$$y_n = V_0 \Delta t + y_{n-1}.$$

При дальнейших итерациях координата точки y_n вычисляется по зависимости (10). При каждом следующем цикле вычисления y_n значения координат y_{n-1} и y_{n-2} берутся из предыдущего цикла вычисления.

Учитывая, что сила трения всегда меньше сдвигающей силы [4], перед вычислением координаты y_n необходимо проверить неравенство

$$|F_{\text{тр}}| \leq |F_{\text{сдв}}|,$$

или

$$\left| 2f\omega_{n-2} \frac{y_n - y_{n-1}}{\Delta t} + f\varepsilon_{n-2} y_{n-2} + fg \sin(\varphi_{n-2}) + f \frac{\rho_B CS (\omega_{n-2} y_{n-2})^2}{2} \right| \leq |\omega_{n-2}^2 y_{n-2} - g \sin(\varphi_{n-2})|. \quad (17)$$

В случае если неравенство (17) верно, то принимается вычисленная координата y_n . В противном случае перемещение принимается нулевым и координата берется из предыдущего цикла $y_n = y_{n-1}$.

Описанный выше алгоритм может быть реализован средствами любого языка программирования.

Проследим для трясильной машины ТГ-135Л перемещение материала вдоль иглы при ее смещении на величину угла размаха.

Примем:

угол опережения $\alpha = 15^\circ$;

длина иглы $L = 0,289$ м;

частота вращения ведущего вала машины $\omega = 26$ рад/с;

коэффициент трения волокна об иглу $f = 0,2$;

плотность воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³;

площадь миделевого сечения участка слоя M $S = 0,0025$ м²;

коэффициент аэродинамического сопротивления $C = 1$;

начальное положение участка слоя M $y_0 = 0,25$ м;

начальная скорость участка слоя M $V_0 = 0$ м/с;

интервал изменения времени $\Delta t = 1,2 \cdot 10^{-5}$ с.

Параметры φ , ω , ε вычисляются для каждого положения иглы по известным зависимостям [5].

На рис. 2 показано перемещение материала вдоль иглы при ее смещении на величину угла размаха.

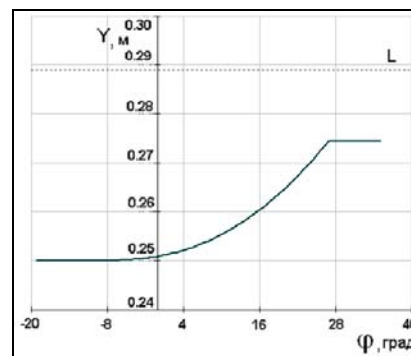


Рис. 2

ВЫВОДЫ

Разработанная математическая модель взаимодействия участка слоя M с иглой гребенного валика трясильных машин с нижним гребенным полем позволяет определять его траекторию движения при различных параметрах процесса трясения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарунин Ю.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1965, №5. С41...45.
2. Дьячков В.А. Проектирование машин для первичной обработки лубяных волокон: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2006.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978.
4. Старжинский В.М. Теоретическая механика: Учебник. Краткий курс по полной программе втузов. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980.
5. Дьячков В.А., Ширинов И.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6. С.32...48.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 20.03.08.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА НА ХЛОПОК-СЫРЕЦ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ

Р.В.КОРАБЕЛЬНИКОВ, Х.И.ИБРОГИМОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Качество полуфабрикатов прядельного производства и готовых изделий, выпускаемых текстильными предприятиями, напрямую зависит от состояния волокна, выработанного на предприятиях первичной обработки текстильного сырья.

В настоящее время для удовлетворения потребности текстильной отрасли в волокне высокого качества, конкурентоспособного на мировом рынке, на хлопкоперерабатывающих предприятиях ведется работа по увеличению объемов заготовки, повышению качества хранения и обеспечению сохранности природных свойств перерабатываемого сырья.

Существующая технология переработки хлопка-сырца не удовлетворяет возросшим требованиям к качеству волокна и семян, используемых для посева и для получения масла на масложировых комбинатах. В связи с внедрением новых селекционных сортов в последние годы резко снизились равномерность и качественные показатели хлопкового волокна; увеличилось содержание в волокне мягких пороков, кожицы семян с волокном, незрелых и дробленых семян.

Рекомендуемые кратности очистки средневолокнистых и длинноволокнистых сортов хлопка-сырца в зависимости от класса хлопка-сырца, промышленных сортов и степени засоренности приведены в технологическом регламенте [1]. Применение регламентированных режимов очистки для новых селекционных сортов приводит к увеличению кратности очистки хлопка-сырца на хлопкозаводах, следствием которого явилось измельчение крупного сора, переход поверхностного сора во внутрь долек хлопка-сырца и повышение пороков в волокне. По мере прохождения хлопка-сырца по колковым и колковошнековым органам хлопкоочистительных

машин содержание исходных сорных примесей в нем значительно снижается, однако увеличивается загущенность волокон в связях летучек и степень поврежденности семян.

Ранее проведенные исследования [2] показывают, что при разработке новых схем технологической цепочки очистки хлопка-сырца, а также при создании новых конструкций необходимо прогнозировать качество перерабатываемого сырья в зависимости от количества механических воздействий на него рабочих органов. В качестве такого показателя может быть принят комплексный показатель воздействия рабочих органов на хлопок-сырец в процессе очистки. Этот показатель должен учитывать количество воздействий рабочих органов на сырье, скоростные и силовые параметры этих воздействий и иметь корреляцию с качественными показателями волокна и семян.

Для хлопкоочистительной машины от мелкого сора типа СЧ-02 комплексный показатель взаимодействия может быть записан в следующем виде:

$$K_0 = K_{во} K \partial \leq [K_0], \quad (1)$$

где $K_{во}$ – коэффициент воздействия одной колковой секции очистителя мелкого сора; $K \partial$ – коэффициент динамического воздействия; $[K_0]$ – допустимое значение комплексного показателя.

Коэффициент воздействия очистителя хлопка-сырца от мелкого сора определяется по формуле

$$K_{во} = n_6 Z_K N \tau \eta, \quad (2)$$

где n_6 – частота вращения колкового барабана, 1/мин; Z_K – число рядов колков на

барабане; N – число барабанов в машине, шт; τ – время прохождения хлопка-сырца по одному барабану очистителя, с; η – коэффициент, учитывающий соотношения линейных скоростей барабана и хлопка-сырца (для очистителя типа СЧ-02 $\eta=0,5$ [3]).

Коэффициент динамического воздействия можно принять в следующем виде:

$$K_d = \frac{1}{1 - \frac{P_{cp}}{P_k}}, \quad (3)$$

где P_{cp} – средняя сила удара; P_k – критическая сила удара.

Согласно (3) коэффициент динамического воздействия при $P_{cp} \rightarrow P_k$ резко возрастает, а вместе с ним увеличивается и повреждение семян, что подтверждается опытом и практикой. Вследствие этого введенный коэффициент динамичности можно считать объективным показателем, учитывающим влияние силы удара на качество семян перерабатываемого хлопка.

Таким образом, комплексный показатель для очистителя мелкого сора может быть найден из выражения:

$$K_0 = n_6 Z_k N \tau \eta \frac{1}{1 - \frac{P_{cp}}{P_k}} \leq [K_0], \quad (4)$$

Допустимое значение комплексного показателя $[K_0]$ может быть определено по рекомендациям ЦНИИХПрема [4]. Согласно [4] максимальное число колковых секций поточной линии при очистке хлопка-сырца (исходя из допустимой поврежденности семян) не должно превышать $N_\phi = 40$ шт. Учитывая, что кроме ударных воздействий происходит зажатывание хлопкового волокна, число секций следует уменьшить до $N_\phi = 32 \dots 35$ шт.

Если принять $N_\phi = 35$ шт, то согласно (1) и расчетам, приведенным в [2], получим

$$K_{в0} = K_{в1} N_\phi = 4 \cdot 35 = 140, \quad (5)$$

где $K_{в1}$ – коэффициент воздействия одного колкового барабана.

Допустимое значение $[K_0]$ следует определять по формуле:

$$[K_0] = K_{в0} \frac{1}{1 - \frac{P_{cp}}{P_k}}. \quad (6)$$

Так, например, при $K_{в0} = 140$ $P_k = 30$ Н, при средних динамических воздействиях $P_{cp} = 9$ Н [2]. Тогда допустимое значение $[K_0]$ определится следующим образом:

$$[K_0] = 140 \frac{1}{1 - \frac{9}{30}} = 200.$$

Между качественными показателями хлопка-сырца, очищаемого на очистителях мелкого сора, и значением комплексного показателя существует корреляционная связь. На первом этапе выразим ее в виде линейной зависимости:

$$P_c = P_0 + \alpha K_0, \quad (7)$$

$$Z_b = Z_0 + \beta K_0, \quad (8)$$

где P_0 и P_c – соответственно повреждаемость семян исходная и после пропуска через очиститель; Z_0 и Z_b – зажатченность волокна до и после очистителя; α и β – коэффициенты пропорциональности.

Коэффициенты пропорциональности можно определить исходя из экспериментальных данных и требований стандарта. Например, если известно допустимое значение $[K_0]$, допустимое значение повреждаемости семян $[P_c]$ и зажатченность $[Z_b]$, то

$$\alpha = \frac{[P_c] - P_0}{[K_0]}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{[Z_b] - Z_0}{[K_0]}. \quad (10)$$

Подставляя (4) в (7) и (8), можно получить выражения для определения возможных значений повреждаемости семян и за-

жгученности в зависимости от комплексного показателя воздействия K_0 .

Для определения коэффициентов пропорциональности с учетом ранее установленных [2] допустимых значений [K_0], допустимого значения повреждаемости семян [Π_c] и зажгученности волокон [$З_v$] на ряде хлопкозаводов проведены исследования, в процессе которых перерабатывались (указанные ниже) перспективные селекционные сорта хлопчатника. При проведении исследований использовали методики отбора проб образцов и рекомендуемые требования [5...7].

Объектами исследования являлись длинноволокнистые сорта хлопка с волокном второго типа селекционных разновидностей 9326-В, 750-В 1 сортов, 1 класса, средневолокнистые сорта с волокном четвертого типа НС-60 и пятого типа Мехргон, Гулистан, Гиссар 1 сортов, 1 класса.

Нами предложена усовершенствованная технология очистки хлопка-сырца, описанная в [8]. Вычисленные значения коэффициентов пропорциональности зажгученности волокон и поврежденности семян приведены в табл. 1.

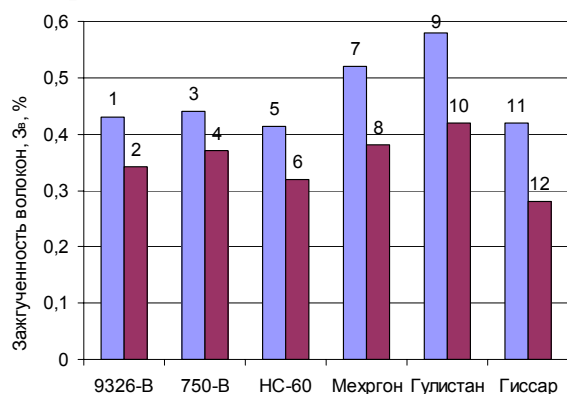


Рис. 1

Анализ рис.1 и 2 показывает, что для длинноволокнистых сортов хлопка повышенная зажгученность волокна наблюдается в схемах с использованием колковых барабанов (8к – восьмибарабанный колковый очиститель хлопка), а в схемах, где установлены последовательно пыльчатые очистители (ЧХ – двухсекционный пыльчатый очиститель), данный показатель уменьшается. Прирост повреждаемости

Т а б л и ц а 1

Селекционные разновидности хлопка-сырца	Зажгученность волокон		Поврежденность семян	
	β_1	β_2	α_1	α_2
9326-В	- 0,006	- 0,008	0,013	0,019
750-В	- 0,0067	- 0,0084	0,0136	0,0186
НС-60	- 0,0063	- 0,0078	0,0114	0,0182
Мехргон	- 0,0082	- 0,0114	0,0117	0,0139
Гулистан	- 0,009	- 0,0122	0,0112	0,0141
Гиссар	- 0,0086	- 0,0126	0,0114	0,0143

Значения коэффициентов α_1 и β_1 получены по предлагаемой технологии очистки хлопка-сырца, а α_2 и β_2 – по существующей. На рис.1 представлены показатели зажгученности волокон (1; 3; 5; 7; 9; 11 – существующая технология очистки хлопка-сырца; 2; 4; 6; 8; 10; 12 – предлагаемая технология очистки хлопка-сырца), а на рис.2 – механическая поврежденность семян указанных селекционных сортов хлопка-сырца (1; 3; 5; 7; 9; 11 – существующая технология очистки хлопка-сырца; 2; 4; 6; 8; 10; 12 – предлагаемая технология очистки хлопка-сырца).

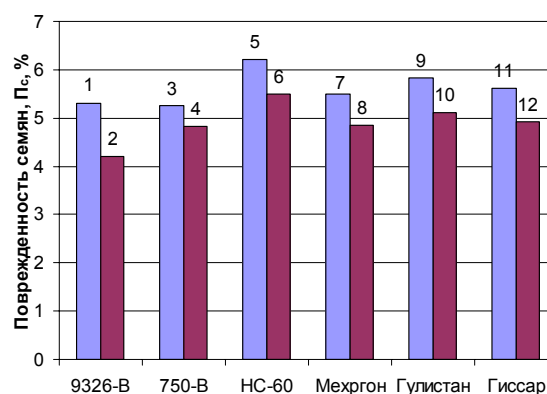


Рис. 2

семян наблюдается при обработке хлопка-сырца на ЧХ+8к, а при обработке его по схеме ЧХ+ЧХ, то есть двукратной очистке пыльчатым очистителем, данный показатель соответствует уровню, характерному для средневолокнистых сортов хлопка-сырца.

ВЫВОДЫ

1. Разработан комплексный показатель воздействия очистителя хлопка на перерабатываемый продукт, который позволяет анализировать и рекомендовать на стадии проектирования технологических цепочек и разработки новых конструкций очистителей наиболее рациональные схемы технологии очистки хлопка-сырца.

2. Установлено, что для снижения зажгученности волокон и поврежденности семян необходимо исключить установку колковых очистителей в начале технологического процесса обработки хлопка-сырца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический регламент переработки хлопка-сырца (ПДКИ 02-97) / Под общ. ред. Э.З.Зикриева. – Ташкент: "Мехнат", 1997.

2. Корабельников Р.В., Иброгимов Х.И. Разработка комплексного показателя воздействия очистителя хлопка на хлопок-сырец в процессе очистки // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – КГТУ, 2007, № 5. С.19...23.

3. Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М., 1972.

4. Справочник по первичной обработке хлопка. – Ташкент: "Мехнат", 1994. Книга 1. С. 19...23.

5. Волокно хлопковое. Технические условия. Межгосударственный стандарт 3279–95.

6. Семена хлопчатника. Сортовые и посевные качества. ГОСТ 5895–75; ГОСТ 21820.0–76... ГОСТ 21820.4–76.

7. Семена хлопчатника технические. Технические условия. УЗ РСТ 596–93...УЗ РСТ 603–93.

8. Рекомендации по совершенствованию режимов сушки и технологии очистки перспективных разновидностей хлопка. Свидетельство № 004 Т.Ж., о регистрации интеллектуального продукта, НПИ-Центр. Министерство Экономики и торговли Республики Таджикистан, от 14.04.2005.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 02.10.08.

УДК 677.11. 022.28:658.562

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ НЕРОВНОТЫ ПРОДУКТОВ ЛЬНЯНОГО ПРЯДИЛЬНО-ПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.А. ПЕСТОВСКАЯ, А.Н. ИВАНОВ

(Костромской государственный технологический университет,
Научно-внедренческий центр "Блеск" (г. Кострома))

Рабочие органы вытяжных приборов ленточных и ровничных машин испытывают повышенные нагрузки при переработке грубого волокна, которое в настоящее время в основном поступает в прядение, и достаточно быстро изнашиваются. Это приводит к увеличению структурной неровноты ленты и ровницы в зоне действия вытяжных гребенных механизмов, а также периодической неровноты от дефектов, связанных с биением валов и шестерен приводов гребенных механизмов. В связи с этим необходимо осуществлять постоянный контроль за техническим состоянием машин льняных ровничных систем и проводить их своевременный ремонт.

Методом спектрального анализа [1], [2] с использованием автоматизированного комплекса КЛА-2 проведены исследования структурной неровноты ленты и ровницы, а также технического состояния ровничных систем на Василевской фабрике ООО "Яковлевская мануфактура" (г. Приволжск, Ивановская область).

На ровничных системах вырабатывалась чистольняная ровница №1,4 (714 текс) из смеси чесаных волокон средним номером 16,0 по следующей технологической цепочке оборудования: раскладочная машина РН-500-Л→перегонная машина ЛП-500-Л→4 перехода ленточных машин Ч-2-Л1→ЛЧ-2-Л1→ЛЧ-3-Л1→ЛЧ-4-Л1→ровничная машина РН-216-Л3 [3].

В работе ленточных и ровничных машин были выявлены существенные недостатки, вследствие которых ленты и ровницы имели очень высокую структурную не-

ровноту в зоне действия вытяжных гребенных механизмов, а также периодическую неровноту из-за биения валов и шестерен машин. Особенно высокую неровноту имели ленты с последнего (4-го) перехода ленточных машин.

Параметр неровноты в зоне вытяжного прибора 12...400 мм (квадрат градиента внутренней неровноты – C_v^2 [12...400 мм]) ленты изменялся в пределах 55...155. На двух ровничных системах спектры неровноты ленты даже зашкаливают, что свидетельствует о полной разладке работы гребенного механизма ленточной машины 4-го перехода.

Высокая неровнота ленты обуславливает очень высокую структурную неровноту ровницы. Параметры неровноты ровницы C_v^2 [12...400 мм] изменяются в пределах 84...130.

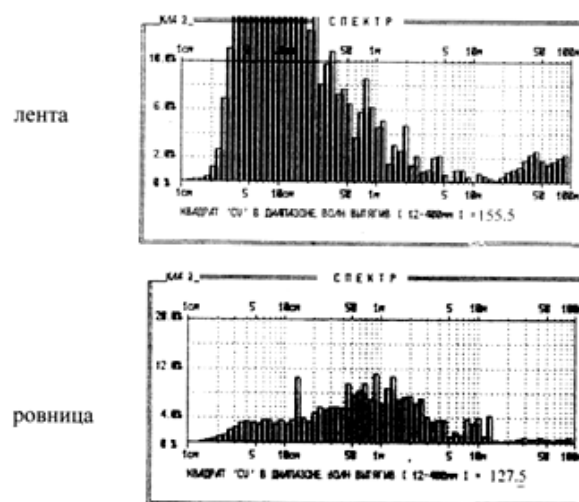


Рис. 1

Спектры неровноты ленты и ровницы до ремонта приведены на рис. 1.

С помощью КЛА-2 по спектрам неровноты ленты и ровницы была произведена диагностика дефектов работы ленточных и ровничных машин. На рис.2 в качестве примера приведена одна из диаграмм диагностики дефектов работы ленточной машины 4-го перехода, где источники дефектов: 1 – выпускные валы $d = 78$ мм, шестерня $Z = 60$, привод вытяжного цилиндра ЛЧ-4-Л1; 2 – червяки, шестерня $Z = 22$ ЛЧ-4-Л1; 3 – вал $Z = 22$ – $Z = 22$ ЛЧ-4-Л1; 4 – тарелка лентоукладчика, d витка 140 мм ЛЧ-4Л1.

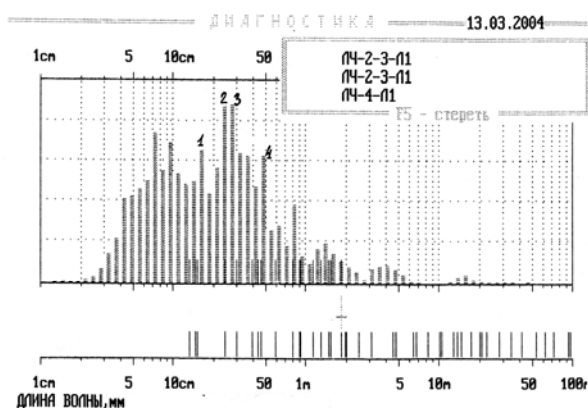


Рис. 2

В результате целенаправленного устранения дефектов практически была ликвидирована периодическая неровнота ленты и ровницы. Кроме того, на ленточных и ровничных машинах была полностью заменена гарнитура, снижены скоростные параметры, ликвидировано движение лен-

ты поверх гребней. После ремонта оборудования согласно выданным нами рекомендациям структурная неровнота ленты и ровницы значительно снизилась.

Спектры неровноты ленты и ровницы после ремонта приведены на рис. 3.

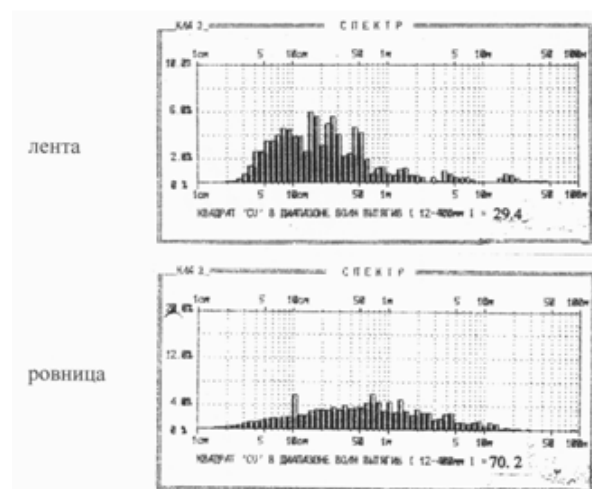


Рис. 3

Параметры структурной неровноты C_v^2 [12...400 мм] у ленты 4-го перехода снизились до 20...30, у ровницы №1,4 – до 70...80. На основании многочисленных исследований в производственных условиях были установлены рекомендуемые значения параметра неровноты ленты C_v^2 [12...400 мм] на всех четырех переходах ленточных машин (табл. 1), которые были введены в стандарты предприятия ООО "Яковлевская мануфактура" на качество продуктов прядения.

Таблица 1

Вид ленты	Переходы			
	I	II	III	IV
Лента из чесаного льна:				
низкая неровнота	10	10	15	20
средняя неровнота	20	20	25	30
высокая неровнота	30	30	30	40

Повышение технического состояния ровничных систем улучшило работу гребенных механизмов машин и значительно увеличило степень механического дробления технических комплексов волокон в

суровой ровнице. С помощью КЛА-2 были определены параметры структуры комплексов волокон в суровой льняной ровнице №1,4 до ремонта ровничных систем и после ремонта (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Показатели	Ровничная система до ремонта	Ровничная система после ремонта
Параметр неровноты C_V^2 [12...400 мм]	127,0	70,0
Параметры структуры волокон в ровнице: $\bar{T}$, мтекс	6900	4300
$\bar{\ell}$, мм	60	80
C_l , %	85	80

В зависимости от качества смеси волокон, степени одревеснения и технического состояния оборудования установлены рекомендуемые параметры структур-

ной неровноты чистольняной суровой ровницы, которые были введены в стандарты предприятия (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Вид ровницы	Уровень неровноты	C_V^2 [12...400 мм]	Структурные параметры волокон в ровнице		
			$\bar{T}$, мтекс	$\bar{\ell}$, мм	C_l , %
Льняная №№1.4-1.5 для Л15 и Л8 машин; №1.25 для Л8 машин	низкий	60	4000	80...110	60
	средний	80	5000	80...110	70
	высокий	100	6000	80...110	95

ВЫВОДЫ

1. Методом спектрального анализа с использованием автоматизированного комплекса КЛА-2 впервые исследованы параметры структурной неровноты льняных ленты и ровницы по технологическим переходам прядильно-приготовительного производства.

2. Показано, что рабочие органы вытяжных приборов ленточных и ровничных машин испытывают повышенные нагрузки и быстро изнашиваются, что приводит к значительному увеличению структурной неровноты ленты и ровницы в зоне действия вытяжных гребенных механизмов, а также периодической неровноты от дефектов, связанных с биением валов и шестерен приводов гребенных механизмов, поэтому необходимо осуществлять постоянный контроль за техническим состоянием льняных ровничных систем и проводить своевременный их ремонт.

3. Установлены рекомендуемые значения параметра структурной неровноты C_V^2 [12...400 мм] ленты на всех четырех переходах ленточных машин и ровницы, предназначенных для выработки чистольняной пряжи средней линейной плотности 56...46 текс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая промышленность, 1984.
3. Регламентированный технологический режим выработки льняной пряжи и ниток. – М.: ЦНИИТЭИЛегпром, 1989.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон КГТУ. Поступила 01.04.08.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАЗОРА В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕ

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

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

Известно [1], что ключевым элементом, оказывающим влияние на качество получаемой пряжи, является коммутирующее устройство, переключающее подачу сжатого воздуха в вихревые камеры (пневматический переключатель – ПП). Существует большое количество различных конструкций ПП.

В серийных машинах типа ПСК были использованы золотниковые бесконтактные ПП [2], характерной особенностью которых является небольшой зазор между вращающимся золотником и корпусом. Это обеспечивает высокую надежность устройства, но создает ряд технических проблем.

Рассмотрим некоторые вопросы, связанные с величиной зазора в золотниковом пневматическом переключателе. Действительно, с одной стороны, увеличение зазора снижает требования к точности изготовления и способствует повышению надежности работы устройства. Кроме того, увеличение зазора создает подпор в неработающих соплах и снижает опасность их засорения. С другой стороны, увеличение зазора снижает качество используемой диаграммы и может привести к неточностям в переключении направления вихря. Так, возможно перетекание воздуха между отверстиями в корпусе, которые работают в противофазе, что ведет к снижению эффективности работы устройства в целом. Следовательно, правильный выбор величины зазора представляет серьезную теоретическую и практическую проблему.

В связи с вышесказанным, необходимо остановиться на некотором оптимальном уровне и установить требования к допуску на этот параметр, поскольку излишне узкие пределы допуска нерациональны с экономической точки зрения.

Приведем некоторые результаты теоретических и экспериментальных исследований по этому вопросу.

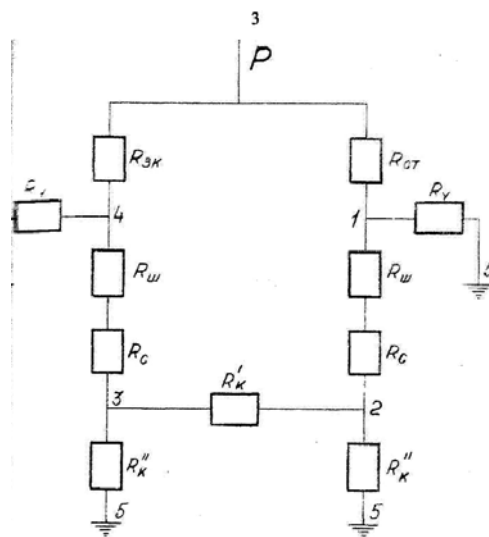


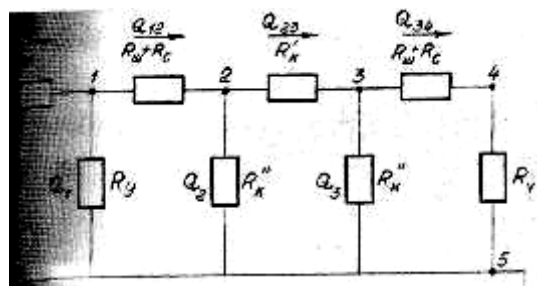
Рис. 1

На рис. 1 представлена пневматическая схема цепи переключатель – камера [3], где p – давление сети на входе в переключатель; $R_{зк}$, $R_{от}$ – пневматическое сопротивление переключателя соответственно в закрытом и открытом положениях; R_y – сопротивление утечки; $R_{ш}$ – сопротивление подводящего шланга между переключателем и камерой; R_c – сопротивление сопла; $R'_к$ – сопротивление камеры в направлении сопло – сопло; $R''_к$ – сопротивление камеры в направлении сопло – атмосфера.

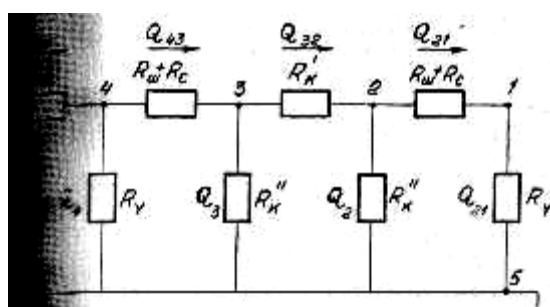
Цель проводимого расчета заключается в определении величины сопротивления $R_{зк}$ переключателя в закрытом положении в функции величины зазора, при котором расход воздуха в неработающем сопле отсутствует. В этом положении имеет место равенство давлений сжатого воздуха, подводимых к каналу работающей и неработающей цепями переключателя. Расчет проводится методом наложения, при кото-

ром рассматриваются отдельно работающая и неработающая цепи переключателя, а затем определяется расход воздуха в цепях путем суммирования полученных результатов.

Преобразуем цепь, представленную на рис. 1.



а)



б)

Рис. 2

На рис. 2-а показана цепь, подключенная к открытому переключателю, а на рис. 2-б – цепь, подключенная к закрытому переключателю.

Очевидно, что расход на участке 3–4, характеризующий движение воздуха в работающем сопле, определится алгебраической суммой расходов:

$$Q_{34} - Q_{43},$$

где Q_{34} – расход, полученный из цепи на рис. 2-а; Q_{43} – расход, полученный из цепи на рис. 2-б.

Для расчета указанных цепей целесообразно заменить реальные сопротивления эквивалентными сопротивлениями [4].

На основании схем, согласно рис. 2-а, 2-б, могут быть составлены эквивалентные пневматические схемы, соответствующие закрытому и открытому пневматическому переключателю.

Правильный выбор зазора должен обеспечивать полную компенсацию давления воздуха:

$$Q_{34} = Q_{43}, \quad (1)$$

Если левая часть меньше правой, то из неработающего сопла будет выходить слабая струя воздуха, если больше – то произойдет вдувание воздуха в неработающее сопло.

Для того, чтобы оценить величину зазора, при котором выполняется условие (1) (и соответственно выражение для пневматических эквивалентных сопротивлений в указанных пневматических цепях), следует задаться геометрическими размерами рассматриваемого устройства и вычислить значения соответствующих пневматических сопротивлений. Подводящие шланги и сопла камер представляют собой каналы кругового сечения.

Сопротивление такого канала определяется выражением:

$$R = \frac{128\mu\ell}{\pi d^4}, \quad (2)$$

где $\mu = 1,68 \cdot 10^{-5}$ Н·с/м² – вязкость воздуха [4]; ℓ – длина канала; d – диаметр канала.

Можно принять (из конструктивных соображений) для шлангов: $\ell = 0,5$ м, $d = 3 \cdot 10^{-3}$ м.

Расчет значения сопротивления для шлангов $R_{ш} = 2,5 \cdot 10^4 \mu$.

Примем, что сопло камеры состоит из двух цилиндрических участков: $\ell_1 = 10$ мм, $d_1 = 3$ мм, $\ell_2 = 5$ мм, $d_2 = 1,2$ мм. После вычисления получим, что суммарное сопротивление сопла равно $\approx 1,03 \cdot 10^{11} \mu$.

Эксперименты показывают, что сопротивление утечки для примененного в ПСК переключателя может быть принято в пределах

$$R_v \approx 4(R_{ш} + R_c) = 1,4 \cdot 10^{12} \mu.$$

Примем сопротивление переключателя в открытом положении $R_{от} = 0$, что подтверждается экспериментами.

Соппротивление переключателя в закрытом положении может быть рассчитано по формуле для канала с прямоугольной формой сечения:

$$R_{\text{эк}} = \frac{62b\ell}{bh^4 f(b/h)}, \quad (3)$$

где $\ell = 2,5 \cdot 10^{-2}$ м – длина прорези; $b = 3 \cdot 10^{-3}$ м – ширина прорези, равная диаметру канала шланга; $f(b/h) = 5,333$.

Подставляя эти значения в (3), получим:

$$R_{\text{ш}} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ м}.$$

Проведя подстановку полученных значений в соответствующие эквивалентные сопротивления, получим расчетное значение зазора $p = 60 \mu$. Это значение близко к практически применяемому значению.

Необходимо отметить, что увеличение зазора выше оптимального значения приводит к паразитной утечке из неработающего сопла, уменьшение – к задуванию воздуха в это сопло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мовшович П.М. Самокруточное прядение. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. А.с. №567343. Пневматический переключатель устройства для получения самокрученной пряжи / Мовшович П.М. и др. – Оpubл. 1977.
3. Бондаренко Ю.Н., Мовшович П.М. Методика расчета оптимального зазора в пневматическом переключателе. – ЦНИИТЭИЛегпищемаш, 1986, 7 стр., деп. рукопись.
4. Богачева А.В. Пневматические элементы систем автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1966.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.
Поступила 29.03.08.

УДК 677.021

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СОВЕРШЕНСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЯДЕНИЯ ПО АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМ СПЕКТРОГРАММАМ*

В.А. БОРИСОВ

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

Наибольшее распространение при определении качественных показателей пряжи и полуфабрикатов с целью оценки степени совершенства технологических процессов прядения получили статистические методы контроля неровноты по линейной плотности [1...7] на специализированных измерительных комплексах с емкостными датчиками как отечественного, так и иностранного производства.

Расчет необходимой длины продукта L , для испытания с гарантированной относительной ошибкой – δ_C (%) можно проводить по следующим зависимостям:

$$L = (2 \cdot 100^2 \bar{\ell}) / \delta_C^2, \quad \text{если } C < 20\%, \quad (1)$$

$$L = ((2 \cdot 100^2 \bar{\ell}) / \delta_C^2) \left[1 + 2(C/100)^2 \right], \quad \text{если } C \geq 20\%, \quad (2)$$

где $\bar{\ell}$ – средняя длина волокон, мм; C – квадратическая неровнота по линейной плотности ленты, ровницы, пряжи в коротких отрезках, %.

Время испытания t на приборе зависит от $V_{\text{пр}}$ – скорости продвижения продукта через измерительный датчик и рассчитывается так:

$$t = L / V_{\text{пр}}. \quad (3)$$

* Работа выполнена по гранту МГТУ им. А.Н. Косыгина для поддержки молодых ученых 2007 г.

Известные методики для определения степени совершенства технологических процессов прядения сводятся к определению индекса (I) и уровня (J) неровноты, величины которых определяются по соответствующим соотношениям:

$$I = C_{V_{\text{ФАКТ}}} / C_{V_{\text{ГИП}}} = (C_{V_{\text{ФАКТ}}} \sqrt{\bar{m}}) / 106, \quad (4)$$

$$J = (C_{V_{\text{ФАКТ}}} \sqrt{\bar{m}}) / (50k), \quad (5)$$

где $C_{V_{\text{ФАКТ}}}$ – фактическая квадратическая неровнота по прибору УТ, %; $C_{V_{\text{ГИП}}}$ – гипотетическая неровнота, %; $\bar{m}$ – среднее число волокон в поперечном сечении продукта; $k = 1,06$ – коэффициент для хлопкового волокна.

Анализ степени совершенства технологических процессов прядения по индексу неровноты показывает снижение последнего по мере утонения продукта.

Для определения степени совершенства технологических процессов производства кардной и гребенной хлопчатобумажной пряжи линейной плотности $T_{\text{ПР}} = 25$ текс были проведены испытания и определены величины гипотетических неровнот и индексы неровноты.

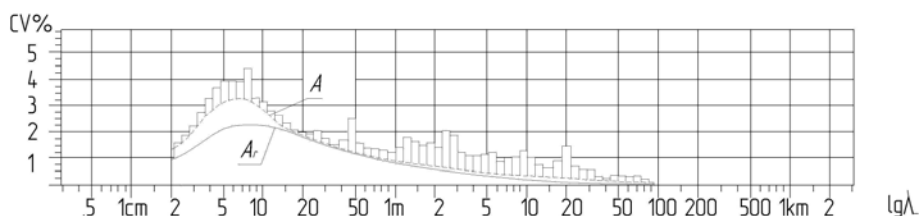


Рис. 2

На рис. 2 представлена спектрограмма $A(\lambda)$, полученная в результате испытаний пряжи на приборе УТ-4SE. Реальный амплитудный спектр в зависимости от длины волны λ представлен кривой A. Кривая A_g представляет собой непрерывный амплитудный спектр волн, которые образуют неровноту по толщине гипотетических (идеальных) полуфабрикатов и пряжи, то есть таких продуктов прядения, в которых волокна имеют случайное расположение. Аналитическое описание реального ам-

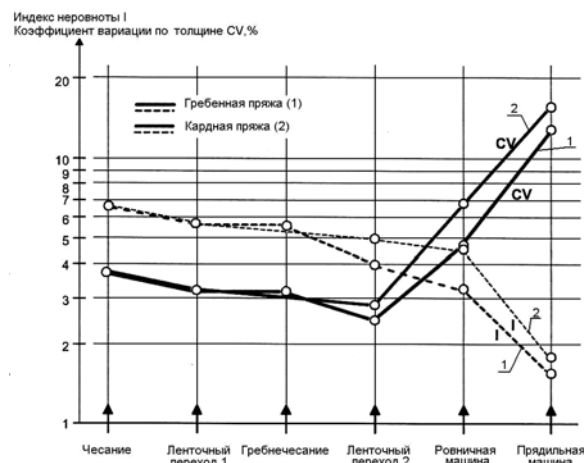


Рис. 1

На рис. 1 представлены графики изменения индекса неровноты (I) и коэффициента вариации по толщине (CV) по переходам гребенной и кардной системам хлопкопрядильного производства.

В исследованиях использовали метод определения степени совершенства технологических процессов прядения по отношению площадей между реальным и идеальным амплитудными спектрами. Чем ближе отношение площадей к единице, тем более совершенна система прядения, применяемая при производстве пряжи.

плитудного спектра A затруднено, и это не позволяет проводить расчетное определение площади под ним. В связи с этим решалась задача интерполяции реального амплитудного спектра A.

Если продукт образован из волокон разной длины, причем штапельная диаграмма представляет наклонную прямую линию (трапецевидный штапель), то можно построить спектр для идеального продукта по формуле:

$$A_{\Gamma}(\lg \lambda) = \frac{k\lambda}{\sqrt{\ell_m - \ell_0}} \sqrt{\left(\frac{2\pi\ell_m}{\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{\lambda}\right)\right)\left(\frac{2\pi\ell_0}{\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{\lambda}\right)\right)}, \quad (6)$$

где ℓ_m, ℓ_0 – максимальная и минимальная длины волокна, мм; k – коэффициент усиления, рассчитывается; λ – длина волны, задается от $\lambda = 1$ см до $\lambda = 200$ см, с интервалом $\Delta\lambda = 5$ см;

$$k = 2K_M \overline{T_B} \sqrt{m\overline{\ell}}, \quad (7)$$

где K_M – масштабный коэффициент; $\overline{T_B}$ – средняя линейная плотность волокон, текс; $\overline{\ell}$ – средняя длина волокон, мм; m – сред-

нее число волокон в поперечном сечении продукта.

Анализ зависимости (6) позволяет сделать вывод о возможности ее использования в качестве базового варианта интерполирующей функции для описания реального амплитудного спектра. Проведенные расчеты показали сложность описания фактического амплитудного спектра одной непрерывной зависимостью, однако установлено, что возможно описание фактического амплитудного спектра в виде кусочно-непрерывной кривой, задаваемой зависимостью:

$$A_{\Pi}(\lg \lambda) = \begin{cases} \frac{k\lambda}{(\ell_m - \ell_0)^Z} \left[\left(\frac{2\pi\ell_m}{t_1(\lambda)} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{t_2(\lambda)}\right) \right) \left(\frac{2\pi\ell_0}{t_3(\lambda)} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{t_4(\lambda)}\right) \right) \right]^Z & 2 \leq \lg \lambda \leq 30 \\ \frac{k\lambda}{\sqrt{\ell_m - \ell_0}} \sqrt{\left(\frac{2\pi\ell_m}{d_1\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{d_2\lambda}\right)\right)\left(\frac{2\pi\ell_0}{d_3\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{d_4\lambda}\right)\right)} N & 30 < \lg \lambda \leq 200 \end{cases}, \quad (8)$$

где Z, d_1, d_2, d_3, d_4, N – коэффициенты математической модели; $t_1(\lambda), t_2(\lambda), t_3(\lambda), t_4(\lambda)$ – функции длины волны λ , каждая из которых описывается уравнением вида:

$$t_i(\lambda) = a_i\lambda + b_i e^{c_i}, \quad (9)$$

где a_i, b_i, c_i – коэффициенты математической модели i -й функции $t_i(\lambda)$; e – число Эйлера (основание показательной функции).

Интерполяция проводилась с использованием стандартных средств пакета MathCAD по результатам, полученным при испытании следующих образцов пряжи: 1) пряжа, выработанная на кольцевых пря-

дильных машинах: хлопок (100%), хлопок + химические волокна, химические волокна; 2) пряжа, выработанная на пневмомеханических прядильных машинах: хлопок(100%), хлопок + химические волокна, химические волокна.

Для пряжи, выработанной на кольцевых прядильных машинах, также рассматривались случаи выработки пряжи по гребенной системе прядения.

Функция, описывающая фактический амплитудный спектр пряжи линейной плотности $T_{\Pi P} = 25$ текс, выработанной на кольцевых прядильных машинах по кардной системе прядения из волокон хлопка, имеет вид:

$$A_{\Phi}(\lg \lambda) = \begin{cases} \frac{k\lambda}{(\ell_m - \ell_0)^{1,387}} \left[\left(\frac{2\pi\ell_m}{0,75\lambda + 1,912e^{1,692}} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{-9,844 \cdot 10^{29}\lambda + 0,987e^{0,985}}\right) \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{2\pi\ell_0}{0,761\lambda + 7,911e^{1,706}} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{-1 \cdot 10^{30}\lambda + 0,988e^{0,986}}\right) \right) \right]^{1,387} & 2 \leq \lg \lambda \leq 30 \\ \frac{k\lambda}{\sqrt{\ell_m - \ell_0}} \sqrt{\left(\frac{2\pi\ell_m}{0,627\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{18,9\lambda}\right) \right) \times \left(\frac{2\pi\ell_0}{1,25\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{1,388\lambda}\right) \right)} \cdot 0,999 & 30 < \lg \lambda \leq 200 \end{cases} \quad (10)$$

На рис. 3 представлены следующие графики зависимостей: 1 – кривая, описывающая фактический амплитудный спектр;

2 – кусочно-непрерывная кривая (по уравнению (10)), 3 – гипотетическая кривая (по уравнению (6)).

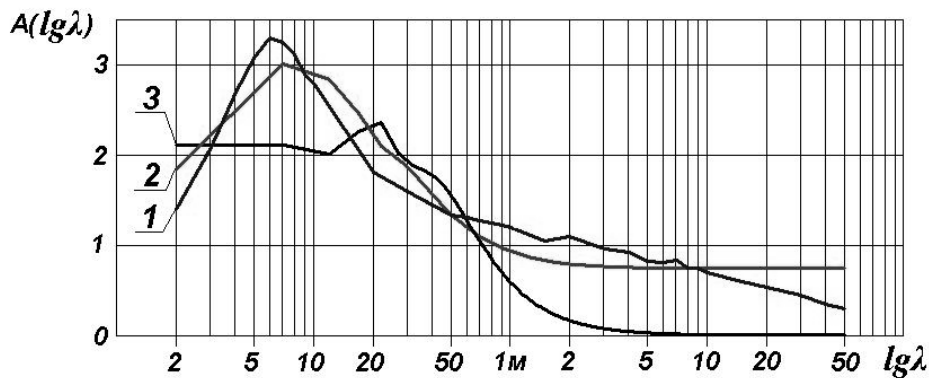


Рис. 3

Для определения площади под фактическим амплитудным спектром необходимо производить расчет по формуле:

$$S_{\Phi} = S_{2 \leq \lg \lambda \leq 30} + S_{30 < \lg \lambda \leq 200}, \quad (11)$$

где $S_{2 \leq \lg \lambda \leq 30}$, $S_{30 < \lg \lambda \leq 200}$ – расчетные площади под соответствующими функциями (10).

Для вычисления площади под кривой (10) удобно использовать метод МОНТЕ-КАРЛО, который в рассматриваемом случае позволяет дать оценку площади по формуле

$$F_N = A(n_s / N), \quad (12)$$

где n_s – число точек, удовлетворяющих условию $y_i \leq f(x_i)$; $f(x_i)$ – функция, под которой определяется площадь; N – полное количество точек (сгенерированных пар случайных чисел (координат (x_i, y_i)), равномерно распределенных в прямоугольнике высотой H и длиной ab , описывающем рассматриваемую функцию): $a \leq x_i \leq b$; $0 \leq y_i \leq H$; A – площадь прямоугольника.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Содержание этапа	Используемые средства
1	Определение коэффициентов математических моделей (интерполяция)	MathCAD, зависимость (7)
2	Расчет гипотетического спектра.	MathCAD, зависимость (5)
3	Оценка площадей под полученными функциональными зависимостями	MathCAD, зависимость (10)
4	Вычисление отношения площадей	MathCAD, зависимость (11)

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Содержание этапа	Используемые средства
1	Сканирование спектрограммы.	Сканер
2	Построение фактической и гипотетической кривых и их масштабирование с целью последующего совмещения со спектрограммой.	MathCAD, графические редакторы изображений
3	Оценка площадей под кривыми на спектрограмме	Компас-3D
4	Вычисление отношения площадей	MathCAD

Результаты, полученные по разработанной (аналитической) методике (табл. 1), сравнивались с результатами, полученными по ранее разработанной автором графической методике (табл. 2). Цель рассматриваемых методик заключалась в определении степени совершенства технологических процессов прядения.

Степень совершенства технологических процессов и системы прядения предлагается оценивать по отношению площади под кривой экспериментальной к площади под кривой гипотетической:

$$S_0 = \sum_{i=1}^{j=L} A_{\Phi}(\lg \lambda) / \sum_{i=1}^{j=L} A_{\Gamma}(\lg \lambda), \quad (13)$$

где L – длина реализации, м.

Для рассматриваемого случая: $S_0=1,324$ (по методике табл. 1) и $S_0 = 1,271$ (по методике табл. 2).

Для оценки степени совершенства технологических процессов прядения составлена табл. 3.

Т а б л и ц а 3

$1 < S_0 \leq 1,3$	Технологический процесс приближается к идеальному
$1,3 < S_0 \leq 2$	Технологический процесс несовершенен
$S_0 = 1$	Идеальный случай

ВЫВОДЫ

1. Установлен характер и вид функциональной зависимости для описания фактического амплитудного спектра.

2. На основании установленной зависимости разработана методика определения степени совершенства технологических процессов прядения средствами метода МОНТЕ-КАРЛО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для вузов текстил. пром-ти. – М.: Легкая индустрия, 1980.
2. Севостьянов А.Г. Современные методы исследования неровноты продуктов хлопкопрядения. – М.: Легкая индустрия, 1966.
3. Севостьянов А.П. Математические методы обработки данных. Учебное пособие для вузов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.
4. Севостьянов А.П. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006.
5. Поринев С.В. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD. Учебное пособие. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004.
6. Черников А.Н. Неровнота полуфабрикатов и пряжи в хлопкопрядильном производстве/Конспект лекций. – М.: МТИ, 1989.
7. Коробов Н.А. Развитие теории и практики построения методов измерения характеристик строения текстильных материалов с использованием современных информационных технологий: Дис....докт. техн. наук. – Иваново, 2006. С.3, 24, 51.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 22.01.08.

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЯЖИ НА БАЗЕ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ПАРААРАМИДНЫХ ВОЛОКОН ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

О.Н. ЦЫМАРКИНА, О.Н. СТОЛЯРОВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Рост количества катастроф и техногенных аварий, сопровождающихся пожарами, делает актуальной проблему создания специальной защитной одежды (СЗО) из волокон и нитей арамидного ряда, которые обладают высокими характеристиками устойчивости к воздействию высоких температур [1].

При производстве СЗО на базе материалов из параарамидных волокон и нитей остается значительное количество технологических отходов (путанка, лоскут тканевый и трикотажный), которые могут быть рационально и эффективно использованы при получении новых текстильных материалов специального назначения для производства СЗО. Эти новые материалы должны сохранять свои свойства при воздействии высоких температур и огня, однако в литературных источниках мало сведений о технологических разработках в области использования регенерированных параарамидных волокон и исследовании их свойств.

Цель настоящей работы заключалась в изучении влияния повышенных температур на механические свойства пряжи из регенерированных параарамидных волокон СВМ, полученных способом механического разволокнения лоскута СВМ-содержащих тканей.

Объектами исследования были шесть вариантов пряжи, отличающиеся между собой волокнистым составом и круткой: №1 – 100% СВМ $K=360$ кр/м; №2 – 100% СВМ $K=310$ кр/м; №3 – 100% СВМ $K=260$ кр/м; №4 – 70% СВМ/ 30% шерсть $K=360$ кр/м; №5 – 70% СВМ/ 30% шерсть $K=310$ кр/м; №6 – 70% СВМ/ 30% шерсть $K=260$ кр/м. Данные образцы пряжи вы-

рабатывались в соответствии с ресурсосберегающей технологией [2] по аппаратной системе прядения шерсти на оборудовании ООО "Институт технических су-кон" (С-Петербург).

Были проведены механические испытания образцов с целью определения их исходных характеристик, а затем исследовалось изменение их свойств под действием высоких температур. Методика проведения испытаний и их условия были разработаны на основе рекомендаций [3], [4].

Эксперименты проводили на универсальной измерительной установке фирмы Instron 1122 с использованием температурной камеры. Диапазон температур был выбран от 20 до 300°C при следующих промежуточных значениях температур: $T = 20, 100, 150, 200, 250$ и 300°C. При испытаниях использовали зажимы типа "улитки", зажимная длина составляла 200 мм.

Образец выдерживался внутри термокамеры в течение 5 мин, а затем растягивался до разрыва. Устанавливалась скорость движения верхнего зажима – 50 мм/мин, при этом скорость деформирования образцов составляла $\dot{\epsilon} = 4,17 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

По полученным диаграммам растяжения были вычислены средние значения максимального относительного усилия при разрыве и модуля жесткости, а по полученным результатам исследований построены диаграммы, характеризующие падение прочности (рис. 1) и изменение модуля жесткости (рис. 2) для пряжи из регенерированных параарамидных волокон от температуры.

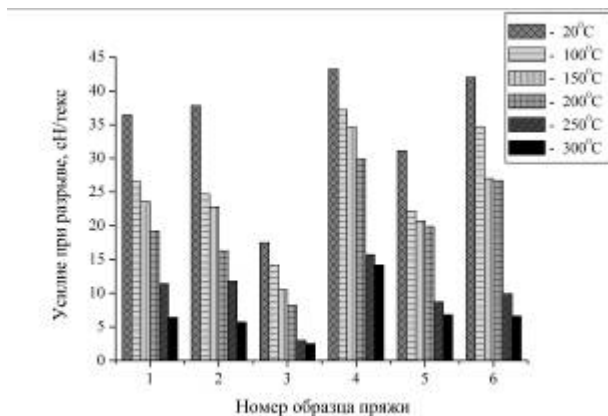


Рис. 1

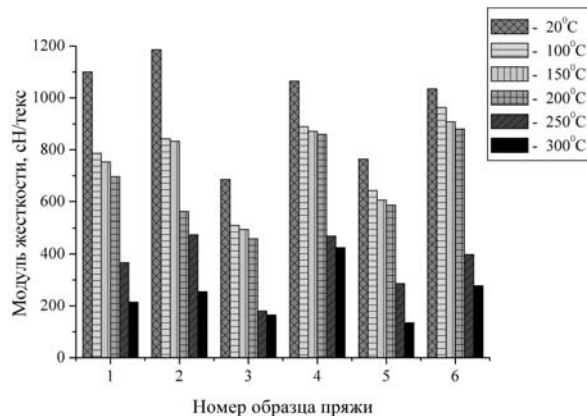


Рис. 2

Из приведенных зависимостей видно, что с увеличением температуры как прочность, так и модуль жесткости образцов снижаются с увеличением температуры.

Также одним из важных показателей для специальных материалов является сохранение прочности под действием температуры. Анализируя зависимость сохранения прочности у исследуемых образцов пряжи от температуры, можно отметить, что падение их прочности начинается со значений температур в 100°C. При данной температуре сохранение прочности образцов составляет примерно 65... 85% от исходных значений при комнатной температуре.

Далее с увеличением температуры до 150°C прочность падет почти на 40% и с дальнейшим увеличением температуры такой же характер поведения наблюдается у всех исследуемых образцов. Сохранение прочности, в среднем половина от исходной, наблюдается у всех образцов при температуре до 200°C. Далее при повышении температуры до 250 и 300°C у всех образцов наблюдается резкое падение прочности до 10...20% от исходной.

Характер зависимости падения усилия при разрыве от температуры у исследуемых образцов представлен на рис. 3. Из полученных зависимостей следует, что

прочность нитей уменьшается почти линейно с ростом температуры испытания.

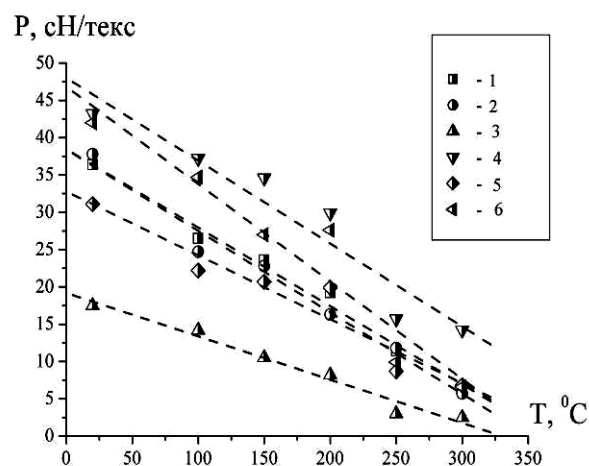


Рис. 3

Подобные зависимости могут быть описаны уравнениями линейной регрессии, которые в нашем случае примут вид:

$$P_{\text{отн}} = b - aT, \quad (1)$$

где $P_{\text{отн}}$ – относительное усилие при разрыве, cH/текс; T – температура при испытании, °C; a – коэффициент регрессии приведенной зависимости.

Для исследуемых образцов данные зависимости имеют следующий вид:

$$\text{обр. №1} \quad P_{\text{отн}} = 38,45 - 0,105T \quad (R^2=0,98), \quad (2)$$

$$\text{обр. №2} \quad P_{\text{отн}} = 38,42 - 0,109T \quad (R^2=0,98), \quad (3)$$

$$\text{обр. №3} \quad P_{\text{отн}} = 19,18 - 0,058T \quad (R^2=0,97), \quad (4)$$

обр. №4	$P_{\text{отн}} = 48,02 - 0,111T$	$(R^2=0,92),$	(5)
обр. №5	$P_{\text{отн}} = 32,8 - 0,086T$	$(R^2=0,93),$	(6)
обр. №6	$P_{\text{отн}} = 46,83 - 0,131T$	$(R^2=0,92).$	(7)

Из уравнений видно, что у образцов 1, 2, 4 и 5 характер уменьшения прочности примерно одинаков. Это видно из значения коэффициента регрессии. Самое большое падение наблюдается у образца №6, а самое маленькое – у образца №3. Полученные зависимости, на наш взгляд, очень хорошо отражают свойства исследуемых материалов и могут быть использованы для прогнозирования свойств этих материалов при различных температурах.

ВЫВОДЫ

1. Проведены механические испытания пряжи из регенерированных параарамидных волокон и их смесей с шерстью. Установлено, что с ростом температуры прочность при разрыве и модуль жесткости исследуемых материалов уменьшаются.

2. Получены математические модели – уравнения линейной регрессии, с высокой точностью описывающие зависимости изменения усилия при разрыве и модуля жесткости у исследуемых образцов под действием температуры.

3. Исследуемые образцы пряжи обладают достаточно высокими характеристиками устойчивости к воздействию высоких температур и поэтому могут быть использованы в производстве тканей и трикотажа для изготовления СЗО.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Serge Bourbigot and Xavier Flambar*. Heat resistance and flammability of high performance fibres: A review, *Fire and Materials*. – Volume 26, Issue 4-5, 2002. Pages 155-168.
2. *Труевцев Н.Н., Цымаркина О.Н., Аснис Л.М., Гусаков А.В.* Одиночная пряжа для текстильных изделий. Патент № 2241082, 2004
3. НПБ-157–97. Боевая одежда пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний: ГУГПС МВД России, 1997. С. 28.
4. *Перепелкин К.Е., Баранова С.А.* Изменение свойств ароматических сверхпрочных и сверхвысокомодульных нитей при термостарении // *Текстильная промышленность*. – 1995, № 4-5. С.28...30.
5. *Авророва Л.В.* Химические волокна третьего поколения, выпускаемые в СССР // *Химические волокна*. – 1989, №4. С.21...26.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 22.01.08.

УДК 677.054.3: 677.017.353

ОБ УРАБОТКЕ НИТЕЙ ОСНОВЫ В ТКАНИ И В ТКАЧЕСТВЕ

В.Л. МАХОВЕР, О.П. ЛЕНЕЦ, Д.Е. ЕФРЕМОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

При изучении динамики [1] упругой системы заправки ткацкого станка учитывается, что основа срабатывается с навоя длительное время, поэтому процесс регулирования заправочного и среднего (за раппорт переплетения по утку) натяжения нитей основы является медленно текущим квазистационарным процессом по сравнению с быстротекущими технологически необходимыми процессами зевобразования и прибора уточной нити к опушке ткани.

Поскольку радиус r намотки навоя изменяется достаточно медленно, подача основы за достаточно малое время t составит:

$$\ell_o = \omega_n r t, \quad (1)$$

где ω_n – угловая скорость вращения ткацкого навоя.

Отвод ткани вальном за то же время будет:

$$\ell_t = v_b t, \quad (2)$$

где v_b – линейная скорость вращения вальня.

Предполагается, что длина ℓ_o нитей, отпущенная с ткацкого навоя, находится в упругой системе заправки под усредненным за раппорт переплетения по утку натяжением T , а длина ткани ℓ_t , отведенная вальном, под усредненным натяжением $T_{\text{тк}}$.

Уработка нитей основы на ткацком станке

$$a_o^{(1)} = \frac{\ell_o - \ell_t}{\ell_o} \cdot 100, \quad \%, \quad (3)$$

или с учетом (1) и (2):

$$a_o^{(1)} = \left(1 - \frac{v_b}{\omega_n r} \right) \cdot 100, \quad \%. \quad (4)$$

При выработке с одного ткацкого навоя ткани с продольными полосами из разных переплетений или с разной плотностью по основе формулы (3) и (4), очевидно, будут применимы к каждой полосе. При этом уработка основы, рассчитанная по этим формулам, будет одинакова в разных полосах (так как v_b , ω_n и r для них одинаковы). Аналогичное утверждение можно встретить в [2, с. 370]. Однако натяжение нитей основы в разных полосах на ткацком станке будет разное, и при слишком большой разнице в натяжении выработка таких продольных полос станет практически невозможной.

Авторы [3, с. 41; 4 с.455] уработку нитей основы, рассчитанную по формуле (3), называют уработкой нитей основы в ткачестве, понимая под величиной ℓ_o – длину куска основы со шлихтовальной машины (на ткацком навое), а под величиной ℓ_t – длину суровой ткани, полученной из этого участка основы.

В учебнике [5, с.16] под величиной ℓ_o в формуле (3) подразумевается длина отрезка основы в системе заправки ткацкого станка, из которого выработана ткань длиной ℓ_t .

Необходимо отметить, что наряду с уработкой нитей основы в ткачестве различают уработку нитей основы в ткани [3, с. 42; 4 с.454], определяемую экспериментально по образцу ткани, снятой с ткацкого станка.

Для расчета используются следующие формулы:

$$a_o^{(2)} = \frac{\ell_{op} - \ell_{tk}}{\ell_{op}} \cdot 100, \% , \quad (5)$$

$$a_o^{(3)} = \frac{\ell_{ок} - \ell_{tk}}{\ell_{ок}} \cdot 100, \% , \quad (6)$$

где ℓ_{op} – длина основной распрямленной нити, вынутой из ткани; ℓ_{tk} – длина отрезка ткани в направлении основы; $\ell_{ок}$ – длина нити основы в ткани, определяемая по микросрезу с помощью курвиметра [6, с.39] или расчетом [7, с.283; 5, с.366].

На практике величины уработки для одной и той же ткани, рассчитанные по формулам (3), (5) и (6), могут различаться между собой. Так, например, согласно [6, с.44] "...длина нити в ткани больше длины нити, вынутой из ткани, вследствие того, что нить за время изъятия ее из ткани успевает релаксироваться, то есть восстановить часть высокоэластической деформации". Следовательно, длина ℓ_{op} в формуле (5) меньше длины $\ell_{ок}$ в формуле (6). Поэтому $a_o^{(3)} > a_o^{(2)}$.

По данным Ф.М. Розанова [6, с.45], например, относительная разность $a_o^{(3)}$ и $a_o^{(2)}$ для ткани полотняного переплетения из искусственного шелка составляет 20...30%.

Остаточную вытяжку $V_{от}$ нити основы в ткани, снятой с ткацкого станка, образованную высокоэластической деформацией, можно определить по формуле:

$$V_{от} = \frac{\ell_{ок} - \ell_{op}}{\ell_{op}} \cdot 100, \% . \quad (7)$$

С учетом этого можно получить связь между уработками $a_o^{(2)}$ и $a_o^{(3)}$.

Из (5) и (6) находим:

$$\ell_{tk} = \ell_{op} (1 - 0,01a_o^{(2)}) = \ell_{ок} (1 - 0,01a_o^{(3)}), \quad (8)$$

а из (7):

$$\ell_{ок} / \ell_{op} = 1 + 0,01V_{от} . \quad (9)$$

Решая совместно (8) и (9), после несложных преобразований будем иметь:

$$a_o^{(2)} = a_o^{(3)} (1 + 0,01V_{от}) - V_{от} . \quad (10)$$

Так как $0,01V_{от} \ll 1$, то приближенно

$$a_o^{(2)} = a_o^{(3)} - V_{от} . \quad (11)$$

Таким образом, разность между расчетной уработкой $a_o^{(3)}$ нитей основы в ткани и уработкой $a_o^{(2)}$, полученной по распрямленной нити, вынутой из ткани, равна остаточной высокоэластической вытяжке $V_{от}$ нити в ткани, снятой со станка.

Ввиду того, что натяжение нитей в ткани, снятой с ткацкого станка, близко к нулю, для хлопчатобумажных, льняных и шерстяных тканей с небольшой погрешностью можно принять $V_{от}=0$ и $a_o^{(2)} \approx a_o^{(3)}$.

Вернемся к случаю, когда с одного ткацкого навоя вырабатывается ткань с продольными полосами из разных переплетений.

Согласно (6) для i -й полосы ткани имеем:

$$a_{oi}^{(3)} = 100 \left(1 - \frac{\ell_{tk}}{\ell_{oki}} \right) . \quad (12)$$

Найдем связь между этой уработкой нитей в ткани, снятой с ткацкого станка, и уработкой $a_o^{(1)}$ нитей в ткачестве.

Так как

$$\ell_{tk} = \ell_{tk} (1 + 0,01\varepsilon_{tk})$$

и

$$\ell_{oki} = \ell_o / (1 + 0,01\varepsilon_{ti}), \quad (13)$$

где $\varepsilon_{\text{TK}}, \varepsilon_{\text{Ti}}$ – относительная деформация соответственно ткани и нитей (%) под действием натяжения T_{TK} и T_i в упругой системе заправки ткацкого станка, то по формуле (3) записываем:

$$a_o^{(1)} = 100 \left[1 - \frac{\ell_{\text{TK}} (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{TK}})}{\ell_{\text{OKi}} (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{Ti}})} \right]. \quad (14)$$

Из (12) отношение $\ell_{\text{TK}} / \ell_{\text{OKi}} = 1 - 0,01 a_{oi}^{(3)}$. Следовательно, выражение (14) примет вид:

$$0,01 a_o^{(1)} (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{Ti}}) = (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{Ti}}) - (1 - 0,01 a_{oi}^{(3)}) (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{TK}}). \quad (15)$$

После перемножения скобок правой части (15) и приведения подобных членов

будем иметь:

$$a_o^{(1)} (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{Ti}}) = \varepsilon_{\text{Ti}} - \varepsilon_{\text{TK}} + a_o^{(3)} (1 + 0,01 \varepsilon_{\text{TK}}).$$

Отсюда с учетом того, что $0,01 \varepsilon_{\text{TK}}$ и $0,01 \varepsilon_{\text{Ti}} \ll 1$, получим:

$$a_o^{(1)} + \varepsilon_{\text{TK}} = a_{oi}^{(3)} + \varepsilon_{\text{Ti}}. \quad (16)$$

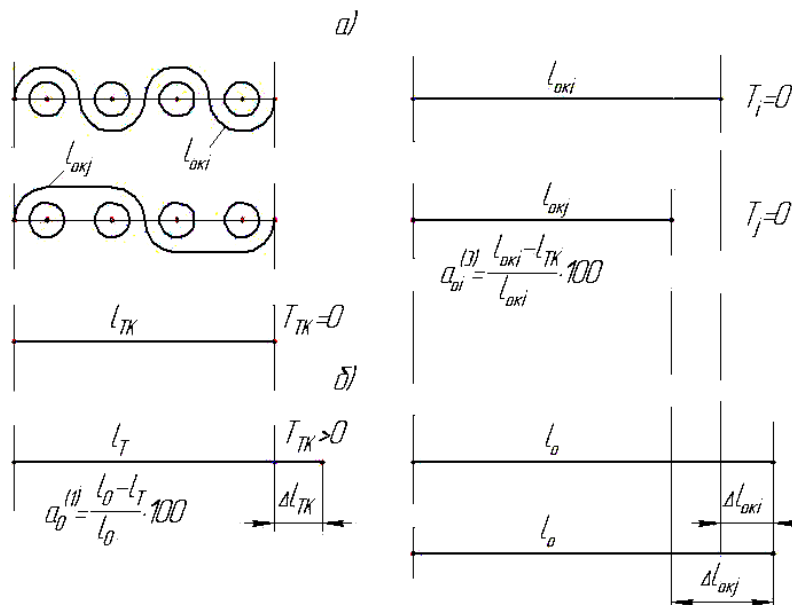


Рис. 1

Геометрическая интерпретация соотношения (16) поясняется с помощью рис. 1, где в длине ткани ℓ_{TK} , снятой с ткацкого станка (рис. 1-а), длины нитей основы в разных полосах при натяжениях $T_i = T_j = 0$ будут разными: $\ell_{\text{OKi}} > \ell_{\text{OKj}}$.

При работе ткацкого станка каждая из этих длин (рис. 1-б) подтягивается под действием натяжения T_i и T_j до одной и той же длины ℓ_o , отпущенной с ткацкого навоя. При этом:

$$\Delta \ell_{\text{OKi}} = 0,01 \ell_{\text{OKi}} \varepsilon_{\text{Ti}}, \quad \Delta \ell_{\text{OKj}} = 0,01 \ell_{\text{OKj}} \varepsilon_{\text{Tj}}. \quad (17)$$

Ткань под действием натяжения T_{TK} на ткацком станке тоже получает приращение:

$$\Delta \ell_{\text{TK}} = 0,01 \ell_{\text{TK}} \varepsilon_{\text{TK}}. \quad (18)$$

Учитывая сказанное, формулу (3) можно представить в виде:

$$a_o^{(1)} = 100 \left[1 - \frac{\ell_{\text{тк}} + \Delta \ell_{\text{тк}}}{\ell_{\text{оки}} + \Delta \ell_{\text{оки}}} \right], \quad (19)$$

что вместе с выражениями (17) и (18) идентично формуле (14), откуда, как и ранее, получается выражение (16).

Таким образом, при выработке ткани с продольными полосами из разных переплетений с одного ткацкого навоя сумма расчетной уработки $a_{oi}^{(3)}$ основных нитей в ткани и относительной деформации ε_{Ti} их на ткацком станке есть величина постоянная для каждой полосы, то есть:

$$a_{oi}^{(3)} + \varepsilon_{Ti} = \text{const}. \quad (20)$$

Согласно (16) эта константа равна сумме уработки $a_o^{(1)}$ нитей основы в ткачестве и относительной деформации $\varepsilon_{\text{тк}}$ ткани на ткацком станке.

Если в формуле (3) под величиной ℓ_t понимать длину выработанной ткани при нулевом натяжении (то есть снятой со

станка), то $\ell_t = \ell_{\text{тк}}$ и в первой формуле (13) будет $\varepsilon_{\text{тк}} = 0$. При этом соотношение (16) примет вид:

$$a_o^{(1)} = a_{oi}^{(3)} + \varepsilon_{Ti}. \quad (21)$$

В данном частном случае уработка $a_o^{(1)}$ нитей основы в ткачестве складывается из уработки $a_{oi}^{(3)}$ нитей основы в ткани (снятой с ткацкого станка) и относительной деформации ε_{Ti} нитей в каждой из продольных полос.

Равенство (20) показывает, что чем больше расчетная уработка $a_{oi}^{(3)}$ нитей основы в полосе ткани, тем меньшей деформации ε_{Ti} будут подвергаться нити в данной полосе и, следовательно, эти нити будут находиться под меньшим натяжением. Сказанное подтверждается экспериментами, проведенными на ткацком станке АТ-100-5М в УПМ кафедры ткачества ИГТА.

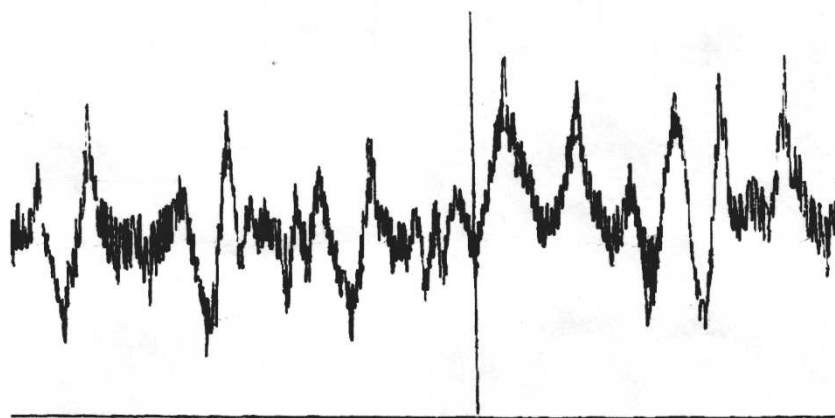


Рис. 2

Осциллограммы на рис. 2 показывают, что при выработке ткани с продольными полосами из полотняного и саржевого 1/3 переплетений (с одинаковой плотностью по основе и равным числом нитей в полосах) среднее натяжение нитей основы в полосе саржи больше натяжения нитей полотняного переплетения. Это как раз и объясняется тем, что уработка $a_{oi}^{(3)}$ нитей

основы в саржевой полосе ткани меньше, чем в полосе ткани полотняного переплетения.

Согласно (16) для i -й и j -й продольных полос в раппорте узора ткани, вырабатываемой с одного ткацкого навоя, можно написать:

$$\Delta \varepsilon_{Ti,j} = \Delta a_{i,j}^{(3)}, \quad (22)$$

$$\Delta \varepsilon_{Ti,j} = \varepsilon_{Tj} - \varepsilon_{Ti}; \quad \Delta a_{oi,j}^{(3)} = a_{oi}^{(3)} - a_{oj}^{(3)}. \quad (23)$$

Равенство (22) показывает, что чем больше разница в уработках нитей основы, рассчитанных по формуле (6) в ткани разных продольных полос, тем больше будет разница в относительных деформациях (и соответственно – в натяжениях) нитей в этих полосах при выработке их на ткацком станке. Разность уработок в продольных полосах ткани (то есть степень совместимости выработки продольных полос) определяется допустимой разностью $\Delta \varepsilon_{\text{доп}}$ относительных деформаций в полосах, которая зависит от вида переплетений и перерабатываемой пряжи. При этом должно быть выполнено условие:

$$\Delta a_{oi,j}^{(3)} \leq \Delta \varepsilon_{\text{доп}}. \quad (24)$$

ВЫВОДЫ

1. Взаимосвязь между уработкой $a_o^{(1)}$ нитей основы в ткачестве и уработкой $a_{oi}^{(3)}$ нитей основы в ткани с продольными полосами выражается формулами (16) и (21).
2. При выработке ткани с продольными полосами из разных переплетений с одного ткацкого навоя сумма расчетной уработки

основных нитей в ткани и относительной деформации их на ткацком станке есть величина постоянная для каждой полосы.

3. Неравенство (24) представляет собой условие совместимости выработки в ткани с одного ткацкого навоя продольных полос из разных переплетений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артемьев И.А., Гордеев В.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1973, № 4. С.61...63.
2. *Справочник по шерстоткачеству/С.Г. Кавокин, С.И. Разумовский, Г.Е. Новожилов и др.* – М.: Легкая индустрия, 1975.
3. *Оников Э.А.* Проектирование ткацких фабрик / учебник для вузов. – М.: Информ-знания, 2005. С.432.
4. *Хлопкоткачество: Справочник*, 2-е изд., перераб. и доп. /Букаев П.Т., Оников Э.А., Мальков Л.А. и др. Под ред. П.Т. Букаева. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
5. *Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А.* Строение и проектирование тканей. М., РИО МГТА, 1999.
6. *Розанов Ф.М., Кутепов О.С., Жупикова Д.М., Молчанов С.В.* Строение и проектирование тканей. – М.: ГосНТИ, 1953.
7. *Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А.* Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М., 2003.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.03.08.

УДК. 677.023

ОБ ИЗМЕНЕНИИ КРУТКИ ПЛЕНОЧНЫХ НИТЕЙ ПРИ СМАТЫВАНИИ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ БОБИН

А.И.ПАНИН, С.Л.ИВАНОВА, И.В.СИНЯЧКИНА, А.С.РОЗАНОВ

(Филиал Ульяновского государственного университета)

Свойства иглопробивного прессового сукна (стабильность размеров, способность пропускать через себя, не забиваясь, отпрессованную из бумажной массы воду, наполнитель и мелкие волокна, иметь ровную поверхность) главным образом зависят от строения каркасной ткани.

Материал нитей, из которых изготовлен каркас, наряду с другими факторами (плотностью каркасной ткани по основе и по утку, линейной плотностью основных и уточных нитей, вида переплетения и т.д.) оказывает решающее влияние на свойства иглопробивного сукна.

В последнее время с целью выработки каркасных тканей для иглопробивных су-кон все шире стали использоваться полипропиленовые пленочные нити, обладающие всеми требуемыми свойствами. В России для выработки каркасных тканей используются полипропиленовые пленочные нити линейной плотности 100, 143 и 200 текс.

Рассмотрим проблемы, возникшие при сматывании этих нитей с цилиндрических бобин сомкнутой структуры, на которых они поступают с химических заводов в ткацкое производство. Эти проблемы обусловлены изменением крутки пленочных нитей по мере срабатывания бобин.

Изменение крутки пленочных нитей в процессе сматывания ведет к изменению их физико-механических свойств и, как следствие, свойств каркасных тканей.

Определим изменение крутки пленочных нитей по мере срабатывания бобины.

На рис.1 изображена развертка витков намотки пленочных нитей на цилиндрической бобине, где d – диаметр нити (в нашем случае это ширина пленочной нити, имеющей прямоугольное сечение); D – текущий диаметр намотки бобины, см; β – угол скрещивания витков; $H = 25$ см – высота намотки бобин, см; h – шаг витков намотки, см.

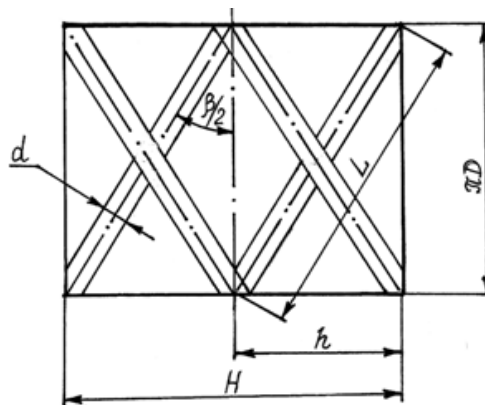


Рис. 1

При осевом сматывании пленочной нити каждый смотанный с бобины виток получает одно дополнительное кручение на длину витка. Величина крутки может быть определена по формуле:

$$K = \frac{1}{L} \left(\frac{\text{кр}}{\text{см}} \right), \quad (1)$$

где L – длина витка в слое намотки.

В свою очередь длина витка в слое намотки может быть определена по формуле:

$$L = \frac{\pi D}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (\text{см}). \quad (2)$$

На рис. 2 показана кинематическая схема мотальной головки машины Макромат фирмы Georg Samm (Германия).

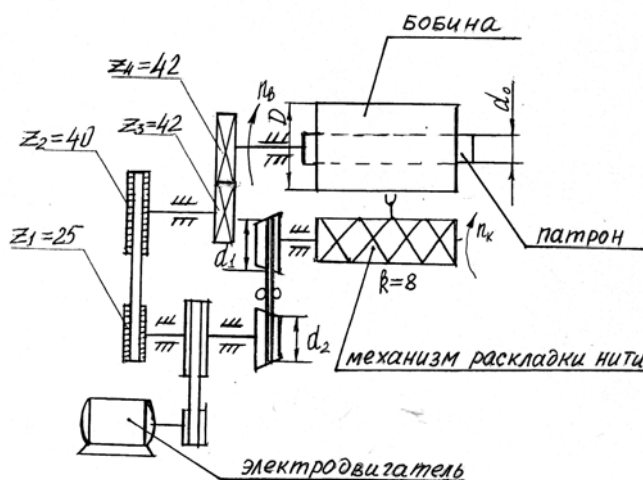


Рис. 2

Определим длину витка в одном слое намотки.

Тангенс угла подъема витков (рис.1):

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{h}{\pi D}.$$

Для шага витков намотки имеем:

$$h = \frac{h_k}{i_o},$$

где i_o – общее передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя; h_k – шаг пазового кулачка нитеводителя, который определяется по формуле:

$$h_k = \frac{2H}{k},$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4H^2}{k^2 i_o^2 \pi^2 D^2}}} = \sqrt{\frac{k^2 i_o^2 \pi^2 D^2}{k^2 i_o^2 \pi^2 D^2 + 4H^2}} = k i_o \pi D \sqrt{\frac{1}{k^2 i_o^2 \pi^2 D^2 + 4H^2}}.$$

Следовательно, длина витка в слое намотки:

$$L = \frac{\pi D}{k i_o \pi D \sqrt{\frac{1}{k^2 i_o^2 \pi^2 D^2 + 4H^2}}} = \sqrt{\pi^2 D^2 + \frac{4H^2}{k^2 i_o^2}}. \quad (4)$$

Тогда величина крутки будет определяться по формуле

$$K = \frac{1}{L} = \frac{1}{\sqrt{\pi^2 D^2 + \frac{4H^2}{k^2 i_o^2}}}. \quad (5)$$

Анализ формулы (5) показывает, что с уменьшением диаметра намотки бобины, по мере сматывания с нее нити, величина крутки пленочной нити будет возрастать, что приводит к более интенсивному образованию сукрутин на сматываемой с бобины нити, ее запутыванию и обрыву.

где k – число оборотов пазового кулачка нитеводителя или барабанчика за цикл (один двойной ход) движения нитеводителя.

Тогда

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{h_k}{i_o \pi D} = \frac{2H}{k i_o \pi D}. \quad (3)$$

Из математики известно, что

$$\cos \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}}.$$

Подставляя в эту формулу значение

$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$ из (3), получим:

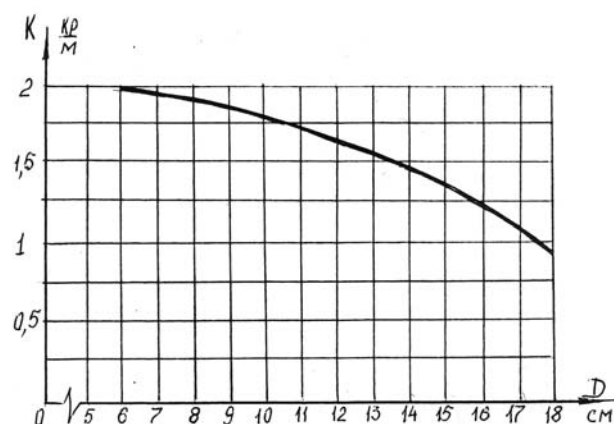


Рис. 3

На рис. 3 показана зависимость величины крутки полипропиленовой пленочной нити от диаметра намотки бобины, сформированной на машине Макромат при следующих исходных данных: $H = 25$ см; $k = 8$; $i_o = 0,54$; $D_{\max} = 22$ см; $d_o = 6$ см – диаметр патрона (начальный диаметр).

Из графика видно, что величина крутки в конце сматывания нити с бобины возрастает более чем в два раза.

ВЫВОДЫ

1. При сматывании пленочных нитей с неподвижных цилиндрических бобин происходит изменение ее крутки, возрастающее с уменьшением диаметра намотки бобины.

2. Увеличение крутки пленочных нитей по мере сматывания с бобин может являться причиной более интенсивного образования сукрутин на сматываемой нити и приводить к ее запутыванию и обрывам.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 29.03.08.

УДК 677.11: 677.027.5

КОМПЛЕКСНАЯ ОТДЕЛКА МЕБЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

А.Н. БЛИНОВ, А.М. КИСЕЛЕВ, Т.В. КОВАЛЕВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

В последние годы сформировалась устойчивая тенденция повышения спроса и увеличения выпуска мебельных изделий. В период 2003-2006 гг. это увеличение составило в среднем 15...25% в год [1]. Подобная ситуация обуславливает необходимость совершенствования технологий нанесения рисунков и придания специальных свойств обивочным тканям, предназначенным для оформления мебельных гарнитуров в интерьерах бытовых и общественных помещений.

В статье представлены результаты исследований, направленных на улучшение колористических и прочностных показателей термопереводных печатных рисунков и одновременное придание комплекса устойчивых потребительских качеств мебельным тканям с полиэфирным ворсом.

Решение поставленной задачи достигается за счет предварительной обработки ткани отделочными препаратами с последующим проведением процесса сублимационной печати. В ходе данного процесса одновременно обеспечивается фиксация молекул дисперсных красителей на полиэфирном материале и формирование на его поверхности пленки отделочного препарата, придающей ткани необходимые свойства.

При проведении эксперимента ткань обрабатывалась в плюсовке (отжим 85%) различными препаратами и высушивалась при температуре 90...95°C в потоке сухого горячего воздуха. Характеристика использованных отделочных препаратов для предварительной обработки мебельных тканей представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование препарата	Отделочный эффект	Состав препарата	Концентрация в плюсовке, г/л
Рукогарт АРС	водогрязеотталкивание	полимерная дисперсия на основе перфторированных полиакриловых соединений	30
Тубикоут НР-27	водомаслоотталкивание	фторуглеродная смола	35
Танастат 6040	антистатический эффект	алкилфосфат калия	25
Микроцелл IDRO	комплексный эффект отделки	гидрофильная силиконовая наноземulsion	20
Рукостар Е ³	то же	препарат с наноразмерными частицами	15

П р и м е ч а н и е. Концентрации препаратов даны по рекомендациям фирм-изготовителей.

После предварительного плюсования и сушки образцы мебельной ткани печатали на лабораторном термпрессе с использованием специальной бумаги с рисунком при температуре 210° С в течение 20 с (для сравнения печатались образцы, не про-

шедшие предварительную обработку).

У полученных образцов определялись следующие показатели: интенсивность и устойчивость окраски к сухому и мокрому трению, водоупорность, маслоотталкивание, устойчивость к загрязнению, антиста-

тический эффект. Результаты эксперимента сведены в табл. 2 – качество окрасок и

свойства мебельной ткани после процесса термопереводной печати.

Т а б л и ц а 2

Отделочный препарат	Показатели качества мебельной ткани						
	ГКМ	СТ	МТ	ВУ	МО	УЗ	АС
Рукогарт АРС	2,63	4-5	3-4	325	80	0,85	$8,7 \cdot 10^{13}$
Тубикоут НР-27	2,84	4	3-4	335	110	0,88	$5,3 \cdot 10^{13}$
Танастат 6040	2,76	4-5	4	310	70	0,78	$1,6 \cdot 10^{12}$
Микроцелл IDRO	3,05	5	4	320	90	0,86	$4,8 \cdot 10^{13}$
Рукостар Е ³	3,15	5	4-5	325	100	0,90	$9,8 \cdot 10^{12}$
Без предварительной обработки	2,66	4	3	240	50	0,45	$5,2 \cdot 10^{14}$

П р и м е ч а н и е. ГКМ – интенсивность цвета: функция Гуревича-Кубелки-Мунка; СТ и МТ – устойчивость окраски к сухому и мокрому трению, балл (ГОСТ 9733.027–83); ВУ – водоупорность, метод Шоппера, мм вод.ст.; МО – маслоотталкивание, метод ЗМ; УЗ – устойчивость к загрязнению, отн.ед.; АС – антистатический эффект, удельное электрическое сопротивление, Ом [2].

Анализ полученных результатов показывает, что максимальный эффект отделки полиэфирной мебельной ткани по каждому из выбранных показателей достигается при использовании конкретного препарата, предназначенного для данного вида отделки. Так, например, максимальная водо- и маслостойкость выявлена при применении препарата тубикоут НР-27 (фторуглеродная смола), а наибольший антистатический эффект – для препарата танастат 6040 (алкилфосфат калия). В то же время, если оценивать комплексный отделочный эффект с учетом всех показателей, то очевидно, что он наиболее сильно проявляется при использовании препаратов с наноразмерными частицами (микроцелл IDRO и рукостар Е³). При этом их концентрация в плюсовочной ванне минимальна (10...15 г/л), а уровень отделочных эффектов достаточно высокий и ровный.

Важно отметить, что применение нанопрепаратов (в особенности, рукостар Е³) имеет универсальный характер и, наряду с сообщением улучшенных потребительских свойств, позволяет повысить яркость и прочность окрасок термопереводных печатных рисунков на полиэфирной ткани. Специфическое и высокоэффективное действие данных препаратов обусловлено их способностью к образованию «наносу» и «наносфер» ультрамалых размеров (30...50 нм) за счет физико-химической модификации структуры традиционных полимеров. При этом наноразмерные сис-

темы сохраняют реакционные группы и при обработке полиэфирного материала проявляется эффект гидрофилизации поверхности субстрата, что способствует интенсификации его окрашиваемости с повышением интенсивности и прочности окрасок [3].

Таким образом, применение рекомендуемых препаратов по схеме плюсование – термопереводная печать позволяет улучшить качество узорчатой расцветки и потребительские свойства обивочных мебельных тканей с полиэфирным ворсом.

В Ы В О Д Ы

1. С целью повышения качества узорчатой расцветки и улучшения потребительских свойств мебельных обивочных тканей с полиэфирным ворсом предложена их предварительная обработка отделочными препаратами перед процессом термопереводной печати.

2. Экспериментально установлено, что лучшие результаты по интенсивности и прочности окрасок, способности к водо- и маслогрязеотталкиванию и снижению электростатического заряда достигаются при предварительном плюсовании мебельной ткани наноразмерными препаратами в концентрации 15...20 г/л, что обусловлено модификацией структуры и специфической ориентацией макромолекул полимера, а также гидрофилизацией поверхности полиэфирного субстрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомченкова Л.Н. Обзор рынка современных обивочных материалов для мебели // Текстильная промышленность. – 2006, №11. С. 28...32.
2. Лабораторный практикум по ХТВМ / Под научн. ред. проф. Г.Е.Кричевского). – М., 1994.

3. Телегин Ф.Ю. Нанотехнологии в крашении и отделке текстиля // Мат. Междунар. конф.: Нанотехнологии в индустрии текстиля. – М., 2006. С.25...27.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 03.02.08.

УДК 677.027

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛЮМОСИЛИКАТА В ПРОЦЕССАХ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРЕДКОНДЕНСАТАМИ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ СМОЛ

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

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Цель настоящей работы заключалась в оценке возможности использования в процессах отделки текстильных материалов синтетического алюмосиликата, являющегося побочным продуктом в производстве фторида алюминия, выпускаемого Череповецким химическим комбинатом. По техническим условиям производителя [1] побочный продукт представляет собой тонкодисперсный (размер частиц 5...10 мкм) практически нерастворимый в воде кристаллический порошок белого цвета, основной составляющей которого являются оксиды кремния и алюминия.

Этот алюмосиликат содержит до 2...6% фторида алюминия, имеет общую формулу $[xAl_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot zAlF_3]$ и в дальнейшем будет именоваться САС (синтетический алюмосиликат). Комбинация в его составе нерастворимой (оксидов кремния и алюминия) и растворимой (фторид алюминия) частей обуславливает многовариантность применения САС в процессах отделки тканей.

В работе представлены результаты экспериментов по оценке эффективности использования САС в качестве катализатора процессов заключительной отделки общего назначения для хлопчатобумажных, вискозно-штапельных и льняных тканей предконденсатами термореактивных смол.

Каталитическая активность синтетического алюмосиликата в данном случае обусловливается присутствием в его составе фторида алюминия, гидролизующегося в водной среде до фтороводородной кислоты.

Жесткие нормативы по содержанию свободного формальдегида на ткани диктуют необходимость использования низкоформальдегидных и, следовательно, низкорекреационных предконденсатов термореактивных смол, требующих тщательного подбора катализаторов, в качестве которых обычно применяются потенциально кислые соли или композиции на их основе.

Оценку эффективности действия САС в процессах заключительной отделки общего назначения (МС, МАРС, ПУХО) проводили с использованием препаратов российских фирм, отличающихся содержанием свободного формальдегида: карбамол ЦЭМ, карбамол ГЛ, отексид Д-2, отексид НФ, фортекс.

Основными критериями оценки эффективности отделки служили: несминаемость, жесткость образцов, прочность на разрыв, стабильность линейных размеров после мокрой обработки [2].

В качестве объекта сравнения выбрали наиболее часто используемые катализато-

ры – хлорид магния и хлорид аммония в сочетании с уксусной кислотой, которые обеспечивают наибольшую каталитическую активность процессов сшивки и смолообразования.

При проведении эксперимента варьировали концентрацию катализатора в пределах 0...15 г/л.

В качестве примера на рис. 1 отражен характер влияния концентрации САС на несминаемость льняной (1), хлопчатобумажной (2) и вискозно-штапельной (3) тканей, аппретированных с применением препаратов фортекс (кривые 1,2,3) и отексид НФ (кривые 1',2',3'). Температурно-временные параметры обработки и составы, за исключением вводимого катализатора, соответствовали типовым режимам, представленным в справочнике [3].

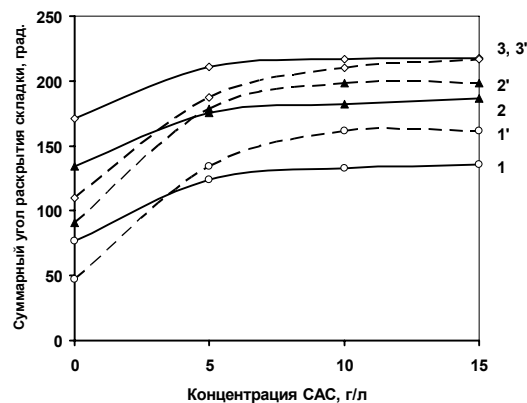


Рис. 1

Установлено, что для получения необходимого качества отделки (не ниже получаемого с типовыми составами) достаточно 10 г/л катализатора (~0,2...0,6 г/л AlF_3), причем для препарата фортекс концентрация САС может быть снижена до 5 г/л, поскольку его выпускная форма уже содержит катализатор.

Таблица 1

Препарат	Катализатор	Ткани								
		миткаль			лен			штапель		
		несминаемость*, град*	потери прочности, %	жесткость, отн.ед.	несминаемость*, град*	потери прочности, %	жесткость, отн.ед.	несминаемость*, град*	потери прочности, %	жесткость, отн.ед.
Исходный материал		90	0	1	84,8	0	1	93,4	0	1
Отексид Д-2	хлористый магний	122,2/109,6	15,5	2,48	101,0/92,0	30,6	1,32	189,2/170,5	24,2	1,64
	САС	128,8/118,2	10,2	1,65	117,2/112,0	16,7	1,08	210,0/193,4	13,6	1,07
Отексид НФ	хлористый аммоний+уксусная кислота	182,5	-	3,04	122,2	-	1,39	183,8	-	1,60
	САС	198,2	-	2,13	161,6	-	1,07	217,0	-	1,10
Фортекс	без катализатора	149,6	21,7	2,22	102,8	40,7	1,47	200,2	22,4	1,81
	САС	187,2	8,3	1,57	135,5	29,3	1,20	217,2	12,2	1,05
Карбамол ГЛ	хлористый аммоний+уксусная кислота	196,0/174,4	-	1,91	139,4/125,3	-	1,42	196,6/174,8	-	1,72
	САС	200/188,2	-	1,48	151,2/137,4	-	1,14	205,4/174,8	-	1,10
Карбамол ЦЭМ	хлористый магний	191,8	26,7	2,91	149,4	33,2	1,39	194,2/192,8	28,3	1,53
	САС	194,8	21,7	1,91	157,8	17,8	1,07	207,2	20,3	1,12

П р и м е ч а н и е. * - суммарный угол раскрытия складки (для отекида Д-2 и карбамол ГЛ несминаемость измерялась в день приготовления/через сутки выстаивания).

Данные, представленные в табл. 1, иллюстрируют эффективность использования

САС в процессе малосминаемой отделки при оптимальной концентрации катализатора.

Как видно из табл. 1, использование синтетического алюмосиликата позволяет увеличить суммарный угол раскрытия складки при уменьшении потерь прочности материала в среднем на 20 %. Как и следовало ожидать, прирост уровня несминаемости в первую очередь определяется природой отделочного препарата и его активностью. Так, при использовании препаратов с высоким выходом формальдегида на волокно (карбамол ЦЭМ, карбамол ГЛ) замена хлорида магния или хлорида аммония в сочетании с уксусной кислотой на САС обеспечивает повышение несминаемости на 5...11 град, в то время как для фортекса и отексидов НФ и Д-2 суммарный угол раскрытия складки увеличивается в среднем на 25...30 град. При этом не отмечено заметного влияния САС на бытовую усадку, поскольку при отделке с любым из используемых составов по режимам МАРС или ПУХО [3] после стирки ткань сохраняет постоянство линейных размеров и формоустойчивость.

Причину такого влияния САС на результаты отделки объяснить однозначно трудно. Однако, учитывая характер изменения технических результатов и основываясь на данных из [4], можно предположить, что САС, являясь комплексным препаратом и достаточно сильным катализатором, может увеличивать длину межмолекулярных связей и их количество. Это способствует увеличению гибкости связи и нивелирует негативное действие аппрета, вызывающего снижение прочности. В совокупности все это положительно влияет на качество отделки. Косвенно это предположение подтверждается оценкой такого показателя, как жесткость аппретированных тканей.

Известно, что заключительная отделка предконденсатами термореактивных смол вызывает ухудшение грифа обработанных целлюлозосодержащих материалов и повышение их жесткости. При использовании нового катализатора отрицательное влияние этого фактора заметно снижается (табл. 1). Вероятно, этот эффект связан с наличием в составе САС соединений кремния, способствующих приданию ма-

териалу мягкого грифа. В пользу предположения об определяющей роли нерастворимой части САС в уменьшении жесткости аппретированных тканей свидетельствует тот факт, что наибольшее ее снижение получено на льняной ткани, имеющей неоднородную поверхностную структуру и легче удерживающей мелкодисперсные частицы оксидов алюминия и кремния.

В аспекте сказанного представлялось интересным оценить возможность исключения мягчителя из отделочной композиции. Для этого ткань обрабатывали различными составами как содержащими мягчителя, так и без них. Полученные экспериментальные результаты представлены на рис. 2.

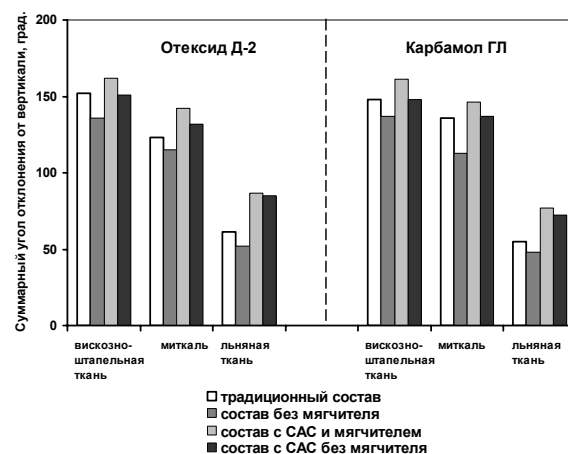


Рис. 2

Нетрудно видеть, что при отсутствии мягчителя в типовом аппретировующем составе жесткость отделанной ткани повышается, при этом у материалов, отделанных с САС, этот эффект менее заметен, чем у образцов, получивших отделку традиционным составом. Следовательно, при использовании препарата САС мягчитель может быть исключен из отделочной композиции без ущерба для качества обработанного материала.

Высокая каталитическая активность фторида алюминия в процессах заключительной отделки могла вызвать преждевременную конденсацию отделочного препарата в условиях приготовления и хранения аппретировующей композиции. Об этом свидетельствует серия эксперимен-

тов, в которых оценивалось влияние времени выдерживания аппретирующего состава на результаты отделки (табл. 1).

Как видно из представленных данных, для САС и традиционно используемых катализаторов при аппретировании составом, приготовленном накануне, эффективность отделки снижается в среднем на 6...12%, причем для САС это проявляется в меньшей степени. Таким образом, замена хлоридов магния и аммония на новый препарат не нарушает обычного регламента использования отделочной композиции.

ВЫВОДЫ

1. Доказана эффективность использования синтетического алюмосиликата в качестве катализатора при отделке хлопчатобумажных, льняных и вискозно-штапельных тканей композициями на основе низкоформальдегидных предконденсатов термореактивных смол.

2. Установлено, что замена традиционно используемых катализаторов синтетическим алюмосиликатом в процессах малосминаемой, несминаемой и малоусадочной отделки позволяет заметно повысить

несминаемость и мягкость аппретированных материалов, не ухудшая при этом их прочностные характеристики.

3. На основании результатов проводимых исследований выбраны оптимальные концентрации САС в композициях для заключительной отделки, позволяющие обеспечить высокие технические показатели отделки текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 19181-78. Алюминий фтористый технический. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. С.3.

2. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов: учеб. пособие для вузов / Т. С. Новорадовская, Т. Д. Балашова, Н.Е. Булушева и др.; под общ. ред. Г. Е. Кричевского. – М., 1995.

3. Отделка хлопчатобумажных тканей в 2-х ч. – Ч.1. – Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: Справочник / Под ред. Б.Н.Мельникова. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

4. Мельников Б.Н., Захарова Т.Д. Современные способы заключительной отделки тканей из целлюлозных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1975.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 21.03.08.

УДК 677.027.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ В ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКЕ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ

Л.А.ГОЛОВИНА, С.Ф.САДОВА, В.К.ПЕРЕВОЛОЦКАЯ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации
легкой промышленности)

Развитие биотехнологических процессов в текстильной промышленности, основанное на возможности модификации поверхности текстильных материалов, представило новые возможности в процессе заключительной отделки льняных тканей. Созданы технологии, базирующиеся на контролируемой эрозии текстильных ма-

териалов, для придания мягкости, удаления нежелательных микрофибрилл (антипиллинговая обработка) или создания требуемых микрофибрилл (эффект "персиковая кожа") [1], [2].

В ранее проведенных исследованиях действия препарата целловиридин Г2Х (ф. Арсенал Гольджи, Россия) на полуль-

няную ткань арт. 04251 на заключительном технологическом этапе: после отбеливания, крашения, были отмечены как положительные, так и отрицательные последствия этого воздействия [3].

Целью данного исследования являлось выяснение возможности применения отечественного препарата целловиридин Г20Х (изначально предназначенного для других целей) в качестве реагента для заключительной отделки, оценка специфики его действия на чистольняную ткань (арт.05120) в сравнении с зарубежным препаратом Cellusoft APL (ф. Novozymes, Дания), разработанным специально для заключительной отделки льняных материалов.

Для выяснения изменения физической структуры, химического состава целлюлозы и сопутствующих ей примесей в льняном волокне после ферментных обработок были исследованы следующие показатели льняной ткани: потеря массы, жесткость (мН·см), прочность на разрыв (кг), капиллярность (по основе) за 60 мин, степень полимеризации (СП), рассчитанная по показателю удельной вязкости 0,1% медно-аммиачных растворов целлюлозы, содержание α -целлюлозы. Также для исследования был использован метод растровой электронной микроскопии. В качестве эталона был взят образец исследуемой ткани, не обработанный ферментами.

На рис. 1 представлена зависимость потери массы ткани от концентрации фермента (обработка велась при механическом встряхивании 100 об/мин, температура рабочего раствора 45°C, рН 5,5, продолжительность 60 мин).

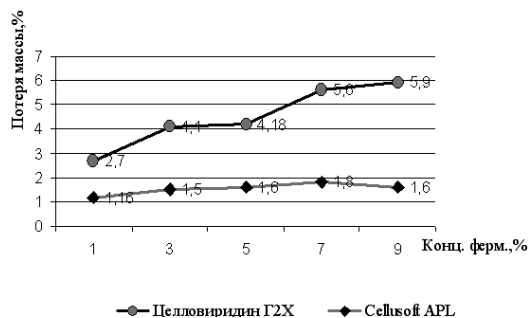


Рис. 1

При равных условиях Cellusoft APL оказывает более мягкое действие на льняную ткань, при этом есть его предельная концентрация: 7 %, при которой наблюдается максимальная потеря волокнистой массы; дальнейшее увеличение концентрации препарата в растворе не сопровождается ростом потери массы волокна. Для целловиридина Г20Х в выбранных пределах наблюдается пропорциональная зависимость потери массы от концентрации препарата.

Для выполнения поставленной задачи также исследовали зависимости жесткости и прочности льняной ткани, обработанной указанными препаратами на стадии заключительной отделки по нескольким параметрам: влияние солей жесткости (на водопроводной воде (жесткость 4 мг/л) и дистиллированной); влияние стадии отделки (окрашенная и неокрашенная ткани), концентрация ферментного препарата (3 и 9% от массы ткани). Результаты (изменение первоначальной прочности (а) и жесткости ткани (б) при ферментативных обработках представлены на рис. 2.

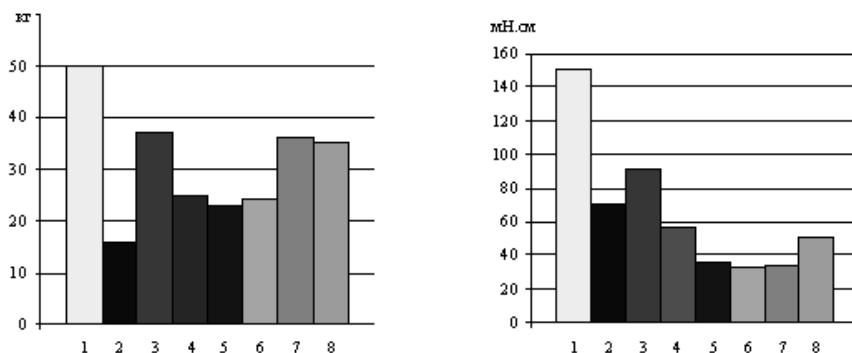


Рис. 2

При одинаковом содержании исследуемых препаратов (3%) в рабочем растворе, приготовленном на водопроводной воде, целловиридин Г20Х уменьшает первоначальную прочность ткани на 75% и снижает показатель жесткости ткани на 60%, тогда как Cellusoft APL уменьшает прочность на 25%, а жесткость на 40%. На окрашенную ткань целловиридин Г20Х оказывает меньшее разрушающее действие, чем на белую, при этом эффект "мягчения" сохраняется. Наличие солей жесткости усиливает ферментативную деструкцию льняного волокна целловиридином Г20Х.

Cellusoft APL оказывает одинаковое разрушающее действие как в дистиллированной, так и в водопроводной воде. Однако при обработке в дистиллированной воде показатель жесткости ткани снижается более чем в 2 раза. Повышение концентрации препаратов с 3 до 9% в отсутствии солей жесткости (на дистиллированной воде) не увеличивает эффективность воздействия на волокнистый материал.

Данные по результатам исследования физико-химических свойств изучаемой льняной ткани после ферментной обработки по каждому препарату сведены в табл. 1 и 2 (после обработки целловиридином Г20Х – табл. 1; Cellusoft APL – табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Контролируемые показатели льняной ткани арт.05120	Необработанный образец	Концентрация целловиридина Г2Х в % от массы ткани					
		1	3 (на водопр. воде)	3	5	7	9
Потеря массы, %	-	2,7	5,2	4,1	4,2	5,6	5,9
Капиллярность, мм	98	-	81	65	-	-	70
Степень полимеризации, ед	2060	1770	1790	1700	1740	1720	1680
Влагосодержание, %	7,0	6,2	5,7	5,3	6,5	6,3	5,9
Содержание α-целлюлозы	88,3	88,3	87,8	87,7	89,9	88,0	88,0
Содержание альдегидных групп, %	0,185	-	0,190	0,185	-	-	-

Т а б л и ц а 2

Контролируемые показатели льняной ткани арт.05120	Необработанный образец	Концентрация Cellusoft APL в % от массы ткани					
		1	3 (на водопр. воде)	3	5	7	9
Потеря массы, %	-	1,2	1,5	1,5	1,6	1,8	1,6
Капиллярность, мм	98	-	88	61	-	-	65
Степень полимеризации, ед	2060	1960	1890	1840	1880	1550	1940
Влагосодержание, %	7,0	6,6	6,3	5,6	6,3	6,4	5,6
Содержание α-целлюлозы	88,3	89,2	88,9	88,9	89,5	89,2	88,8
Содержание альдегидных групп, %	0,185	-	0,180	0,189	-	-	-

Как видно из данных таблиц, ферментные препараты значительно различаются по силе воздействия на целлюлозу исследуемой ткани. Более мягкое действие препарата Cellusoft APL подтверждается, по-

мимо показателей потери массы, жесткости и прочности на разрыв, также значениями степени полимеризации, содержанием α-целлюлозы.

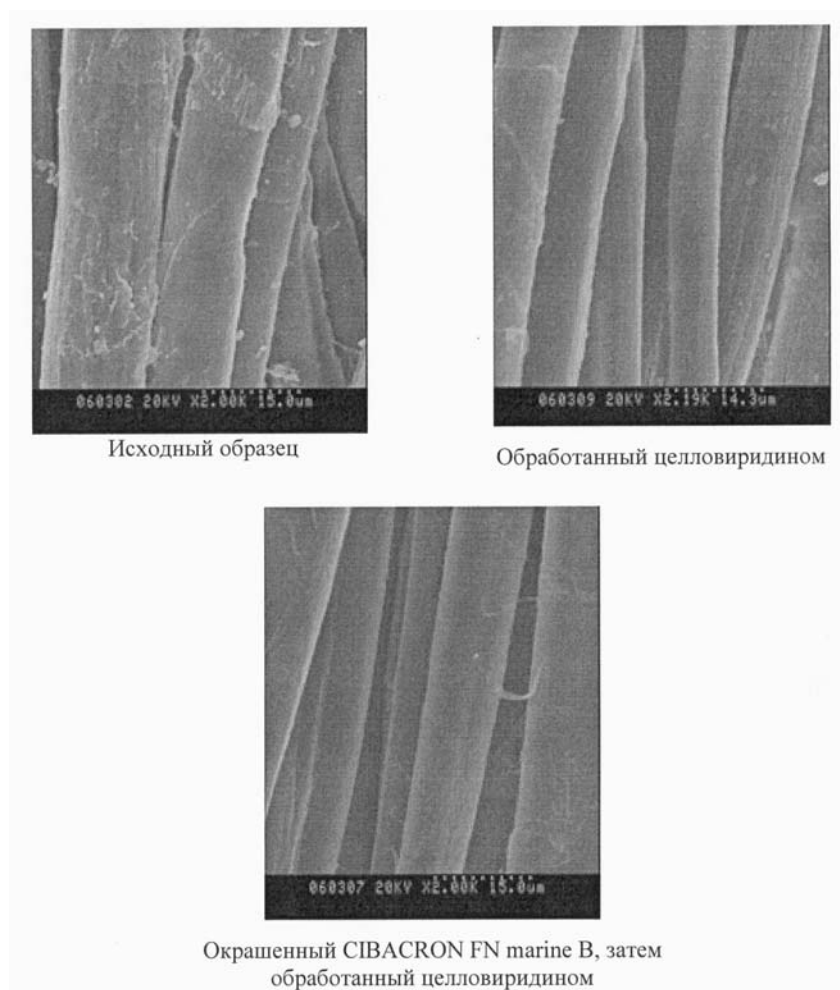


Рис. 3

Для визуального подтверждения действия используемых биопрепаратов были проведены исследования методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на приборе HITACHI S-405A. Полученные микрофотографии поверхности льняных волокон представлены на рис. 3 (увеличение изображения 1:2000).

На микрофотографиях хорошо виден эффект "полировки" после обработки целлювиридином Г20Х, волокна гладкие, отсутствует "мохнатость", характерная для исходного образца. Присутствие на волокне активного бифункционального красителя не препятствует действию ферментов – на рис. 3 видно, что окрашенное волокно после обработки ферментами такое же гладкое, как и неокрашенное.

Анализируя данные, полученные методом (РЭМ), можно предположить следующее: увеличение в 2000 раз говорит о том, что на фотографиях представлены элемен-

тарные волокна льна, которые состоят из нескольких слоев оболочек, причем первичный слой состоит преимущественно из пектиновых веществ, гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. "Борозды", которые хорошо видны на фотографиях образцов, обработанных биопрепаратом, и отсутствие микротрещин, которые характерны для исходного образца, позволяют предположить, что ферменты, входящие в состав целлюлолитических препаратов, практически полностью разлагают первичную оболочку элементарного льняного волокна.

ВЫВОДЫ

1. Cellusoft APL как препарат, предназначенный для заключительной отделки льняных тканей, обеспечивает более воспроизводимый процесс, так как потеря прочности (25%) одинакова для всех вариантов и величина ее согласуется с показателями ГОСТа.

2. При отделке указанными биопрепаратами следует вводить в раствор комплексоны, связывающие основные соли жесткости. Оптимальная концентрация ферментного препарата в процессе отделки для придания мягкого "туше" составляет 3...5% от веса волокнистого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Николов А.* Энзимы фирмы Ново Нордиск для текстильной промышленности // Текстильная химия. – 1998, № 2 (14) (Специальный выпуск). С.65...67.

2. *Синицын А.П., Кричевский Г.Е.* Возрастающая роль энзимных биотехнологий в отделке тек-

стиля. Взгляд энзиолога и химика-технолога // Текстильная химия. – 2000, № 2 (18) (Специальный выпуск РСХТК). С.112...116.

3. *Соколова Л.А., Садова С.Ф., Пузикова Н.П., Переволоцкая В.К.* Применение биопрепарата на основе целлюлазного комплекса для облагораживания льняных и полульняных тканей // Научный альманах. Текстильная промышленность. – 2005. С.32...35.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 28.01.08.

ЭФФЕКТ СООСНЫХ ЦИЛИНДРОВ В ПРОЦЕССЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

В.Д. ФРОЛОВ, Н.Г. ЖАРОВА, И.В. ФРОЛОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Свойства волокон и структура текстильных изделий, изготовленных из них, являются основными факторами, определяющими протекание процесса регенерации волокнистых отходов.

Наиболее эффективное и щадящее воздействие на технологию разволокнения текстильных структур оказывают круговые волны.

Если (S_λ) семейство соосных цилиндров в пространстве (или концентрических кругов в плоскости), то

$$r_1 = \sqrt{x^2 + y^2} = \lambda$$

и решение вида

где

$$\square u = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \beta \frac{\partial u}{\partial t^2} - \left[a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial u}{\partial y} + cu \right], \quad (3)$$

где коэффициенты уравнения (3) – непрерывные функции от x и y , а

$$a_{11} > 0, \quad a_{22} > 0, \quad a_{11} a_{22} > a_{12}^2.$$

Решение уравнения (1) имеет вид:

$$u(x, y, z, t) = \Phi(v)F[\omega(v) - t], \quad (4)$$

где Φ , F и ω – функции одного переменного, причем Φ не равна тождественно нулю, F не постоянна, ω либо тождественно равна нулю, либо монотонна.

$$u = \Phi(r_1)F[\omega(r_1) - t]$$

называются цилиндрической волной в пространстве или круговой волной в плоскости.

В одномерном случае волной будет называться решение вида

$$u = \Phi(x)F[\omega(x) - t]. \quad (1)$$

Обобщенное интуитивное представление о волновом технологическом процессе называем (S_λ) , когда волной является решение уравнения

$$\square u = 0, \quad (2)$$

При этом, если $\omega \equiv 0$, то волна стоячая, если $\omega \neq 0$ – проходящая, а если Φ постоянна, волна не искажена.

Чтобы качественно описывать технологический процесс, определяемый решением (4) при $\omega \neq 0$, рассмотрим поверхность семейства (S_λ) , уравнение которой

$$v(x, y, z) = \lambda_\ell.$$

Во всех точках этой поверхности

$$\dot{u} = \Phi(\lambda_1)F[\omega(\lambda_1) - t],$$

то есть процесс протекает на всей поверхности одинаково. Функция F , описывающая изменение u во времени на поверхности (S_λ) , называется законом колебания. Величина $\omega(v)-t$, являющаяся аргументом функции F , называется фазой.

Рассмотрим две поверхности (S_λ) : $v = \lambda_1$ и $v = \lambda_2$ и два момента времени t_1 и t_2 . Тогда разница:

$$t_1 - t_2 = \omega(\lambda_2) - \omega(\lambda_1).$$

Очевидно, что F принимает на поверхности (S_λ) при $t = t_1$ то же значение, что (S_λ) при $t = t_2$.

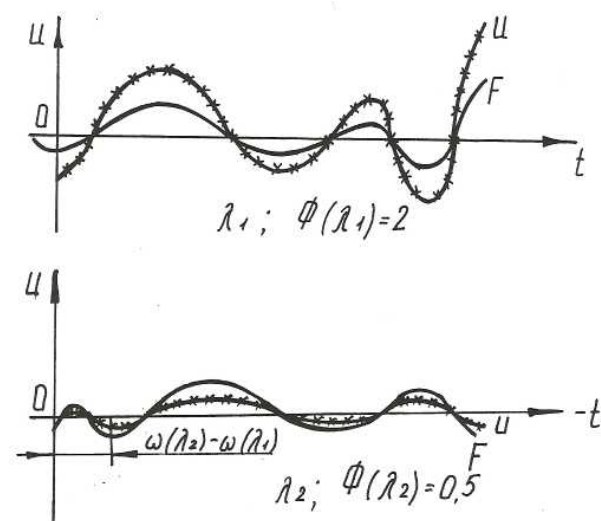


Рис. 1

Таким образом, графики F как функции времени t в точках этих двух поверхностей отличаются друг от друга сдвигом по оси t (рис.1) на величину

$$\omega(\lambda_2) - \omega(\lambda_1),$$

так называемый сдвиг фаз. Графики функции u в точках этих поверхностей отличаются еще растяжением или сжатием по оси ординат в отношении $\Phi(\lambda_2)$ к $\Phi(\lambda_1)$.

Также можно считать, что за время $(t_2 - t_1)$ фаза $\omega(\lambda)-t$, а вместе с ней значение функции F , перенесена с поверхности (S_{λ_1}) на поверхность (S_{λ_2}) .

Можно считать, что поверхность равной фазы движется в пространстве, пробегая семейство (S_λ) . Эта поверхность деформируемых отходов образует фазовую поверхность. Закон ее движения определяется соотношением

$$\omega(v) - t = \text{const}. \quad (5)$$

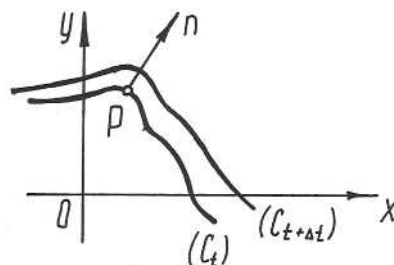


Рис. 2

Скорость перемещения фазовой поверхности связана со скоростью движения фронта волны в двумерном случае. При этом необходимо вначале определить скорость движения линии по плоскости в данной точке P линии (рис. 2). Проведем нормаль к линии в этой точке. При своем дальнейшем движении линия будет пересекать эту нормаль в некоторой движущейся по нормали точке P' :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|PP'|}{\Delta t}. \quad (6)$$

Значение (6) и называется скоростью движения линии в данной точке P .

Обозначим через ds расстояние, отсчитываемое по нормали в точке P от линии (C_t) до линии $(C_{t+\Delta t})$. Имеем:

$$|v| = \frac{ds}{dt} = \frac{1}{\frac{dt}{ds}} = \frac{1}{\omega'_r |\text{grad} \omega|}, \quad (7)$$

где градиент направлен по нормали к линии уровня, каковой является (C_t) .

Для изотропной деформируемой среды имеем

$$|\text{grad}\omega| = \sqrt{\omega_x'^2 + \omega_y'^2} = \frac{1}{a}. \quad (8)$$

Поэтому скорость движения фронта волны в этом случае:

$$|v| = a. \quad (9)$$

Скорость перемещения фазовой поверхности, которая вычисляется по выше-приведенной схеме, равна

$$\frac{1}{|\text{grad}(v)|} = \frac{1}{|\omega'| |\text{grad}|}. \quad (10)$$

Графики функции u в точках различных поверхностей (S_λ) отличаются растяжением или сжатием по оси ординат с изменением амплитуды без сдвига фаз. Если при некотором λ_0 :

$$\Phi(\lambda_0) = 0,$$

то u всегда равна нулю на поверхности (S_{λ_0}) , которая называется узлом.

Если при некотором $\tilde{\lambda}$ функция $\Phi(\tilde{\lambda})$ имеет максимум или минимум, то на поверхности $(S_{\tilde{\lambda}})$ u всегда имеет максимум или минимум, который характерен пучностью. В одномерном случае будут иметь

$$A = 1 - \{a_{11}\omega_x'^2 + a_{22}\omega_y'^2 + a_{33}\omega_z'^2 + 2a_{12}\omega_x'\omega_y' + 2a_{23}\omega_y'\omega_z' + 2a_{31}\omega_z'\omega_x'\}.$$

Так как функция F зависит от t , а коэффициенты при F , F' и F'' в (11) от t не зависят, то имеется два случая:

– все три коэффициента равны нулю:

$$\left. \begin{aligned} A &= 0, \\ B\Phi' + C\Phi &= 0, \\ D\Phi + E\Phi' + G\Phi &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Первое из этих равенств совпадает с характеристическим условием для трех-

место фазовые точки, узлы и пучности в точках.

Для определения (S_λ) -волны, допускаемой уравнением (2), необходимо подставить в него (4). В результате получаем соотношение:

$$A\Phi F'' + (B\Phi' + C\Phi)F' + (D\Phi'' + E\Phi' + G\Phi)F = 0, \quad (11)$$

где A, B, C, D, E, G – выражения, зависящие от v, ω и коэффициентов уравнения, которые являются функциями от координат x, y, z . Для рассмотрения (S_λ) -волны необходимо, чтобы эти выражения были представлены как функции одного переменного v . Это условие эквивалентно по следующей причине: коэффициенты уравнения, которое получено из (3) заменой координат x, y, z на криволинейные (одна из которых – v) и путем отбрасывания членов с производными по другим координатам, должны зависеть только от v . В случае уравнения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \Delta u = 0 \quad (12)$$

можно взять в качестве (S_λ) семейство концентрических сфер внутреннего узла деформирования и внешнего узла деформирования. Для примера находим выражение A :

мерного случая, когда совокупность членов, содержащих производные по t , условимся обозначать через $M[u]$:

$$M[u] \equiv \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \beta \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (14)$$

а совокупность членов, содержащих искомую функцию u и ее производные по пространственным координатам, через $L[u]$:

$$L[u] = a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial u}{\partial y} + cu. \quad (15)$$

Откуда имеем:

$$L[u] = a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \sigma} (a_{11} \omega'_x + a_{12} \omega'_y) - 2 \frac{\partial^2 u}{\partial \eta \partial \sigma} (a_{12} \omega'_x + a_{22} \omega'_y) + \\ + \frac{\partial^2 u}{\partial \sigma^2} (a_{11} \omega'^2_x + 2a_{12} \omega'_x \omega'_y + a_{22} \omega'^2_y) - \frac{\partial u}{\partial \sigma} \{L^{(2)}[\omega] + L^{(1)}[\omega]\} + b_1 \frac{\partial u}{\partial \xi} + b_2 \frac{\partial u}{\partial \eta} + cu. \quad (16)$$

Тогда уравнение (2) примет вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \sigma^2} \{1 - [a_{11} \omega'^2_x + 2a_{12} \omega'_x \omega'_y + a_{22} \omega'^2_y]\} + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \sigma} (a_{11} \omega'_x + a_{12} \omega'_y) + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial \eta \partial \sigma} (a_{12} \omega'_x + a_{22} \omega'_y) + \\ + \frac{\partial u}{\partial \sigma} \{L^{(2)}[\omega] + L^{(1)}[\omega] + \beta\} - \left\{ a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial \xi} + b_2 \frac{\partial u}{\partial \eta} + bu \right\} = 0. \quad (17)$$

Из изложенного выше и тождественно равно нулю по одну сторону от (S) и непрерывно на (S) вместе со всеми своими про-

изводными до второго порядка включительно, кроме $\frac{\partial^2 u}{\partial \sigma^2}$. Таким образом, на (S):

$$u = \frac{\partial u}{\partial \xi} = \frac{\partial u}{\partial \eta} = \frac{\partial u}{\partial \sigma} = \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} = \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \sigma} = \frac{\partial^2 u}{\partial \eta \partial \sigma} = 0.$$

Учитывая, что предел $\frac{\partial^2 u}{\partial \sigma^2}$ при при-

ближении к любой точке (S), с одной стороны, равен нулю, с другой стороны, при приближении к этой же точке этот предел $\mu \neq 0$, а равен

$$\left[\mu - \text{скачок } \frac{\partial^2 u}{\partial \sigma^2} \text{ на } S \right].$$

Из соотношения (17) найдем, что в точках (S) должно выполняться равенство:

$$\mu [a_{11} \omega'^2_x + 2a_{12} \omega'_x \omega'_y + a_{22} \omega'^2_y - 1] = 0$$

или

$$a_{11} \omega'^2_x + 2a_{12} \omega'_x \omega'_y + a_{22} \omega'^2_y = 1, \quad (18)$$

которое является искомым условием на функцию ω . Следовательно:

$$t = \omega(v) + c$$

будет его характеристикой, поэтому вдоль фронта волны (C_T) эта функция (при постоянном $t=\tau$) либо саморазрывна, либо имеет разрыв производных какого-либо порядка. При изменении времени t фронт волны перемещается, поэтому имеет однопараметрическое семейство кривых (C_t), зависящих от t как от параметра. Уравнение этого семейства записывается в виде, разрешенном относительно t :

$$t = \omega(x, y). \quad (19)$$

Поверхность (S), задаваемая этим уравнением, где функция $\omega(x, y)$ удовлетворяет уравнению (18), называется характеристической поверхностью или характеристикой уравнения (2).

Второе и третье равенства (13) представляют собой два уравнения для функции Φ , при этом функция F берется произ-

вольно в зависимости от условий технологического процесса.

Уравнение (11) в этом случае является дифференциальным уравнением для функции F с постоянными коэффициентами:

$$F = e^{\alpha} [\omega(v) - t] = e^{\alpha\omega(v)} e^{-\alpha t},$$

где α – произвольное число.

Для случая чисто мнимого α :

$$\alpha = i k.$$

При $\Phi(v)e^{ik\omega(v)} = \psi_k(v)$ получим

$$u = \psi_k(v) e^{-ikt}. \quad (20)$$

Подставляя это выражение в (2), получим уравнение (содержащее параметр k), из которого определим функцию $\psi_k(v)$, являющуюся комплексно значимой. Модуль этой функции даст нам $\Phi(v)$, а ее аргумент будет равен $k\omega$, где функция $\omega(v)$ зависит от k .

$$u(x_0, y_0, z_0; t) = \int_0^t (t-r) M_{a(t-r)} [f(x, y, z; r)] dr = \frac{1}{4\pi a^2} \int_0^t \frac{dr}{t-r} \iint_{(S_{a(t-r)})} f(x, y, z; r) dS_{a(t-r)}.$$

Сделаем в этом интеграле замену пере-

В этом случае имеем (S_λ) -волны с гармонической формой колебания. Их фазовые скорости зависят от частоты колебаний и будут называться волнами с дисперсией.

При поиске волны вида

$$u = \psi(x) e^{-ikt}, \quad (21)$$

если $\alpha = 0, \beta \neq 0$, рассмотрим следующий интеграл:

$$u = \int_{r=0}^t \theta(P; t-r; r) dr. \quad (22)$$

При помощи этой формулы можно найти решение неоднородного трехмерного волнового уравнения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \Delta u = f(x, y, z, t). \quad (23)$$

При начальных условиях

$$u \Big|_{t=0} = \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0,$$

$$u(x_0, y_0, z_0; t) = \frac{1}{4\pi a^2} \int_0^{at} \frac{dr}{r} \iint_{(S_r)} f\left(x, y, z; t - \frac{r}{a}\right) dS_r = \frac{1}{4\pi a^2} \iiint_{(V_{at})} \frac{f\left(x, y, z; t - \frac{r}{a}\right)}{r} dv, \quad (24)$$

где at – радиус с центром в (x_0, y_0, z_0) ; r – расстояние от переменной точки интегрирования (x, y, z) до центра симметрии.

Это выражение совпадает с ньютоновским потенциалом масс, распределенных в цилиндре с плотностью $\frac{f}{4\pi a^2}$, зависящей от времени t .

Подстановка (21) в (24) приводит к уравнению:

$$a^2 \psi'' + (k^2 + c) \psi = 0,$$

менного, положив $a(t-r) = r$. Тогда получим:

решениями которого будут функции

$$\psi_1(x) = e^{\frac{ik}{a} \sqrt{1 + \frac{c}{k^2}} x}, \quad \psi_2(x) = e^{-\frac{ik}{a} \sqrt{1 + \frac{c}{k^2}} x}.$$

Если $1 + \frac{c}{k^2} > 0$,

$$u_1 = e^{ik \left(\frac{x}{a} \sqrt{1 + \frac{c}{k^2}} - t \right)}, \quad u_2 = e^{-ik \left(\frac{x}{a} \sqrt{1 + \frac{c}{k^2}} + t \right)}. \quad (25)$$

Из выражений (25) видна информация о двух проходящих волны, распространяющихся со скоростями:

$$\frac{a}{\sqrt{1 + \frac{c}{k^2}}}, -\frac{a}{\sqrt{1 + \frac{c}{k^2}}}.$$

Таким образом, фазовая скорость зависит от частоты, поэтому эти волны являются волнами с дисперсией. Дисперсия вызвана наличием числа si , и при $c = 0$ она исчезает, поэтому член si называется дисперсионным.

Волновое уравнение с дисперсионным членом дает дисперсию плоских волн. В этом случае возможны только гармонические плоские волны и фазовая скорость зависит от частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шкадов В.Я.* Некоторые методы и задачи теории гидродинамической устойчивости. — М.: МГУ. Институт механики, 1973. №25.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 01.04.08.

УДК 677.026.4

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ХОЛСТОПРОШИВНЫХ ПОЛОТЕН

А.П. СЕРГЕЕНКОВ, А.А. ЗАХАРОВ

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

В работах [1], [2] было установлено, что основная часть удлинения холстопршивного полотна обусловлена деформацией петель E_d , которая складывается из двух составляющих, а именно удлинения $E_{пер}$ за счет переориентации прошивных нитей и удлинения $E_{сж}$ за счет сжатия наполнителя. В соответствии с этими обозначениями сумма предельных значений удлинения, обусловленного переориентацией прошивных нитей и сжатием наполнителя, равна общему предельному удлинению, обусловленному деформацией петель прошивных нитей E_d , то есть:

$$E_d = E_{пер} + E_{сж}. \quad (1)$$

В указанных выше работах приведены также формулы для расчета величин $E_{пер}$ и $E_{сж}$ с оговоркой, что рассчитываемые по этим формулам значения являются предельно возможными и не учитывают влияния наполнителя.

Полной переориентации прошивных нитей в процессе растяжения холстопршивного полотна препятствуют волокна холста, заключенные в петлях, поэтому фактическое удлинение $E_{пер.ф}$, обусловленное переориентацией прошивных нитей, всегда будет меньше расчетного максимального удлинения $E_{пер}$.

Рассуждая аналогичным образом, можно прийти к выводу о том, что фактическое удлинение $E_{сж.ф}$, обусловленное сжатием наполнителя, всегда будет меньше расчетного максимального удлинения $E_{сж}$.

С учетом сопротивления наполнителя фактическое удлинение, обусловленное деформацией петель прошивных нитей $E_{д.ф}$, также будет меньше максимального значения E_d , но тем ближе к нему, чем сильнее сжат наполнитель к моменту разрыва полотна.

Доказательством существенного влияния наполнителя на величину удлинения могут служить результаты испытаний холстопршивных полотен, приведенные в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Прошивная нить		П _д	П _ш	Удлинение при разрыве, %	
Вид	Линейная плотность, текс			в продольном направлении	в поперечном направлении
Капроновая комплексная нить	15,6	36	25	55,8	69
	10			54,2	63
	6,67			47,1	59
	5			43,9	50

В табл. 1 приведены данные, относящиеся к холстопрошивным полотнам, различающимся только линейной плотностью прошивных нитей. Данные таблицы свидетельствуют о наличии явной взаимосвязи между линейной плотностью прошивных нитей и величиной разрывного удлинения холстопрошивного полотна: с увеличением линейной плотности нитей разрывное удлинение также увеличивается.

По всей вероятности на разрывное удлинение оказывает влияние не линейная плотность прошивных нитей непосредственно, а возрастающая с ее увеличением прочность этих нитей. При использовании более прочных прошивных нитей разрыв образца происходит при более высоком значении разрывной нагрузки. Увеличение разрывной нагрузки означает соответствующее увеличение усилия, действующего на каждую прошивную нить.

Учитывая, что при растяжении петли переориентирующихся прошивных нитей сжимают наполнитель, можно сделать вывод об увеличении степени деформации наполнителя при использовании более прочных прошивных нитей.

По всей вероятности, именно увеличением степени деформации наполнителя и объясняется повышение разрывного удлинения холстопрошивного полотна. Следовательно, для проектирования холстопрошивных полотен с заданными деформационными свойствами необходимо установить количественную взаимосвязь между степенью деформации наполнителя и прочностными свойствами прошивных нитей.

Растяжение холстопрошивного полотна продолжается до момента обрыва прошивных нитей. В момент обрыва на прошивную нить действует усилие, равное ее разрывной нагрузке. Следовательно, сила

сжатия волокон наполнителя, определяется величиной разрывной нагрузки прошивных нитей. При использовании прошивных нитей различной толщины действующее с их стороны на пучки сжимаемых волокон усилие распространяется на различные площади:

$$\sigma = \frac{P_n}{f_n} \left[\frac{H}{\text{мм}} \right],$$

где P_n – разрывная нагрузка прошивной нити, Н; f_n – толщина прошивной нити, мм:

$$f_n = \frac{a\sqrt{T_n}}{31,6},$$

где a – коэффициент, зависящий от вида прошивных нитей (для хлопчатобумажной пряжи $a=0,92$; для капроновой комплексной нити $a=1,06$; вискозной $a=1,0$; лавсановой, нитроновой, ацетатной $a=1,03$; шерстяной и льняной пряжи $a=1,0$); T_n – линейная плотность прошивной нити, текс.

Величину σ в дальнейшем будем называть удельным усилием сжатия.

С учетом степени деформации под воздействием сжимающих его прошивных нитей наполнителя фактическое удлинение холстопрошивного полотна, обусловленное деформацией петель прошивных нитей $E_{д.ф.}$, можно будет определить из выражения:

$$E_{д.ф.} = E_d K_{пер} = (E_{пер} + E_{сж}) K_{пер},$$

где $K_{пер}$ – коэффициент переориентации, обусловленный сопротивлением наполнителя деформации петель прошивных нитей.

Для определения $K_{пер}$ составлена табл. 2 (расчет коэффициента переориентации для холстопрошивных полотен с прошивными нитями различной линейной плотности), а для более удобного даль-

нейшего использования приведены графические зависимости коэффициента переориентации от удельного усилия сжатия (рис. 1).

Т а б л и ц а 2

Прошивные нити						Удлинение полотна, %			Коэффициент переориентации $K_{пер} = \epsilon_{п} / \epsilon_{п.кр}$
Вид	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка $P_{нз}$, сН	Удлинение при разрыве $\epsilon_{нз}$, %	Толщина $f_{нз}$, мм	$\sigma = P_{нз} / f_{нз}$, Н/мм	Фактическое ϵ_p	За счет переориентации нитей $\epsilon_{п} = \epsilon_p - \epsilon_{нз}$	Расчетное $\epsilon_{п.кр}$	
В продольном направлении									
Капроновая комплексная нить	15,6	751	27	0,132	56,89	55,8	28,8	72,04	0,40
	10	392		0,106	36,98	54,2	27,2		0,38
	6,67	297		0,086	34,53	47,1	20,1		0,28
	5	225		0,075	30,00	43,9	16,9		0,23
В поперечном направлении									
Капроновая комплексная нить	15,6	751	27	0,132	56,89	69	42	310,6	0,14
	10	392		0,106	36,98	63	36		0,12
	6,67	297		0,086	34,53	59	32		0,10
	5	225		0,075	30,00	50	23		0,07

Зависимость коэффициента переориентации от удельного усилия сжатия.

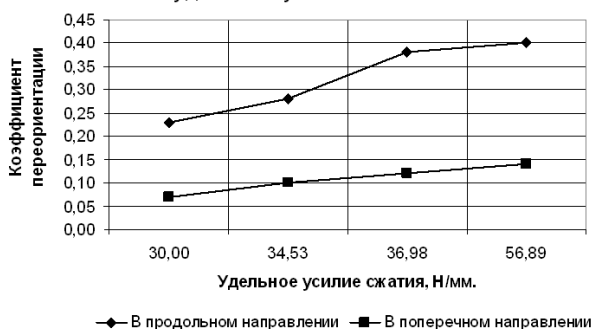


Рис. 1

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что наполнитель оказывает существенное влияние на растяжимость холстопрошивного полотна в продольном и поперечном направлениях.

2. Получены графические и аналитические зависимости для количественной оценки степени влияния наполнителя на деформационные свойства холстопрошивного полотна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев А.П. Анализ возможностей переориентации прошивных нитей в процессе растяжения холстопрошивных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2006, №3. С.71...74.

2. Сергеев А.П., Захаров А.А. Анализ влияния наполнителя на растяжимость холстопрошивного полотна в поперечном направлении / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2006, №6. С.77...79.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 24.03.08.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ВЛАГИ ИЗ ГРУНТА

М.Ю.ТРЕЩАЛИН, В.С.МАНДРОН, Ю.Я.ТЮМЕНЕВ

(Международная академия предпринимательства, НПО "Энергия ПЛЮС",
Московский государственный университет сервиса)

Защита грунта от переувлажнения включает комплекс мероприятий. При этом одним из возможных вариантов удаления избыточной влаги из грунта, а также влаги, скопившейся на поверхности земли, может быть создание испарительных колонн из капиллярно-пористых материалов.

Выбор класса водоотводных материалов и определение его физико-механических свойств должны основываться на условиях перспективной эксплуатации, в соответствии с которыми материал должен:

- иметь капиллярно-пористое строение, благодаря которому жидкость будет перемещаться из внутренних слоев материала к поверхностным, что позволит осуществить ее удаление путем испарения;

- обладать достаточной прочностью, чтобы сохранить свою целостность в результате возникающих нагрузок.

Вышеперечисленным требованиям отвечают иглопробивные нетканые полотна, вследствие их высоких физико-механических свойств, достаточно простой и экономичной технологии изготовления, возможности использования разнообразного волокнистого состава. При проектировании водоотводящего нетканого материала необходимо учитывать условия эксплуатации и различное функциональное назначение каждой из частей (которые можно условно подразделить на дренажную и испарительную), в связи с чем будут различны их свойства и физико-механические характеристики.

В [1] были разработаны оптимальные физико-механические параметры иглопробивных нетканых материалов и установлен необходимый волокнистый состав с учетом дренажных свойств. Таким образом,

задача сводится к определению требуемых физико-механических свойств испарительной части материала.

Наиболее информативными параметрами с точки зрения прогнозирования эксплуатационных свойств изотропных волокнистых материалов являются их объемные плотность и пористость, связанные между собой соотношением:

$$R_v = 1 - (\rho_m / \rho_v), \quad (1)$$

где R_v – объемная пористость материала; ρ_m , ρ_v – плотность материала и волокна соответственно.

В [2] отмечается, что от величины плотности тканей существенно зависят их полная влагоемкость и общее количество влаги в микропорах ткани. Однако плотность материала во многом определяется плотностью структурных элементов – волокон, которые могут иметь различные сорбционные свойства. Известно [2], что между количеством сорбируемой волокном жидкости и увеличением его объема наблюдается прямая зависимость. Чем больше гигроскопичность волокна, тем более увеличиваются его линейные размеры и соответственно объем. В [3] указывается, что ткани из гидрофобных волокон (нейлон, дакрон и др.) могут удерживать значительное количество свободной воды. При этом влага не поглощается волокнами, а распределяется свободно вокруг каждого волокна. В [2] отмечается высокая капиллярность нетканых полотен, полученных механическими способами.

Учитывая вышеизложенное, при проектировании и изготовлении водоотводящих

волокнистых материалов следует ориентироваться на:

- использование гидрофобных волокон, так как гидрофильные увеличивают свой объем при впитывании воды, что может привести к образованию тупиковых пор и к снижению интенсивности водоотвода и испарения вследствие застоя влаги в материале;

- применение нетканых полотен с неориентированным расположением волокон, что обеспечивает поликапиллярность материала, под которой понимается разветвленная система капилляров произвольной геометрической формы, сообщающихся между собой.

Таким образом, проектирование водоотводящего нетканого материала предполагает:

- выбор оптимального волокнистого состава исходя из поставленного выше условия гидрофобности;

- определение и прогнозирование максимальной высоты капиллярного подъема жидкости в зависимости от его плотности (пористости).

Выбор оптимального волокнистого состава водоотводящего материала производится на основании данных, приведенных в [2]. Анализ результатов указанных работ позволяет сделать вывод о том, что наилучшими гидрофобными свойствами обладают полипропиленовые, полиэфирные и полиамидные волокна. Помимо этого, преимуществом полипропиленовых, полиэфирных и полиамидных волокон является большая упругость и стойкость в химическом отношении. Из указанных трех видов волокон приоритет будут иметь полиэфирные, поскольку они обладают большой светостойкостью, лучше переносят нагрев, и при этом прочность их снижается меньше, чем у других волокон.

Выбор структурных элементов нетканого полотна позволяет перейти к следующему этапу проектирования водоотводящего материала – рассмотрению движения жидкости под действием капиллярных сил.

В основе расчета предельной высоты, на которую может подняться жидкость по

одиному капилляру, лежит уравнение Жюрена [4]:

$$H_m = (2 p \cos \theta) / (r \rho g \sin \alpha), \quad (2)$$

где $p = 74,9 \cdot 10^{-3}$ – поверхностное натяжение воды при $t = 5^\circ\text{C}$, Н/м; $\theta = 0$ – краевой угол смачивания; $\alpha = 90^\circ$ – угол наклона капилляра к горизонтальной плоскости; $\rho = 1000$ – плотность воды, кг/м³; $\cos \theta = \sin \alpha = 1$ – для вертикального капилляра при полном смачивании; r – радиус капилляра.

При этом кинетику капиллярного движения можно представить в виде:

$$V_m = \frac{d\ell}{dt} = (r^2 \rho g \sin \alpha)(H_m - h) / (8\eta h), \quad (3)$$

где V_m – скорость капиллярного движения жидкости; h – высота пропитанного участка капилляра; $\eta = 1518 \cdot 10^{-6}$ – вязкость воды при $t = 5^\circ\text{C}$, Па·с.

Приведенные численные значения параметров воды приняты по справочным данным и рекомендациям [5].

В случае поликапиллярной системы формулы (2) и (3) принимают вид:

$$H_m = \frac{2p \cos \theta}{r \rho g \sin \alpha} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{1}{r} f(r) dr, \quad (4)$$

где $f(r)$ – функция распределения капилляров по радиусам;

$$V_m = \frac{(r^2 \rho g \sin \alpha)(H_m - h)}{8\eta h} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r^2 f(r) dr, \quad (5)$$

где $h = 0,99 \times H_m$ – высота пропитанного участка материала.

Как следует из выражений (4) и (5), скорость и максимальная высота подъема жидкости определяются ее физическими параметрами и распределением капилляров по радиусам.

Если свойства воды изучены всесторонне и для определения численных значений необходимых параметров достаточно воспользоваться справочными данными, то расчет и прогнозирование геометрических размеров капилляров в текстиль-

ном материале в зависимости от плотности (пористости) представляет значительные трудности. При этом следует отметить, что моделирование нетканого полотна, представляя его структурные элементы в виде сфер или цилиндров, имеющих вполне конкретную укладку (кубическую, гексагональную, тетраэдрическую, ромбоэдрическую и т.д.) [4], нецелесообразно в связи с различными геометрическими размерами, извитостью и хаотическим расположением волокон в материале.

Таким образом, без грубых допущений, обусловленных моделированием строения и структуры нетканого полотна, получить аналитическим путем зависимость высоты капиллярного подъема жидкости от плотности (пористости) материала не представляется возможным. Поэтому дальнейшие исследования следует проводить, основываясь на результатах экспериментального изучения пористости и капиллярности иглопробивных нетканых материалов.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что одним из возможных вариантов удаления избыточной влаги из грунта, а также влаги, скопившейся на

поверхности земли, может быть создание испарительных колонн из капиллярно-пористых материалов.

2. Проектирование водоотводящего нетканого материала предполагает выбор оптимального волокнистого состава исходя из условия гидрофобности материала; определение и прогнозирование максимальной высоты капиллярного подъема жидкости в зависимости от его пористости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трещалин М.Ю.* Аналитические методы проектирования геотекстильных материалов и их реализация в промышленности. – М.: МЭИ, 1996.
2. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И.* Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1992.
3. *Dillon S.* The Textile Rainbow // A.D.R. – 1952, №41. P.65.
4. *Аксельруд Г.А., Альтишлер М.А.* Введение в капиллярно-химическую технологию. – М.: Химия, 1983.
5. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы МГУС. Поступила 27.01.08.

УДК 677.025.1.075.6

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИКОТАЖА ОСНОВОВЯЗАНЫХ ЛАСТИКОВ

В.А. ЗИНОВЬЕВА, Л.В. МОРОЗОВА, К.С. ПИВКИНА

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

В последнее время в России устойчиво формируется понятие спортивной моды: качественная спортивная одежда становится, наряду с одеждой классического стиля, все более конкурентоспособной. Положительным моментом является все чаще встречающееся в моде смешение стилей, для которого характерно сочетание в гардеробе модниц вещей, раньше не сочетаемых.

Эта тенденция вызвала новые подходы в организации рынка производства одежды. На фоне того, что текстильный рынок большинства развитых стран находится в кризисном состоянии из-за сильной конкуренции со стороны текстильных производителей стран Юго-Восточной и Средней Азии, а также Южной Америки, развитие российских предприятий идет не так активно, как бы этого хотелось. В конкурентоспособности отечественных предприятий важным фактором является снижение себестоимости товара без снижения его качества.

В настоящее время многие полотна для изготовления одежды спортивного направления вырабатывают ластичными переплетениями на кулирных машинах. Связано это в первую очередь с тем, что известные виды основовязанных полотен имеют меньшую растяжимость и эластичность по сравнению с кулирными полотнами. Тем не менее, основовязальные машины отличаются высокой производительностью и имеют широкие рисунчатые возможности. Разработка новых основовязанных перепле-

тений, обладающих большим набором заранее заданных свойств, позволила бы предприятию повысить интерес к своей продукции со стороны покупателей.

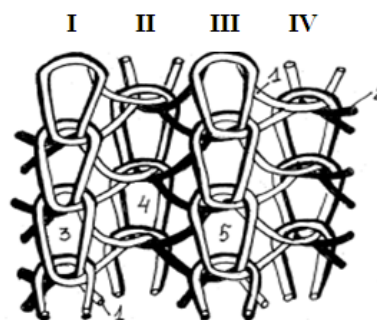


Рис. 1

Для спортивных изделий разработан основовязанный ластичный платированный трикотаж на базе цепочек (рис. 1), содержащий петли из нитей 1 и 2, в котором лицевые петельные столбики I и III чередуются с изнаночными петельными столбиками II и IV.

Из рис. 1 видно, что протяжки лицевой петли 3 из нити 1 направлены вправо, а из нити 2 – влево, то есть протяжки петель из разных нитей направлены в противоположные стороны.

Соединение лицевых и изнаночных петельных столбиков выполнено ластичными триковыми цепочками, раппорт по ширине равен двум петельным столбикам, то есть $R_b = 2$.

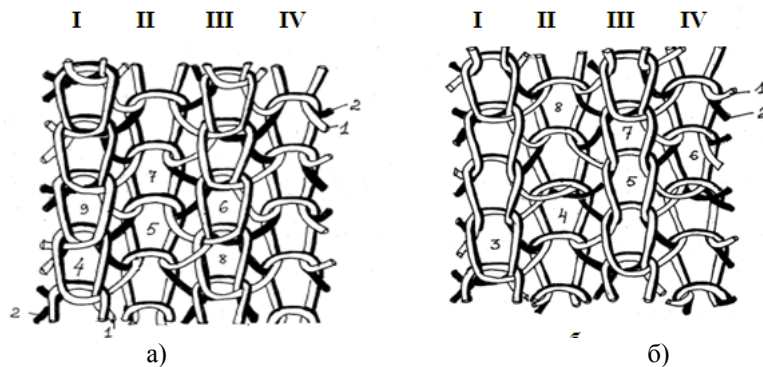


Рис. 2

Разновидностями указанного платированного трикотажа является трикотаж, у которого лицевые и изнаночные столбики соединяются переплетениями либо ластичное трико, либо ластичный атлас (рис. 2). Из рис. 2-а видно, что все петли состоят из двух нитей 1 и 2. Обе нити образуют переплетение ластичного трико. Протяжки в лицевых петельных столбиках односторонние и петли закрытые. В изнаночных петельных столбиках протяжки двухсторонние и петли открытые, $R_v=3$.

Основовязанный платированный трикотаж (рис. 2-б), полученный соединением переплетений ластичный атлас, имеет прямые петельные столбики за счет двухсторонних протяжек, $R_v=4$.

Все три вида основовязаного ластика, полученного соединением ластичных цепочек, ластичных трико и ластичных атласов, имеют высокую эластичность по ширине за счет сочетания лицевых и изнаночных петельных столбиков. Трикотаж такого переплетения имеет прямые лицевые и изнаночные петельные столбики за счет уравниваемости протяжек, направленных в разные стороны. Внешний вид разработанных видов трикотажа подобен кулирному переплетению ластик, поэтому назван нами "основовязанный ластик".

Основовязанный ластик приведенных структур получен на двухфонтурной основовязаной рашель-машине с язычковыми иглами, имеющей две гребенки. Гребенки имеют проборку 1+1 и выполняют кладки в противоположные стороны.

Основовязанный ластик, полученный соединением переплетений ластичный атлас, был выработан на основовязальной рашель-машине 24 класса из полушерстяной пряжи 31текс×2 на предприятии ООО "Сеть".

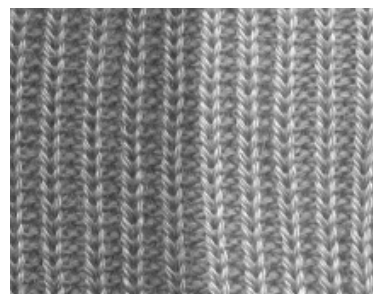


Рис. 3

Внешний вид полотна показан на рис. 3.

Нами проведено сравнительное исследование параметров структуры основовязаного ластика и кулирного ластика 1+1, выработанного на плосковязальной машине 10 класса из полушерстяной пряжи 31текс×2 (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Параметры	Основовязанный ластик	Кулирный ластик
Вид и линейная плотность пряжи	полушерстяная 31текс×2	полушерстяная 31текс×2
Плотность по горизонтали, Пг	44	45
Плотность по вертикали, Пв	60	62
Длина нити в петле, ℓ	11,9	7,4
Поверхностная плотность, ρS	549	562

Также нами проведено сравнительное исследование деформационных свойств трикотажных полотен, результаты которого приведены в табл. 2 – составные части деформации по ширине.

Т а б л и ц а 2

Вид полотна	Упругая деформация, %	Эластическая деформация, %	Пластическая деформация, %
Основовязанный ластик	76,8	23,0	0,2
Кулирный ластик	57,2	42,0	0,8

Исследования показали, что полотна основовязаного и кулирного ластиков имеют близкие показатели составных частей деформации.

Выполнены расчеты производительности основовязальной рашель-машины при выработке основовязаного ластика, которые показали, что она в 3 раза выше, чем производительность плосковязальной машины при выработке кулирного ластика.

Нами выявлено, что при цветной заправке нитей в гребенки продольные полосы с четкой границей разделения цветов можно получить только на базе переплете-

ния ластичная платированная цепочка (рис. 1 и 3). Наличие полос на полотне позволяет существенно расширить ассортимент вырабатываемых изделий, простейшими из которых могут быть шарфы.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны новые виды основовязаного ластика на базе ластичных платированных переплетений.

2. Установлено, что упруго-эластические свойства разработанных видов трикотажа близки к аналогичным свойствам кулирного трикотажа переплетения ластик.

3. Доказано, что разработанные виды основовязаного трикотажа позволяют расширить ассортимент спортивных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2256015 Кл. Д 04 В 21 / 00, Основовязанный платированный трикотаж (варианты). Морозова Л.В., Зиновьева В.А. Шленникова О.А. – Оpubл. в Бюлл. изобр. № 19 10.07.2005г.

Рекомендована кафедрой конструирования и технологии швейных и трикотажных изделий. Поступила 24.03.08.

УДК 676.025

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КРУГЛОВЯЗАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Б.Б. СТРОГАНОВ

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

На выставке ITMA-2007 в Мюнхене (Германия) более 20 фирм представили свои кругловязальные машины (КМ), а также различное вспомогательное оборудование, отдельные механизмы (приводы, механизмы нитеподачи) и комплектующие изделия, используемые при создании КМ. Следует отметить, что вместе с традиционными фирмами, выпускающими КМ, такими как Mayer&Cie (MC) (Германия), Pai Lung (PL) (Гонконг), все громче заявляют о себе представители Азии, и более десяти новых азиатских фирм представили свои КМ.

Представленные КМ показали, что усилия конструкторов были направлены на дальнейшее повышение производительности труда и оборудования; создание конструктивных рядов машин на единой базе; усложнение конструкций машин с целью расширения ассортимента и упрощение конструкций при выработке традиционного ассортимента; применение технологических инноваций в области обслуживания и обработки информации. Однако среди многочисленных новшеств доминирующих направлений не было.

Прослеживается тенденция дальнейшего повышения класса машин. Фирма MC показала одноцилиндровую KM марки MV 4-3,2, имеющую класс E=44, у которой толщина иглы равна 0,21 мм, а толщина платины в зоне вязания равна 0,18 мм. Фирма PL показала серию четырехканальных однофонтурных KM марки PL- KS3B и 4B, имеющих класс E=40.

Полотна, на машинах ультравысокого класса изготавливаются из натуральных и синтетических нитей линейной плотностью до 6 текс, имеют поверхностную плотность 90...190 г/м² и очень мягкий гриф, создающий оптимальный комфорт при носке. Такие полотна также применяются для изготовления постельного белья. При этом фирмы выпускают широкую гамму классов KM от 3 до 40.

Характерно также дальнейшее увеличение скорости машин за счет совершенствования конструкции игл и безударной криволинейной траектории замочных клиньев. Фирма Groz Becker (D) совместно с фирмой MC провели усовершенствование язычковой иглы «litespeed» и добились уменьшения потребления энергии на перемещение иглы и температуры ее нагрева на 17%. Постепенное уменьшение толщины иглы в нагревании к крючку и снижение числа антиударных колен сокращает поверхность контактов между иглой и стенками паза игольницы и уменьшает силу трения. Это также повлияло на процесс смазки, уменьшило вытекание масла из пазов игольниц и появление масляных пятен на полотне.

Одноцилиндровая 4-канальная машина PL-KS3B фирмы PL, D=30" имеет скорость 1,8 м/с (45 мин⁻¹). Скорость двухфонтурных машин для гладких полотен достигает 1,5 м/с, а для жаккардовых полотен составляет 0,8...1 м/с.

Получил дальнейшее развитие принцип встречного движения игл и платин на машинах Relanit фирмы MC, благодаря которому в процессе петлеобразования наполовину сокращается количество мест изгибания пряжи, что значительно снижает силу натяжения пряжи в процессе вязания. Все это уменьшает число дефектов, позво-

ляет работать с большей скоростью, перерабатывать менее равномерную и менее прочную, а следовательно, и более дешевую пряжу, что значительно снижает себестоимость продукции. Кроме этого отсутствие платинового кольца и платиновых замков, являющихся местом сбора масляного пуха, приводит к практическому отсутствию масляных пятен на полотне. Одноцилиндровая 4-канальная машина Relanit 4.0 фирмы MC диаметром D=30" имеет линейную скорость V=2 м/с (50 мин⁻¹).

Продолжилась тенденция увеличения диаметра игольных цилиндров, которые достигают теперь 40...60". Одноцилиндровая машина PL-KS3B фирмы PL имеет диаметр 60", двухфонтурная жаккардовая машина OVYA 1,6E фирмы MC имеет диаметр 48". При этом машины имеют широкую гамму диаметров цилиндров от 2 до 40". Все представленные одно- и двухфонтурные машины позволяют производить изменение класса машины (Quick-Change) путем замены только цилиндра и диска в своей группе классов (12...14, 16...32 и 36...60) и при переходе из одной группы классов в другую путем одновременной замены еще и замков.

Высокая скорость и производительность машин обусловила необходимость сокращения времени простоя при съеме готового полотна. С этой целью новый механизм накатки полотна допускает возможность наработки рулона диаметром до 1400 мм, массой 270...300 кг, что соответствует одной партии в отделке. Увеличение пространства для накатки полотна произошло за счет удлинения стоек станины, что, в свою очередь, вызвало увеличение высоты машины. Поэтому теперь для обслуживания зоны вязания такой машины необходим помост высотой примерно 1,5 м.

Все машины оснащены ленточными или накопительными нитеподающими устройствами, а также устройствами для подачи эластомерной нити, выпускаемыми в основном фирмой Memminger (Германия). Во всех ленточных механизмах зубчатая лента больше не взаимодействует с нитью, а лишь вращает ролики, на которые

наматываются несколько резервных витков нити.

Ленточные механизмы могут осуществлять подачу нити с четырьмя различными скоростями. Диаметр привода ленты фурнисеров, а также ее натяжение можно изменять автоматически, по команде от микропроцессора машины. На механизмах нитеподачи с накопителем установлено устройство, позволяющее автоматически изменять натяжение нити.

Все фирмы отказались от шумного механизма оттяжки с храповым приводом и используют привод с центральной шестерней или привод с автономными шаговыми двигателями, что сделало КМ значительно менее шумными.

Ведущие фирмы, такие как МС, Теггот и другие, представили КМ для производства "трехмерного" трикотажа, представляющего собой два слоя одинарного трикотажа, соединенных между собой в определенных местах, между которыми прокладываются утком текстурированные нити, значительно большей линейной плотности. Преимущества этого трехслойного трикотажа заключаются в том, что нити, совершенно различные по толщине и волокнистому составу, могут быть скомбинированы в слоях для получения заданных свойств. Электронный отбор игл позволяет изменять поверхность трикотажа, его структуру и рисунок. Амортизационные и термоизоляционные свойства, а также физиологический комфорт в носке открывают возможность для использования этого трикотажа для одежды и домашнего белья, в частности, для обтяжки матрасов.

Представленная фирмой МС машина для производства трехслойных полотен OVYA 1,6EE имеет электронный отбор игл в цилиндре и диске, что позволило устранить удлиненные протяжки на границах

перехода от одного цвета к другому в жаккардовом рисунке. Для устранения перегрева от трения, вызванного большой скоростью и жаккардовым отбором в диске, на машине впервые применено водяное охлаждение цилиндра и диска.

Конструкторы продолжают направлять свои усилия на сокращение ручных операций. Фирма МС показала двухфонтурную машину FSI 2.0, оснащенную платинами, расположенными между иглами. Пластины совершают горизонтальное качательное движение и осуществляют оттяжку новых петель, что позволяет осуществить самозаботку полотна, сброшенного при обрыве нити. Наличие платин позволяет, отключив диск, вязать на этой машине гладь, а также ластик и интерлок. На однофонтурных четырехканальных машинах сменные клинья при замене не привинчиваются (как раньше), а закрепляются с помощью шпилек, которые при замене легко вставляются вручную.

На всех машинах установлена система пухообдува, включая обдув зоны нитеподающих устройств с помощью вращающихся лопастных вентиляторов, обдува нитевода вращающимися соплами и петлеобразующих органов стационарными соплами.

ВЫВОДЫ

Основными тенденциями развития кругловязального оборудования являются: повышение класса машин, увеличение их скорости, диаметра цилиндра и диаметра рулона нарабатываемого полотна с целью повышения производительности.

Рекомендована кафедрой технологии тканей и трикотажа. Поступила 12.02.08.

УДК 687.03.677.074

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОДЕЖНЫХ ТКАНЕЙ

Н.И.ЩЕРБАКОВА

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Целью данной работы является выявление и систематизация технологических показателей одежных тканей. Одежные ткани, в качестве объекта исследования, выбраны как наиболее часто используемые материалы для изготовления бытовой одежды. В группу одежных тканей, согласно межотраслевой классификации материалов (классификация ЦНИИШП), входят все плательно-блузочные, сорочечные, костюмные, пальтовые, плащевые и курточные ткани любого волокнистого состава и вида отделки.

В методике исследования использовались методы системного анализа [1], когда изучаемое явление или проблема рассматриваются как сложная система, имеющая большое многообразие различных связей.

Всего было выявлено 20 показателей, влияющих на технологию переработки тканей в швейном производстве. Такое большое количество показателей затрудняет общую оценку технологичности материала и требует сужения до меньшего числа, выявление группы показателей, условно обозначенных как "базовые".

Технологические показатели с учетом операций проектирования на различных этапах сведены в табл. 1.

На всех этапах значимы такие показатели, как усадка при ВТО, подвижность структуры, растяжимость ткани и раздвигаемость нитей в ткани и в швах. Менее значимы: формовочная способность и формоустойчивость, жесткость при изгибе и несминаемость, тангенциальное сопро-

тивление, осыпаемость, состояние поверхности ткани и ее прозрачность. Малозначимыми можно считать: драпируемость и упругость, тепло и термостойкость материала, усилие при проколе иглой и сопротивление резанию, прорубаемость ткани, ее адгезионная способность и электризуемость.

Для окончательного формирования группы базовых технологических показателей проанализировали полученные данные с привлечением специалистов действующих швейных предприятий города Омска (конструкторов, технологов) и преподавателей кафедры швейного производства РосЗИТЛП (филиал в г. Омске). В итоге в группу базовых включили тепло- и термостойкость материалов. Хотя этот показатель принимается во внимание только на одном этапе – при выборе режимов ВТО, но неправильно подобранная температура утюжильного оборудования может привести к таким существенным и неустраняемым дефектам, как тепловая усадка материала или изменение внешнего вида, либо недостаточно качественное заутюживание изделия по местам сгибов и швов. Также значимым оказался показатель адгезионной способности материала. Верно подобранный прокладочный клеевой материал может существенно улучшить формоустойчивость изделия при незначительных затратах, либо привести к рекламациям со стороны потребителя в случае неверного решения.

Таблица 1

Технологические свойства	Разработка эскизов и конструкций моделей (степень прилегания, покррой, количество членений, наличие отделочных элементов, величина прибавок и припусков)	Выбор методов обработки, в том числе способа скрепления; выбор технологического оборудования; параметров строчек, режимов ВТО, способов настила-ния и числа настилов	Выбор прокладочных, подкладочных, скрепляющих и отделочных материалов и фурнитуры	Учет затрат времени на выполнение технологических операций: настила-ния, раскроя, обработки швейного изделия	Материало-емкость изделия; учет расхода прикладных материалов
Формоустойчи-вость	■	■	■		■
Драпируемость	■		■		
Формовочная спо-собность	■	■	■		
Упругость	■	■	■		
Жесткость при изгибе	■	■	■		■
Несминаемость	■	■	■	■	
Состояние поверх-ности	■	■		■	
Подвижность структуры	■	■	■	■	■
Прозрачность	■	■	■		
Растяжимость	■	■	■	■	■
Тангенциальное сопротивление	■	■		■	
Раздвигаемость	■	■	■	■	■
Осыпаемость	■	■		■	■
Прорубаемость	■	■			
Усилие при проко-ле иглой		■			
Сопротивление резанию		■			
Усадка при ВТО	■	■	■	■	■
Адгезионная спо-собность		■	■	■	
Термо- и тепло-стойкость		■			
Электризуемость			■	■	

Драпируемость ткани также включили в список базовых показателей, так как данный показатель может быть определяющим для конкретной модели и более понятен с точки зрения оценки его конструктором, нежели такие, более обобщенные понятия, как способность ткани к формообразованию, упругость материала.

Склонность к прорубке современных материалов, из-за наличия декора и отделок, также признана значимой характеристикой и ее рекомендовано включить в общий перечень базовых показателей.

В свою очередь из списка базовых показателей рекомендовано вычеркнуть формовочную способность, жесткость материала, несминаемость, прозрачность и состояние поверхности. Прозрачность, цвет, рельеф, рисунок – это очевидные характеристики и нет необходимости определять их инструментально. К тому же технологи изначально знают рекомендации по переработке подобных тканей. Так как в списке базовых уже присутствует комплексный показатель формоустойчивости, то такие характеристики, как несми-

наемость, жесткость, упругость ткани по отдельности не включаются.

В результате выявлено 11 показателей, которые в большей степени учитываются при проектировании технологических процессов швейного производства, а именно усадка при ВТО, формоустойчивость ткани, раздвигаемость нитей в ткани и в швах, адгезионная способность материала, осыпаемость нитей, прорубаемость ткани иглой, растяжимость, подвижность структуры, драпируемость, тангенциальное сопротивление материалов, тепло- и термостойкости материалов.

ВЫВОДЫ

Установлена группа технологических показателей, в наибольшей степени влияющая на проектирование технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М., 1984.

Рекомендована кафедрой материаловедения.
Поступила 17.03.08.

УДК 745.05.04

ГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН СПОРТИВНОГО КОСТЮМА

И.Н. СТОР, А.А. ОРЛОВСКИЙ

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

В конце XX – начале XXI веков произошел процесс интеграции графического дизайна и рекламы в различные области социальной, информационной и материальной культуры общества: в прессе, телевидении, Интернете, транспорте, в архитектуре городов, а также в спорте (в спортивных состязаниях различного ранга – Олимпийских играх, мировых, европейских и национальных чемпионатах, а также в дизайне спортивных костюмов и инвентаря).

Одежда и спортивный инвентарь для профессионального и любительского спорта являются в настоящее время продуктами высоких технологий. Для каждого вида спорта костюмы проектируются комплексно, в зависимости от предполагаемых физических нагрузок и условий эксплуатации.

На спортивных костюмах для профессионального спорта размещается комплекс рекламных блоков, несущих информацию об уровне соревнований, месте их проведения, о стране, под флагом которой выступает спортсмен, номер игрока, инфор-

мацию о фирме-производителе спортивного костюма, а также о спонсорах команды или соревнований.

Спонсоры почти ежегодно меняются, поэтому игроки всемирно известных клубов рекламируют на спортивном костюме товарные знаки различных компаний-спонсоров.

Рекламный графический дизайн современного спортивного костюма является объектом дизайн-проектирования, в связи с чем становится актуальным исследование исторических истоков его становления и видоизменения во времени, а также выявление композиционных принципов его проектирования.

Целью данной работы является анализ истории развития рекламного графического дизайна спортивного костюма английского футбольного клуба "Manchester United" с момента его создания в 1878 г. и до сегодняшних дней.

За пределами исследования остаются проблемы моделирования и конструирования спортивных костюмов, технологические аспекты их производства и проблемы

психологии восприятия рекламных графических композиций на спортивных костюмах.

Английский футбольный клуб "Manchester United" был основан в 1878 г. и первоначально носил имя "Newton Heath" – по названию местности в пригороде Манчестера, где он был сформирован. Футбольный клуб "Newton Heath" объединял работников Ланкширских и Йоркширских железных дорог и в 1892 г. стал членом Футбольной Лиги Великобритании – через четыре года после ее создания в 1888 г.

В 1892 г. у игроков клуба "Newton Heath" впервые появилась собственная спортивная форма, состоящая из белых бриджей и трикотажной футболки, разделенной на два цвета: зеленый и желтый (с желто-зелеными длинными рукавами) и с гербом клуба "Newton Heath" на левой стороне футболки (рис. 1).



Рис. 1



Рис. 2

В 1903 г. во время игры на кубок Англии с командой "Everton" руководство команды "Manchester United" поменяло в перерыве игры из-за плохой погоды традиционные красные футболки на более теп-

Герб клуба "Newton Heath" включал изображение вооруженного льва, заимствованное из герба города Манчестера.

Первоначально футбольные матчи клуба "Newton Heath" проводились на спортивном поле North Road, находившемся рядом с карьером по добыче глины, а раздевалки располагались в местном пивном баре "The Three Crowns" ("Три короны").

В 1893 г. футбольный клуб "Newton Heath" переехал в район Клейтон города Манчестера на Bank Street. Штаб-квартира клуба располагалась в деревянном бараке, а футбольное поле было окружено стенами химического завода с высокими трубами, из-за которого все поле во время игры часто было окутано черным дымом.

28 апреля 1902 г. футбольный клуб "Newton Heath" был переименован в "Manchester United". С этого времени мы можем наблюдать поиск фирменной клубной футбольной формы, которая постоянно менялась.

В 1902 г. белые бриджи в спортивной форме были заменены белыми шортами, а футболки желто-зеленого цвета – футболками с рукавами до локтя и кнопками до середины груди красного цвета, который позднее стал фирменным цветом для команды "Manchester United" (рис. 2).



Рис. 3

лые футболки с длинными рукавами с вертикальными сине-белыми полосами с черными манжетами и черной бейкой на горловине без герба. В период 1903-1916 гг. клуб "Manchester United" часто использо-

вал эти футболки при холодной погоде (рис. 3).

В 1909 г. клуб "Manchester United" впервые вышел в финал кубка Англии и ему предстояло играть против команды "Bristol City", в связи с чем обе команды согласились изменить цвета своих традиционных красных футболок. Клуб "Manchester United" решил играть в белой футболке со шнуровкой, красной V-образной линией от плеча до середины груди, красными манжетами и изображением красной розы Ланкшира – района Манчестера на левой стороне груди (рис. 4).



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

В 1928 г. руководство клуба "Manchester United" приняло решение о введении новой формы, состоящей из красной футболки с белым воротничком, застежкой с

пуговицами до середины груди, с гербом клуба "Manchester United" на левой стороне груди и белых шорт (рис. 7).



Рис. 7



Рис. 8

В таком виде футбольная форма клуба "Manchester United" просуществовала до 1976 г., сохраняя колористическое решение и герб клуба; изменения были крайне незначительны и касались лишь кроя во-

ротничка и оформления горловины футболки. Попытки изменения цвета футбольной формы встретили крайне негативное отношение фанатов клуба, привыкших к красному цвету футболок.

В сезоне 1976/1977 гг. произошли существенные изменения в дизайне спортивного костюма клуба "Manchester United".

Специальный комплект спортивной формы клуба "Manchester United" был выпущен для игр на кубок Англии, поскольку отмечался юбилей восшествия на престол Королевы Великобритании Елизаветы Второй. Товарный знак кубка Англии и слова "Серебряный юбилей 1977" были вышиты на форме под гербом клуба "Manchester United".

Этот факт можно классифицировать как проникновение патриотической политической рекламы на спортивный костюм в последней четверти XX века (рис. 8).

В 1976 году на правой стороне спортивной футболки клуба "Manchester United" появился товарный знак английской фирмы UMBRO – производителя спортивной одежды – первого спонсора команды, что можно считать первым прорывом коммерческой рекламы на изделия текстильной и легкой промышленности спортивного назначения (рис. 8).



Рис. 9

В 1992 г. в честь столетия клуба футболисты выступили в форме образца 1892 г. – зелено-желтой футболке с гербом клуба "Manchester United" и логотипом спонсора SHARP и в шляпах-котелках XIX века (рис. 10).

В 2000 г. со сменой тысячелетий сменился и спонсор клуба "Manchester United": им стал крупнейший оператор мобильной связи в Европе – компания VODAFONE.

Тенденция изображения товарных знаков спонсоров команд на спортивном костюме с последней четверти XX века получила широкое распространение во всем мире.

Размер товарного знака фирмы UMBRO был достаточно мелким и по размеру соизмерим с гербом футбольного клуба "Manchester United".

В 1980 г. новым спонсором команды "Manchester United" стала фирма ADIDAS – также производитель спортивной одежды. Товарный знак фирмы ADIDAS был также небольшого размера и располагался на форме на правой стороне футболки – симметрично с гербом клуба.

В 1982 г. на футболке игроков клуба "Manchester United" появился логотип нового спонсора команды – японской фирмы SHARP – индустриального гиганта в сфере электроники. Надпись SHARP ELECTRONICS была очень крупного размера и находилась в центре футболки, что делало ее хорошо видимой и легко читаемой как для зрителей на трибунах, так и для телезрителей (рис. 9).



Рис. 10

Товарный знак компании VODAFONE был также помещен в центр футболки (рис. 11).

В сезоне 2005-2006 гг. дизайн спортивного костюма футбольного клуба "Manchester United" был также изменен: герб клуба "Manchester United" и товарный знак спонсора компании VODAFONE помещаются по центральной оси костюма, а в правом углу и на рукаве помещается товарный знак фирмы NIKE (рис. 12).



Рис. 11



Рис. 12

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что рекламный графический дизайн спортивного костюма представляет собой активно развивающуюся область современной проектной культуры.

Активное проникновение рекламной информации политического и коммерческого характера в сферу спортивной амуниции произошло в конце 70 – начале 80-х гг. XX века.

Рекламный графический дизайн спортивного костюма посредством синтеза различных изобразительно-выразительных средств превращает спортивный костюм в канал информации наравне со средствами массовой информации: телевидением, радио, прессой, активно участвуя в визуально-коммуникативных процессах в современном обществе.

В связи с тем, что многие спортивные состязания, особенно международные, транслируются по телевидению, вся рекламная информация, содержащаяся на спортивных костюмах, одновременно становится доступной миллионам зрителей всех государств.

В настоящее время реклама и графический дизайн спортивного костюма – один из важнейших путей расширения влияния глобальных брендов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Cunninton Mansfield A.* English costume for sports and outdoor recreations from the 16th to the 19th century. – London, 1969.
2. *Charlie Lee Potter.* Sportswear in vogue since 1910. – New York, Abbeville-press, 1984.

Рекомендована кафедрой рисунка и живописи.
Поступила 04.04.08.

УДК 687.016.1:7.045.2

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЫ ЗА ИССЛЕДУЕМЫЙ ПЕРИОД (с 1981 по 2003 гг.) ДЛЯ АНАЛИЗА МОДЫ

Т.Л. МАКАРОВА, С.Л. МАКАРОВ

(Международный институт рекламы,
Московский государственный институт электроники и математики)

Для обобщенной характеристики коллекции или моды некоторого периода требуется количественная оценка. Одним из вариантов количественной оценки впечатления от образа модного костюма может быть уровень его позитивности [1]. Эта же оценка может быть использована для характеристики коллекции (моды или стиля).

Вычислим количественную оценку уровня позитивности коллекции по формуле

$$D = \sum_{i=1}^{55} x_i d_i, \quad (1)$$

где $x_i = 0$, если i -й символ отсутствует в

информационно-знаковой системе "костюм" (ИЗСК) коллекции; иначе $x_i = 1$; d_i – коэффициент (экспертная оценка) позитивности соответствующего символа, i – порядковый номер символа во множестве

элементов ИЗСК (табл. 1 – распределение символов множества элементов информационно-знаковой системы "костюм" по классам позитивности) [2].

Т а б л и ц а 1

Множество элементов информационно-знаковой системы "костюм"											
1 класс: позитивные символы				2 класс: амбивалентные символы				3 класс: негативные символы			
№	Символ	$d_{1,i}$	Значение $d_{1,i}$	№	Символ	$d_{2,i}$	Значение $d_{2,i}$	№	Сим-вол	$d_{3,i}$	Значение $d_{3,i}$
1		$d_{1,1}$	41,71	1		$d_{2,1}$	176,61	1		$d_{3,1}$	0,01
2		$d_{1,2}$	25,74	2		$d_{2,2}$	109,16	2		$d_{3,2}$	0,02
3		$d_{1,3}$	15,97	3		$d_{2,3}$	67,45	3		$d_{3,3}$	0,03
4		$d_{1,4}$	9,87	4		$d_{2,4}$	41,71	4		$d_{3,4}$	0,05
5		$d_{1,5}$	6,10	5		$d_{2,5}$	25,74	5	1	$d_{3,5}$	0,08
6		$d_{1,6}$	3,77	6		$d_{2,6}$	15,97	6		$d_{3,6}$	0,13
7		$d_{1,7}$	2,33	7		$d_{2,7}$	9,87	7		$d_{3,7}$	0,21
8		$d_{1,8}$	1,44	8		$d_{2,8}$	6,10	8		$d_{3,8}$	0,34
9		$d_{1,9}$	0,89	9		$d_{2,9}$	3,77	9		$d_{3,9}$	0,55
10		$d_{1,10}$	0,55	10		$d_{2,10}$	2,33				
11		$d_{1,11}$	0,34	11		$d_{2,11}$	1,44				
12		$d_{1,12}$	0,21	12		$d_{2,12}$	0,89				
13		$d_{1,13}$	0,13	13		$d_{2,13}$	0,55				
14		$d_{1,14}$	0,08	14		$d_{2,14}$	0,34				
15		$d_{1,15}$	0,05	15		$d_{2,15}$	0,21				
16		$d_{1,16}$	0,03	16		$d_{2,16}$	0,13				
17		$d_{1,17}$	0,02	17		$d_{2,17}$	0,08				
18		$d_{1,18}$	0,01	18		$d_{2,18}$	0,05				
				19		$d_{2,19}$	0,03				
				20		$d_{2,20}$	0,02				
				21		$d_{2,21}$	0,01				
4 класс: группы цветов (значения $d_{4,i}$)											
1		$d_{4,1}$	0,21	4		$d_{4,4}$	0,05	7		$d_{4,7}$	0,01
2		$d_{4,2}$	0,13	5		$d_{4,5}$	0,03				
3		$d_{4,3}$	0,08	6		$d_{4,6}$	0,02				

Значения коэффициентов позитивности символов определяются экспертными оценками; они являются частью информационно-знаковой системы "костюм". Частоты встречаемости символов определяются экспериментально. Значения уровня позитивности, определенные по формуле (1), образуют ряд экспериментальных точек, по которым может быть построен график, то есть могут решаться задачи интерполяции и экстраполяции. Это обеспечивает решение задач анализа состояния и прогноза развития модного костюма.

При решении задачи прогноза требуется по заданному (прогнозируемому) значению уровня позитивности определить характеристики перспективных моделей костюма. Такими характеристиками в ИЗСК является множество актуальных символов. В настоящей работе впервые для объективного определения множества актуальных символов, соответствующего заданному уровню позитивности D , предлагается решать задачу целочисленного программирования:

$$|D - \sum_{i=1}^{55} x_i d_i| \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $x_i = 0$, если i -й символ отсутствует в ИЗСК коллекции; иначе $x_i = 1$; d_i — коэффициент позитивности соответствующего символа, i — порядковый номер символа во множестве элементов ИЗСК [1], [2].

Обоснуем структуру принятой математической модели.

В общем случае поставленная задача требует полного перебора возможных наборов значений параметров x . ИЗСК включает в себя множество, состоящее из 55 символов. Число возможных сочетаний из 55 символов равно 2^{55} .

Для обработки каждого варианта сочетания символов требуется около 100 команд, которые выполняются не менее чем за 32 такта. Тогда общее число тактов, выполнение которых необходимо для решения задачи (2), составляет

$$2^{55} \cdot 320 \cong (10^3)^5 \cdot 10^4 = 10^{19}.$$

Пусть при решении задачи используется процессор с тактовой частотой 10 ГГц (на сегодняшний день это один из самых мощных процессоров персонального компьютера (ПК): в среднем используется процессор 1 ГГц). Тогда прямой перебор, требующий не менее 10^{19} тактов, выполняется за время $t = 10^{19} / 10^{10} = 10^9$ с.

Переведем эту величину в часы: $10^9 / 3600 = 10^6 / 3,6 \geq 2,5 \cdot 10^5$ часов. Переведем полученное значение в сутки: $2,5 \cdot 10^5 / 24 \approx 1,0 \cdot 10^4$ дней. Переведем в годы: $1,0 \cdot 10^4 / 365 = 1,0 \cdot 10^2 / 3,65 \geq 2,5 \cdot 10^1$, то есть не менее 25 лет.

Для уменьшения размерности задачи выделим 3 подсистемы символов (позитивные, амбивалентные и негативные) и будем решать задачу для каждой системы отдельно. Тогда задача размерности 2^{55} сводится к 3 задачам, размерность которых в среднем не превышает 2^{19} .

Ниже приводится оценка временной сложности указанных задач:

$$\begin{aligned} &\text{процессор } 10 \text{ ГГц, тактов } 2^{21}; \\ &t_i = 4 \cdot 10^6 / 10^{10} \approx 4 \cdot 10^{-4} \text{ с.} \end{aligned}$$

$$\text{Для 18 задач: } 18 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Мы получили 7,2 мс, то есть задача решается в реальном масштабе времени.

Таким образом, для описания уровня позитивности развитие системы "костюм" характеризуется 14 графиками. Эти графики характеризуют уровень позитивности каждой из 6 подсистем ИЗСК. В свою очередь каждый из этих графиков складывается из 3 составляющих функций (графиков: позитивные, амбивалентные, негативные символы ИЗСК). Все цвета объединяются в единую подсистему из-за их небольшого количества (7 цветовых групп), а также вследствие сравнительно небольшой разности их уровня позитивности. Состояние этой подсистемы представляется одним графиком.

Таким образом, состояние коллекции или изменение моды представляется 14 графиками: для 4 подсистем "форма костюма", "материал костюма", "форма фона" и "материал фона" мы строим по 3 графика (всего 12 графиков), а для подсистем "цвет

костюма" и "цвет фона" – по 1 графику. Изменение выявленных 6 подсистем представлено в [1].

Пусть, как и прежде, используется процессор 10 ГГц и для расчета одного варианта требуется 100 тактов. Тогда временная сложность решения задачи составит $t = 2 \cdot 10^6 / 10^{10} = 2 \cdot 10^{-4}$ с.

Специалисты в области психологии и искусствоведения различают сильно позитивные, позитивные, амбивалентные, негативные и сильно негативные символы. Таким образом, у специалистов указанных областей принято классифицировать символы по характеру воздействия на психику человека либо по выражению тенденции развития, как отдельной личности, так и общества в целом [1].

Нами предлагается выделить 3 класса позитивности символов, 4 класс – для цветов (характеризует позитивность цветов): $d_{k,i}$ $i = 1, \dots, n_k$ где k – порядковый номер класса позитивности, $k = 1, \dots, 4$, i – номер символа в классе позитивности, n_k – номер последнего символа k -го класса исследуемой подсистемы.

Уровень ИЗСК в целом определяется уровнями позитивности подсистем:

- 1) уровень "Форма костюма",
- 2) уровень "Материал костюма",
- 3) уровень "Форма фона",
- 4) уровень "Материал фона",
- 5) уровень "Цвет костюма",
- 6) уровень "Цвет фона".

Уровень позитивности каждой подсистемы в свою очередь определяется 3 составляющими:

- уровень позитивности позитивных символов;
- уровень позитивности амбивалентных символов;
- уровень позитивности негативных символов.

Для того, чтобы указанные характеристики символов могли бы использоваться в вычисленных алгоритмах, они должны быть представлены в виде числовых значений (табл. 1).

В качестве таких значений нами приняты следующие коэффициенты позитивности символов (табл. 1).

1. Коэффициенты позитивных символов принимают значения из приведенного ниже множества: $d_{1,i} \in \{0,01, \dots, 41,71\}$.

2. Для амбивалентных символов возможные значения коэффициентов выбираются из множества: $d_{2,i} \in \{0,01, \dots, 176,61\}$.

3. Значения коэффициентов негативных символов выбираются из следующего множества: $d_{3,i} \in \{0,01, \dots, 0,55\}$.

4. Коэффициенты позитивности цветов принимают значения из следующего множества: $d_{4,i} \in \{0,01, \dots, 0,21\}$.

Указанные оценки вычисляются по следующим формулам:

$$D_1^r = \sum_{i=1}^{18} x_i d_{1,i}, \quad (3)$$

$$D_2^r = \sum_{i=1}^{21} x_i d_{2,i}, \quad (4)$$

$$D_3^r = \sum_{i=1}^9 x_i d_{3,i}, \quad (5)$$

$$D_4^p = \sum_{i=1}^7 x_i d_{4,i}, \quad (6)$$

где $r = (1 \div 4)$ – номер подсистемы, характеризующей форму или материал костюма или фона (табл. 2 – порядковые номера подсистем информационно-знаковой системы "костюм"), $p = (5 \div 6)$ – номер подсистемы, характеризующей цвет костюма или фона; $x_i = 0$, если i -й символ отсутствует в ИЗСК коллекции; иначе $x_i = 1$; $d_{1,i}$, $d_{2,i}$, $d_{3,i}$, $d_{4,i}$ – коэффициенты (экспертные оценки) позитивности символов и групп цветов в соответствии с таблицей 1; i – порядковый номер символа в соответствующем классе позитивности.

Т а б л и ц а 2

№ подсистемы	Название подсистемы информационно-знаковой системы "костюм"
1	Форма костюма
2	Материал костюма
3	Форма фона
4	Материал фона
5	Цвет костюма
6	Цвет фона

Система уравнений (3...6) представляет собой математическую модель эстетического восприятия коллекции или моды в целом (как общественного явления) [1], [2], которая использована авторами для расчетов описаний перспективных моделей костюмов в терминах ИЗСК [2] и разработки нового метода исследования костюма и моды [1], [2].

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель изменения моды с целью ее анализа за период (с 1981 по 2003 гг.). На основе математической модели изменения моды создан новый метод исследования костюма и моды. Авторами разработаны и защищены программа и база данных, позволяющие рассмотреть моду за период от нескольких недель до десятков лет.

2. Результаты работы используются авторами в научных исследованиях (анализ моды за 1901 – 2008 гг.) и в проектировании современных костюма, среды и рекламы; в создании творческих работ (графика, компьютерная графика).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Макарова Т.Л.* Мода как процесс формирования информационно-знаковых систем в костюме. Дисс....канд. техн. наук. – М., МГТУ им. А. Н. Косыгина. 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.

УДК 621.01

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПРУГОЙ СВЯЗИ НА ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЯ НИЖНЕЙ НИТИ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

Д.С. МАНСУРОВА, А. ДЖУРАЕВ

(Худжанский филиал Таджикского технического университета,
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

При соединении деталей швейных изделий ниточным швом по технологическому процессу в швейной машине должны иметься игла, челнок или петлитель, нитепритягиватель и механизм транспортирования сшиваемых материалов.

Рекомендуемая швейная машина [1] выполняет двухниточный цепной стежок, отличающийся от типа 401 с развернутыми петлями верхней и нижней нити на 180° . Двухниточный цепной стежок образуется в результате взаимодействия иглы, петлителя с хвостом и толкателя нижней нити.

В предлагаемом плоском четырехзвенном механизме толкателя нижней нити применена упругая связь, которая смягчает пиковые значения нагрузки и обеспечивает необходимый выстой толкателю для обеспечения технологического процесса образования цепных стежков с требуемыми параметрами. При этом важными являются обоснования параметров упругой связи.

С целью разработки расчетной схемы привод швейной машины двухниточного цепного стежка привели к валу привода (кроме механизма толкателя нижней нити). При этом вся система приводится к одной массе, так как все передачи являются жесткими. В механизме толкателя нижней нити кривошип учитывается отдельной массой, а коромысло с толкателем учитываются третьей массой.

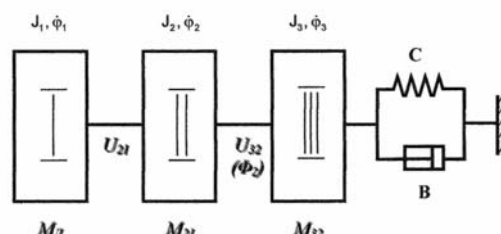


Рис. 1

На рис. 1 приведена расчетная схема машинного агрегата с механизмом толкателя нижней нити двухниточного цепного стежка. Схема учитывает переменность передаточного отношения второй и третьей масс. Массой шатуна пренебрегаем ввиду его малой величины относительно других масс системы. Третья масса (толкатель нижней нити) в определенных положениях контактирует с упругой связью, жестко закрепленной с корпусом швейной машины. При этом упругая связь выполнена из двух одинаковых частей, расположенных по обеим сторонам толкателя нижней нити [2].

Используя уравнение Лагранжа второго рода, с учетом динамической характеристики асинхронного двигателя и взаимодействующих моментов между массами системы получим следующую систему дифференциальных уравнений машинного агрегата с механизмом толкателя:

$$\begin{aligned}\frac{\omega_0 - \dot{\varphi}_1}{\omega_0} &= \frac{S_K M_D}{2M_K} + \frac{\dot{M}_D}{2M_K \omega_C}, \\ J_1 \ddot{\varphi}_1 &= M_D U_{21} M_{21} - M_{пр}, \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 &= M_{21} - U_{32}(\varphi_3) M_{32}, \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 &= M_{32} - C\varphi_3 - b \dot{\varphi}_3.\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь

$$\begin{aligned}U_{32}(\varphi_3) &= \frac{\dot{\varphi}_3}{\dot{\varphi}_2}; \quad \dot{\varphi}_2 = U_{21} \dot{\varphi}_1; \\ \ddot{\varphi}_3 &= \ddot{\varphi}_2 U_{32}(\varphi_3) + \dot{\varphi}_3^2 \dot{U}_{32}(\varphi_3);\end{aligned}$$

где J_1 – приведенные к главному валу моменты инерций ротора двигателя и других масс машины (кроме механизма толкателя нижней нити); J_2, J_3 – моменты инерций кривошипа и толкателя (коромысла) нижней нити; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – соответственно угловые перемещения масс системы; M_{21}, M_{32} – взаимодействующие моменты между массами; U_{21} – передаточное отношение между первой и второй массами; $U_{32}(\varphi_3)$ – передаточное отношение между второй и третьей массами; $M_{пр}$ – приведенный к главному валу момент от сопротивлений, действующих на элементы швейной машины; C, b – коэффициенты жесткости и диссипации упругой связи при угловых перемещениях толкателя.

Основной задачей динамических исследований механизма толкателя нижней нити является определение закона движения толкателя и изучение движения при различных динамических параметрах, влияние сопротивления от упругой связи на режимы движения системы, а также определение наилучших параметров механизма толкателя обеспечивающих колебания толкателя в пределах $30...32^\circ$.

Исследования проводили при следующих значениях параметров: $N_D = 0,4$ кВт; $n = 2900$ об/мин; $\omega_C = 314$ рад/с; $\omega_0 = 102,6$ рад/с; $J_2 = 0,83 \cdot 10^{-5}$ кг·м²; $J_3 = 0,561 \cdot 10^{-4}$ кг·м²; $C = 0,535 \cdot 10^2$ Н·м/рад; $b = 0,462$ Н·м·с/рад; $J_1 = 0,123 \cdot 10^{-3}$ кг·м²; $f_C = 50$ Гц; $U_{21} = 1,0$.

Переменное передаточное отношение U_{32} между второй и третьей массой определяется с учетом $\dot{\varphi}_2$ и $\dot{\varphi}_3$.

На основе решения задачи выявлено, что система выходит на установившийся режим движения при расчетных параметрах швейной машины через 0,022 с. При отсутствии сопротивления двигатель выходит на установившийся режим в пределах 0,009...0,011 с. С увеличением моментов инерций масс системы время переходного пуска системы затягивается.

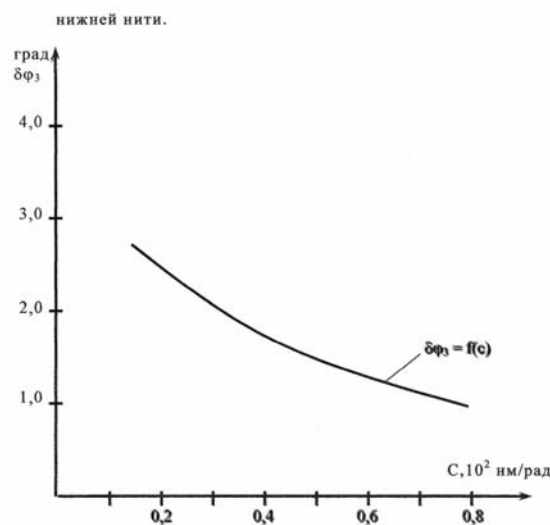


Рис. 2

На рис. 2 представлена графическая зависимость уменьшения угла сдвига $\delta\varphi_3$ толкателя нижней нити с увеличением коэффициента угловой жесткости упругой связи. Так, при $\delta\varphi_3 = 28^\circ$ увеличение составляет от $0,21 \cdot 10^2$ Н·м/рад до $0,83 \cdot 10^2$ Н·м/рад, угол сдвига толкателя при этом уменьшается от $2,8$ до $1,25^\circ$.

Следует отметить, что при дальнейшем увеличении коэффициента угловой жесткости упругой связи C можно достичь минимального значения угла сдвига $\delta\varphi_2$ толкателя нижней нити (близкой к нулю). Однако при этом возникают ударные взаимодействия толкателя нижней нити с упругой связью, что может привести к нарушению необходимого закона движения толкателя. Это, в свою очередь, приведет к нарушению технологического процесса образования двухниточного цепного стежка.

Важными также являются исследования движения толкателя нижней нити швейной машины при вариации коэффициента диссипации (угловых перемещений) упругой связи. Коэффициент диссипации в основном влияет на снижение (затухание) колебаний толкателя нижней нити.

Исследования показали, что при упругой связи с небольшим значением коэффициента диссипации высокочастотные составляющие колебания толкателя нижней нити фактически не затухают. Кроме этого, при упругой связи с незначительными диссипативными свойствами могут не затухать собственные колебания упругой связи после очередного взаимодействия с толкателем.

При этом во время следующего взаимодействия упругой связи с толкателем могут быть дополнительные колебания

толкателя, что отрицательно влияет на образование цепного стежка.

Рекомендуемыми параметрами системы, при которых обеспечивается необходимый процесс образования двухниточного цепного стежка в рассматриваемой швейной машине, являются: $J_1 = (0,15 \dots 0,2) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $J_2 = (1,0 \dots 1,2) \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $J_3 = (0,5 \dots 0,6) \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $C = (0,5 \dots 0,65) \cdot 10^2 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}$; $b = (0,4 \dots 0,6) \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с/рад}$; $\delta\varphi_2 = 25 \dots 26^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таджибаев З.Ш. Разработка и обоснование параметров рабочих органов швейной машины двухниточного цепного стежка: Дис...канд. техн. наук. – Ташкент, 2001.
2. А.с. №04780. Механизм толкателя нижней нити. Мансурова Д.С. и др. – Оpubл. 2001. Бюл. №3.

Рекомендована кафедрой технологии швейного производства. Поступила 24.07.08.

УДК 677-486.2:539.11

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МОНОНИТИ С ПЕТЛЕОБРАЗУЮЩИМИ ОРГАНАМИ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН ПРИ ЛИНЕЙНОМ КОНТАКТЕ

О.Ф. БЕЛЯЕВ, В.А. ЗАВАРУЕВ, Л.А. КУДРЯВИН

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

Пусть металлическая мононить (микропроволока) AD диаметром d движется по игле с радиусом R_1 (рис. 1). Будем далее полагать аналогично работам [1], [2], что точки A и D находятся достаточно далеко от иглы, микропроволоку на участках вблизи них будем считать прямолинейной, а силы T_1 и T_2 , действующие на концы микропроволоки, направленными вдоль ее оси. Участок CD будем далее называть ведущей ветвью микропроволоки, а участок AB – ведомой ветвью.

Ранее нами было экспериментально показано, что при небольших углах α между ведущей и ведомой ветвями микропроволоки зависимость натяжения T_2 ведущей ветви от натяжения T_1 ведомой можно

представить в виде двух практически прямолинейных участков [3].

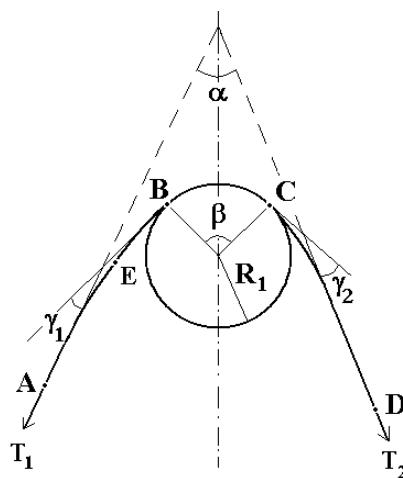


Рис. 1

Мы предположили, что наличие двух участков связано с переходом при увеличении сил T_1 и T_2 от точечного контакта микропроволоки с иглой к неточечному (линейному) контакту. Однако сопоставление экспериментальных данных с теоретическими предсказаниями в предположении, что микропроволока является абсолютно упругой, дало практически линейную зависимость T_2 от T_1 без наличия двух участков (без наличия “излома” на зависимости T_2 от T_1). В связи с этим мы в двух работах провели дальнейшее теоретическое рассмотрение, принимая, что микропроволока является не чисто упругой, а упруго-пластической, как это было экспериментально показано нами в [4]. Для упруго-пластических текстильных нитей аналогичная задача нахождения связи между T_2 и T_1 решалась в [5], [6]. Однако в этих работах не рассматривался “излом” на зависимостях T_2 от T_1 .

Рассмотрим неточечный (линейный) контакт в настоящей работе. Именно он изображен на рис.1.

Микропроволока, перемещаясь от точки А к точке В, увеличивает свою кривизну (уменьшает радиус изгиба), а при огибании иглы на участке ВС ее радиус кривизны ρ постоянен и равен $R = (R_1 + d/2)$. Затем на участке CD происходит распрямление микропроволоки, ее радиус кривизны увеличивается.

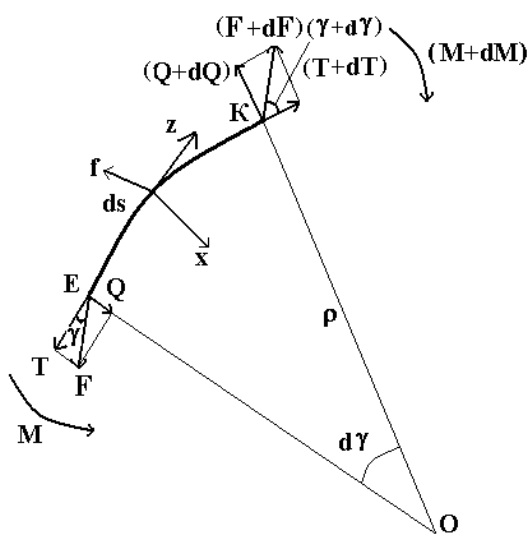


Рис. 2

Будем перемещаться по микропроволоке от точки А к точке D. Рассмотрим элементарный участок ds микропроволоки (рис.2). Он может находиться в любом месте микропроволоки. Выберем систему осей x, y, z . Ось z направим по касательной к микропроволоке в направлении перемещения (в сторону от точки Е к точке К), ось x – перпендикулярно оси z в сторону вогнутости микропроволоки, направление оси y свяжем с направлением осей x и z правилом правого винта. В данном случае ось y будет направлена перпендикулярно плоскости, в которой находится нить (перпендикулярно плоскости листа) и направлена вглубь листа (в сторону от нас).

Пусть помимо сосредоточенной силы F на участок ds действует также распределенная сила f (сила, действующая на единицу длины нити) и изгибающий момент M .

Силу F можно разложить на две составляющие – поперечную силу Q , направленную перпендикулярно оси нити (ее иногда называют перерезывающей силой), и силу T , направленную вдоль оси нити (ее можно назвать продольной силой или силой натяжения). По абсолютной величине для точки Е они определяются формулами:

$$Q = F \sin \gamma, \quad T = F \cos \gamma.$$

Векторы dT, dQ, dM характеризуют изменение векторов T, Q, M при переходе от точки Е к точке К. Связь всех перечисленных сил и моментов сил в проекциях на оси x, y, z дана, например, в [7]:

$$\frac{dQ_x}{ds} + \frac{T_z}{\rho} + f_x = 0, \quad (1)$$

$$\frac{dT_z}{ds} - \frac{Q_x}{\rho} + f_z = 0, \quad (2)$$

$$\frac{dM_y}{ds} + Q_x = 0. \quad (3)$$

Здесь Q_x, dQ_x – проекции векторов Q и dQ на ось x ; T_z, dT_z – проекции векторов T , dT на ось z ; f_x, f_z – проекции распределенной силы f на оси x, z ; dM_y – проекция момента сил M на ось y , (векторы Q, dQ, T, dT, M, dM , заменяют действие на участок

Если элементарный участок ds находится на участке АВ микропровода, распределенная сила f отсутствует, сила F равна T_1 , величина $dF = 0$, сила Q в точке К направлена против оси x , сила T – по оси z , момент M – по оси y . Поэтому проекция Q на ось x отрицательна, то есть $Q_x = -Q$, проекция силы T на ось z положительна ($T_z = T$), проекция момента M на ось y также положительна ($M_y = M$). Поскольку распределенная сила f на участке АВ отсутствует, то $f_x=f_z=0$.

$$-\frac{dQ}{d\gamma} + T = 0, \quad (4)$$

$$\frac{dT}{dy} + Q = 0, \quad (5)$$

$$\frac{dM}{\rho d\gamma} - Q = 0. \quad (6)$$

$$\frac{dM}{\rho} = T_1 \sin \gamma d\gamma .$$
$$\int_{T.A}^{T.B} \left(\frac{1}{\rho} \right) dM = \int_0^{\gamma_1} T_1 \sin \gamma d\gamma.$$

Аналогично можно показать, что для участка микропроволоки CD будем иметь:

где S_2 – площадь КСВ"Е.
Отсюда

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{S_2}{S_1} \frac{1 - \cos \gamma_1}{1 - \cos \gamma_2}. \quad (7)$$

Площадь S_2 складывается из площади трапеции КСВ"Н и площади треугольника NB"Е. Площадь трапеции КСВ"Н равна $(KC+NB'')KN/2=[(1/R+(1/R-2/\rho_{кр})] \cdot 2M_{кр}/2=$
 $=2(1/R-1/\rho_{кр})] M_{кр}$. Площадь треугольника NB"Е равна $NE \cdot NB''/2$. Прямые ВС и EB" параллельны друг другу. Поэтому треугольники ВСР и NB"Е подобны друг другу, Поэтому $NE/NB''=CP/BP$. Тогда $NE=NB'' \cdot CP/BP$ и площадь треугольника NB"Е будет равна $0,5(NB'')^2 CP/BP=$
 $=0,5(1/R-2/\rho_{кр})^2 (M-M_{кр})/(1/R-1/\rho_{кр})$. Общая

площадь $S_2 = 2(1/R - 1/\rho_{кр})] M_{кр} + 0,5(1/R - 2/\rho_{кр})^2 (M - M_{кр}) / (1/R - 1/\rho_{кр})$.

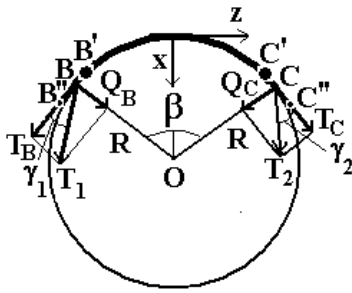


Рис. 4

Рассмотрим теперь участок BC из рис.1. Он изображен в увеличенном масштабе на рис. 4. На этом участке микропровода касается с иглой радиуса R_1 .

Помимо крайних точек B и C этого участка будем рассматривать также точки микропровода B', C', лежащие внутри этого участка в непосредственной близости к точкам B и C, и точки микропровода B'', C'', лежащие вне этого участка, но также в непосредственной близости к точкам B и C. В точке B имеет место сосредоточенная поперечная сила $Q_B = T_1 \sin \gamma_1$, направленная к центру иглы по радиусу. Согласно третьему закону Ньютона она должна вызвать реакцию опоры N_B , равную по величине Q_B , но противоположно ей направленную. (Равенство N_B и Q_B является также следствием уравнения (3). Действительно, на участке BC радиус кривизны микропровода постоянен. Поэтому постоянен и изгибающий микропроводу момент M_v , а его производная равна нулю. Следовательно, равна нулю и поперечная сила во всех точках участка BC, в том числе и в точке B. В точке B поперечная сила складывается из сил N_B и Q_B . Чтобы результирующая поперечная сила равнялась нулю, силы N_B и Q_B должны быть равны по величине и противоположны по направлению.)

Если в данном случае справедлив закон Амонтона, то в точке B возникает сосредоточенная сила трения $F_{трB} = \mu N_B = \mu T_1 \sin \gamma_1$, направленная против движения нити, то есть вдоль силы T_B . Коэффициент μ – ко-

эффициент трения нити об иглу. Аналогично в точке C возникает сосредоточенная сила трения $F_{трC} = \mu N_C = \mu T_2 \sin \gamma_2$, также направленная против движения нити, в данном случае против силы T_C .

Рассмотрим участок B',C'. На этом участке радиус кривизны микропровода во всех точках один и тот же и равен R, поэтому момент силы во всех точках этого участка также должен быть одним и тем же, и, следовательно, $dM_v/ds = 0$. Тогда согласно уравнению (3) сосредоточенная поперечная сила Q, как уже указывалось выше, на этом участке отсутствует.

В этом случае уравнения (1) и (2) для данного участка будут иметь вид:

$$\frac{T_z}{\rho} + f_x = 0, \quad (8)$$

$$\frac{dT_z}{ds} + f_z = 0. \quad (9)$$

Здесь T_z – проекция силы натяжения нити на ось z (она равна просто T); f_x – проекция распределенной внешней силы f на ось x; f_z – проекция распределенной внешней силы f на ось z (оси x, y, z направлены аналогично рис. 2).

Учитывая, что радиус кривизны ρ микропровода на участке B'C' один и тот же и равен R, из уравнения (8) имеем: $f_x = -T_z/R = -T/R$. Величина f_x – распределенная сила (сила на единицу длины нити), с которой игла действует на нить вдоль оси x. Поскольку она отрицательна, то она направлена против оси x, то есть от центра иглы по радиусу наружу и представляет собой распределенную реакцию опоры (иглы). Величина же f_z представляет собой в этом случае распределенную силу трения. Согласно закону Амонтона $f_z = \mu f_x = -\mu T/R$. Знак "минус" показывает, что она направлена против оси z. Подставляя выражение для f_z в уравнение (9) и учитывая, что $T_z = T$, а $ds = R d\gamma$, получим:

$$\frac{dT}{d\gamma} = \mu T \quad \text{или} \quad \frac{dT}{T} = \mu d\gamma.$$

Интегрируя это уравнение от точки В' до точки С' и произведя некоторые простые преобразования, имеем:

$$T_{C'} = T_{B'} e^{\mu\beta'} \quad (10)$$

В данном случае угол β' – угол между радиусами, соединяющими точки В', С' с центром иглы. Поскольку В', С' располагаются в непосредственной близости к точкам В и С, угол β' можно принять равным углу β – углу между радиусами, соединяющими точки В и С с центром иглы (рис. 4).

Сила $T_{B'}$ больше силы T_B на величину сосредоточенной силы трения $F_{трВ}$ в точке В. Аналогично сила $T_{C'}$ больше силы T_C на величину сосредоточенной силы трения $F_{трС}$:

$$T_{B'} - T_B = F_{трВ} = \mu T_1 \sin \gamma_1,$$

$$T_{C'} - T_C = F_{трС} = \mu T_2 \sin \gamma_2.$$

Учитывая, что точки В" и С" лежат в непосредственной близости к точкам В и С, углы γ для них практически те же самые, что и для точек В и С. Поэтому силы $T_{B'}$, $T_{C'}$ также практически те же самые, что и силы T_B и T_C , и можно записать:

$$T_B = T_{B'} + \mu T_1 \sin \gamma_1 = T_1 (\cos \gamma_1 + \mu T_1 \sin \gamma_1),$$

$$T_C = T_{C'} - \mu T_2 \sin \gamma_2 = T_2 (\cos \gamma_2 - \mu T_2 \sin \gamma_2).$$

Подставляя эти выражения в уравнение (10), будем иметь:

$$T_2 (\cos \gamma_2 - \mu T_2 \sin \gamma_2) = T_1 (\cos \gamma_1 + \mu T_1 \sin \gamma_1) e^{\mu\beta}.$$

Как нетрудно показать из рис. 1, $\beta = \pi - \alpha - \gamma_1 - \gamma_2$ (все углы при этом измеряются в радианах, угол β – действительный угол охвата. Угол $\pi - \alpha = \beta_0$ – угол охвата при идеально гибкой нити). Тогда

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\cos \gamma_1 + \mu \sin \gamma_1}{\cos \gamma_2 - \mu \sin \gamma_2} e^{\mu(\pi - \alpha - \gamma_1 - \gamma_2)}. \quad (11)$$

В выражении (11) и в уравнении (7) левые части равны, поэтому можно приравнять их правые части и после небольших преобразований получить:

$$\frac{\cos \gamma_1 + \mu \sin \gamma_1}{1 - \cos \gamma_1} e^{\mu(\pi - \alpha - \gamma_1)} =$$

$$= \frac{S_2}{S_1} \frac{\cos \gamma_2 - \mu \sin \gamma_2}{1 - \cos \gamma_2} e^{\mu\gamma_2}. \quad (12)$$

Рассчитав из графика величину S_1 , задав натяжение T_1 ведомой ветви микропровода и используя ранее полученное выражение $T_1 = S_1 / (1 - \cos \gamma_1)$, можно рассчитать $\cos \gamma_1$, а по нему определить γ_1 и $\sin \gamma_1$. Рассчитав далее из графика величину S_2 и задав коэффициент трения μ , по формуле (12) можно определить γ_2 , а затем по полученной выше формуле $T_2 = S_2 / (1 - \cos \gamma_2)$ рассчитать и T_2 .

При достаточно больших силах T_1 и T_2 углы γ_1 и γ_2 близки к нулю и выражение (11) при этом превращается в формулу Эйлера.

Описанная схема расчета использовалась для сравнительно больших сил T_1 и T_2 , а следовательно, при сравнительно больших изгибающих моментах. При небольших значениях сил этот подход неприменим, поскольку в этом случае будет, очевидно, иметь место не линейный, а точечный контакт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каган В.М., Щербаков В.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №2. С.86...91.
2. Каган В.М., Щербаков В.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 4. С.10...18.
3. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С.61...65.
4. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1. С.89...92.
5. Каган В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

6. *Цитович И.Г.* Теоретические основы стабилизации процесса вязания. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

7. *Рекач В.Г.* Руководство к решению задач прикладной теории упругости. – М.: Высшая школа, 1973.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 29.01.09.

УДК 677.621.363

МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ МЕХАНИЗМОВ КОНТРОЛЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОДУКТА

Е.Ф. РАЗУМОВА, А.К. РАСТОРГУЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Важнейшей составляющей процесса развития текстильного производства является совершенствование методов контроля параметров продукта, их измерения и стабилизации на всех технологических переходах прядильного, ткацкого и отделочных производств.

Основным элементом систем автоматического контроля и управления является датчик, дающий информацию о состоянии и параметрах текстильного продукта и режиме работы технологических машин.

Выбор датчика определяется особенностью текстильного продукта, заключающейся в легкости его деформирования и нарушении структуры при сравнительно небольших механических воздействиях. Поэтому при разработке систем автоматического контроля текстильного продукта необходимо выбирать датчики слабой энергии взаимодействия с контролируемым продуктом [1]. К этому виду датчиков относятся емкостные датчики, отличающиеся простотой конструкции контроля продукта и возможностью применения в системах автоматического контроля продукта на всех переходах текстильного производства. Вместе с тем эффективность использования таких датчиков зависит от выбранного способа преобразования емкости в сигнал управления.

В сочетании с емкостными датчиками возможно использование следующих преобразователей:

- 1) с измерительной цепью постоянного тока;
- 2) с мостовой цепью переменного тока и амплитудной модуляцией;
- 3) с мостовой цепью в контуре обратной связи автогенератора;
- 4) с резонансной цепью автогенератора и частотной модуляцией.

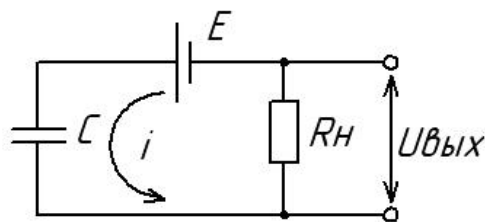


Рис. 1

Преобразователь с измерительной цепью постоянного тока (рис.1) работает по принципу преобразования измеряемой величины в электрический разряд.

Емкость C включает все постоянные емкости цепи, среднюю емкость датчика, соответствующую заданному значению контролируемого параметра продукта, и переменную составляющую, обусловленную колебаниями контролируемого параметра. При гармоническом измерении контролируемого параметра свойства преобразователя определяются дифференциальным уравнением [2]:

$$(C_0 + C_m \sin \omega t) R_n \frac{di}{dt} + (1 + C_m R_n \cos \omega t) i = E C_m \cos \omega t, \quad (1)$$

где C_0 – постоянная составляющая емкости датчика; C_m – амплитуда изменения емкости датчика; R_n – сопротивление нагрузки.

Предполагая решение уравнения в виде ряда Фурье, получаем:

$$i = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + a_2(2\omega t + \varphi_2) + \dots, \quad (2)$$

$$\text{где } a_1 = \frac{C_m}{C_0} \frac{E}{R_n \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_n} \right)^2}},$$

$$a_2 = - \left(\frac{C_m}{C_0} \right)^2 \frac{E}{R_n \sqrt{\left[1 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_n} \right)^2 \right] \left(4 + \frac{1}{\omega C_0 R_n} \right)^2}}.$$

При малых изменениях емкости C_m C_m/C_0 мало и можно пренебречь всеми, кроме первого, членами уравнения (2). Тогда мгновенные значения выходного напряжения:

$$U_{\text{вых}} = i R_n = \frac{C_m}{C_0} \frac{E}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_n} \right)^2}} \sin(\omega t + \varphi_1), \quad (3)$$

$$\text{где } \varphi_1 = -\arctg \left(1 / (\omega C_0 R_n) \right). \quad (4)$$

Недостатком рассматриваемого преобразователя является малая стабильность при $1/(\omega C_0 R_n) \gg 1$. Для обеспечения стабильности необходимо увеличивать емкость C_0 за счет увеличения размеров датчика, что ограничивает область его применения.

Схема преобразователя второго вида, построенная на нелинейности двойного Т-моста, изображена на рис. 2.

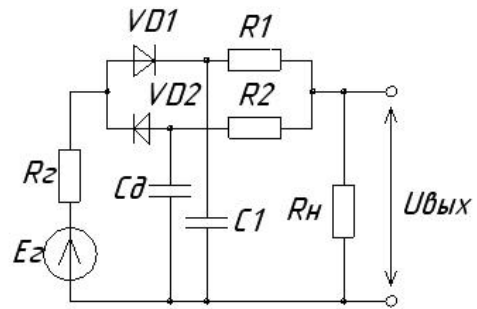


Рис. 2

Напряжение на нагрузке, подключенной к выходу преобразователя:

$$U_{\text{вых}} = 2\pi f S E_{\Gamma} R_n \frac{C_1 - C_d}{R_2 + R_n}. \quad (5)$$

Здесь E_{Γ} – е.д.с. источника питания; f – частота источника переменного напряжения; S – крутизна характеристики преобразователя; C_d – емкость датчика; C_1 – емкость задатчика.

Из (5) следует, что величина выходного напряжения зависит не только от емкости датчика. Существенное влияние на $U_{\text{вых}}$ оказывает частота колебаний напряжений источника питания преобразователя и величина этого напряжения.

Стабильность датчика и задатчика определяется только их конструкцией. Дополнительная нестабильность преобразователя вызывается температурной нестабильностью полупроводниковых диодов VD1 и VD2. Необходимость введения систем стабилизации частоты и величины напряжения питания преобразователя, а также элементов автоматической стабилизации, устраняющих влияние изменений температуры, связана со значительным усложнением устройства, что в свою очередь усложняет его практическое использование.

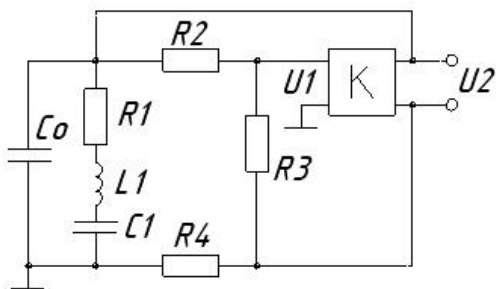


Рис. 3

В устройствах третьего вида мостовой преобразователь образует цепь положительной обратной связи автогенератора (рис.3).

В состав измерительного плеча моста входят емкость схемы C_0 , резонансный контур, состоящий из емкости датчика C_1 и индуктивности L_1 и резистора R_1 . При последовательном резонансе реактивные сопротивления ωL_1 и $1/(\omega C_1)$ взаимокompенсируются и сопротивление измерительного плеча практически равно R_1 , что позволяет выбирать сопротивление плеч моста из условия $R_2 = R_3 = R_4 \approx R_1$.

Особенность преобразователя на основе мостового автогенератора при работе вблизи частоты последовательного резонанса открывает возможность измерения неэлектрических величин, например, влажности диэлектрических материалов, за счет изменения активных потерь в реактивных элементах измерительного плеча [3].

Практическое использование рассматриваемого преобразователя в механизмах контроля параметров движущегося текстильного продукта и механизмах управления технологическими машинами ограничивается сложностью конструкции датчика, содержащего несколько реактивных элементов, параметры которых под действием механических, температурных и влажностных воздействий могут существенно изменяться.

В преобразователях четвертого вида емкостный датчик является единственной переменной реактивной составляющей резонансного колебательного контура автогенератора, реагирующей на состояние контролируемого продукта [4].

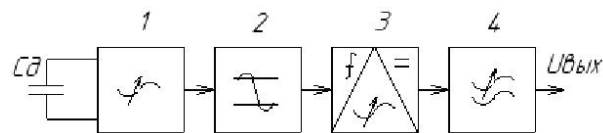


Рис. 4

Структура преобразователя с частотным преобразованием сигнала датчика представлена на рис. 4. В состав преобразователя входят: датчик C_d , автогенератор 1, ограничитель амплитуды колебаний 2, частотный детектор 3 и фильтр нижних частот 4.

Параметры текстильного продукта в процессе производства и обработки изменяются периодически с переменным периодом отключения от требуемого значения. При этом частота колебаний автогенератора определяется выражением

$$f = 10 \sqrt{\frac{253}{L}} \left(\frac{1}{\sqrt{C_d + \Delta C}} - \frac{1}{\sqrt{C_d}} \right), \text{ мГц. } (6)$$

Здесь L – индуктивность контура автогенератора в мкГ, емкость в пФ.

Необходимо отметить, что полученное выражение справедливо для емкостных датчиков любой конструкции. Благодаря этому устройства с частотным преобразованием сигнала могут быть использованы при разработке большинства механизмов контроля и управления текстильных машин.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ преобразователей сигнала емкостных датчиков параметров текстильного продукта позволил установить, что наиболее перспективным для создания механизмов контроля состояния продукта и управления технологическими машинами являются преобразователи с двойным Т-мостом и устройства с частотным преобразованием сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роботехнические системы в текстильной и легкой промышленности/ В.А.Климов, В.Н.Гончаренко, А.А.Ганулич и др. – М.: Легпромиздат, 1991.

2. Разумова Е.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №5. С.60...64.

3. Расторгуев А.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №4. С.91...95.

4. Расторгуев А.К., Власов Е.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №4. С.59...63.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 29.01.08.

УДК 621.34:62-50

О ВЛИЯНИИ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА НА ДИНАМИКУ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.Т. ФИЛИЧЕВ, А.В. ГЛОТОВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Использование червячных передач в кинематике электроприводов отделочного производства, например, осевых накатных машин, обусловлено, как правило, необходимостью получения в одной червячной паре большого передаточного отношения [1]. Однако специфические свойства червячной передачи накладывают на работу системы электропривода ряд ограничений.

Ведущим в большинстве случаев является червяк. Тогда по аналогии с винтовой парой КПД зацепления определяется отношением тангенса угла подъема винтовой линии червяка к тангенсу суммы углов подъема и трения. В случае, когда ведущим становится червячное колесо и изменяется направление действия сил, КПД зацепления зависит уже от отношения тангенса разности углов подъема и трения к тангенсу угла подъема. При конструкции червяка с углом подъема, меньшим угла трения, КПД зацепления становится равным нулю и передача движения от колеса к червяку становится невозможной. При этом имеет место самотормозящая червячная пара. [1]

Червячная передача представляет собой нелинейный элемент с сухим трением, зависящим от момента M_a на червячном колесе. Увеличение момента $M_{дв}$ на валу червяка приводит к повороту червячного колеса. Обратная передача движения, как правило, невозможна. При приложении момента M_a к червячному колесу может

происходить заклинивание, самоторможение передачи.

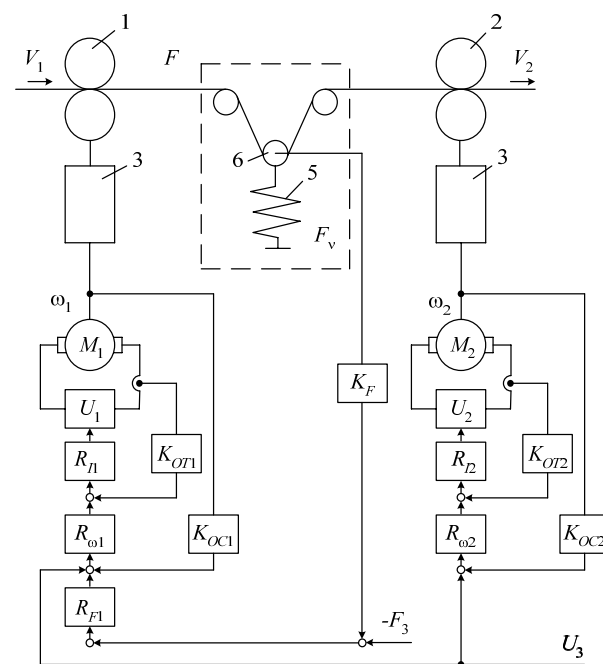


Рис. 1

Оценку влияния червячного редуктора на динамические характеристики системы электропривода, обеспечивающей стабилизацию натяжения полотна, выполним на примере двухмашинного агрегата (рис.1), представленного рабочими органами технологических машин 1 и 2, кинематически связанными через редукторы 3 с валами приводных двигателей M_1 и M_2 . Приводные двигатели получают питание от инди-

видуальных тиристорных преобразователей U1,2, а система регулирования натяжения материала построена по принципу подчиненного регулирования. Датчик натяжения имеет упругий элемент 5 и изме-

рительный ролик 6, а оптимизация контуров тока и скорости выполнена по известным соотношениям без учета упругости кинематических звеньев [2].

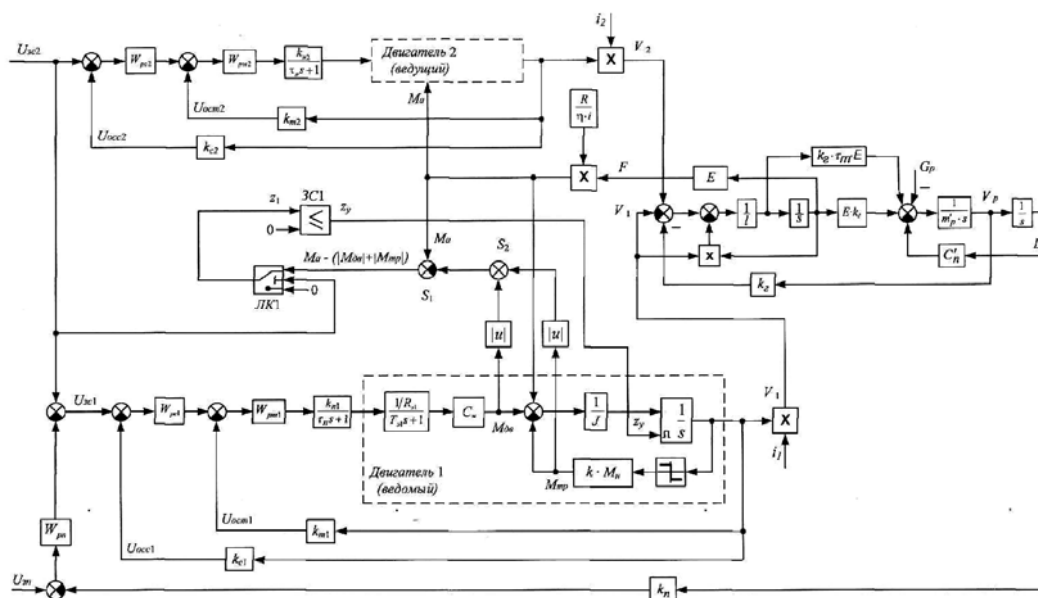


Рис. 2

Исследование переходных процессов в замкнутой по натяжению полотна системе двухмашинного агрегата и анализ влияния червячного редуктора, являющегося звеном с явно выраженной нелинейностью, выполнено в соответствии с системой уравнений и с структурной схемой рис.2 [3]:

$$\begin{aligned} V_1 F \left(\frac{1}{V_1} S + 1 \right) &= E (V_2 - V_1 \pm k_r V_p), \\ k_r F - C_n' \Delta \ell - G_p &= m_p' s^2 \Delta L, \\ U_{ост} &= k_n \Delta L_p, \\ U &= k_{n1} [U_{3c2} - k_{pn} (U_{3n} - U_{ост})], \\ U &= c_e \Omega_1 + \frac{R_a}{c_M} M_{дв} + \frac{L_a}{c_M} \frac{dM_{дв}}{dt}, \\ M - M_{тр} - M_a &= y \frac{d\Omega}{dt}, \end{aligned}$$

где $V_{1,2,p}$ – линейные скорости материала соответственно на входе и выходе зоны деформации и измерительного ролика, м/с; ℓ – длина ткани в зоне деформации, м; F , E

– натяжение полотна и приведенный к его ширине модуль упругости, Н; G – вес неуравновешенных частей датчика, Н; $S = d/dt$; k_r – коэффициент, учитывающий угол охвата ролика движущимся полотном; ΔL – линейное перемещение ролика, м; m_p – масса ролика, кг; C_n – жесткость пружины, Н/м; k_{n1} , k_{pn} – коэффициенты передачи датчика и регулятора натяжения.

Как показывает анализ, в случае применения в кинематике двухмашинного агрегата червячного редуктора появляются два возможных варианта направления действия движущего активного момента со стороны червячного колеса.

В первом случае активный момент, создаваемый натяжением материала на ведомом двигателе, совпадает с направлением скорости червячного колеса. Эффект самоторможения возникает, когда активный момент превышает сумму моментов двигателя и трения $M_a > M_{дв} + M_{тр}$.

Структурная схема электропривода ведомого двигателя М1 двухмашинного агрегата (рис.2) содержит модель самотормозящего редуктора. Электропривод ве-

дущей машины укомплектован цилиндрическим редуктором. Сложение модулей моментов двигателя и трения осуществляется на втором сумматоре S_2 .

Результирующий сигнал с выхода первого сумматора S_1 подается на логический ключ ЛК1, который обеспечивает его пропускание при совпадении направлений

действия момента двигателя и активного момента. Далее выходной сигнал $Z1$ ключа ЛК1 поступает на звено сравнения ЗС1, где происходит проверка условия самоторможения. Управляющий сигнал Z_y подается на вход управления интегратора с внешним сбросом модели двигателя постоянно-го тока.

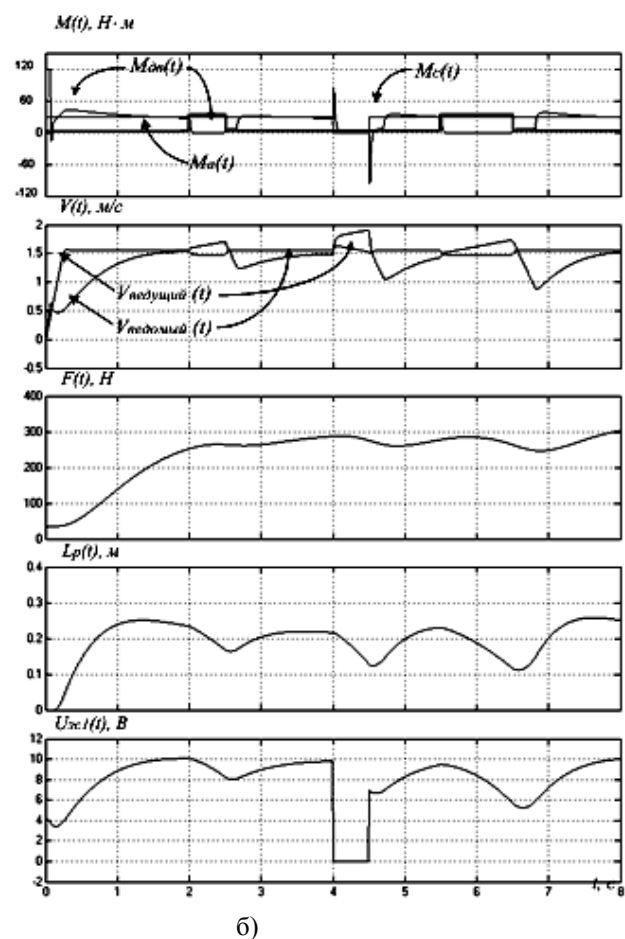
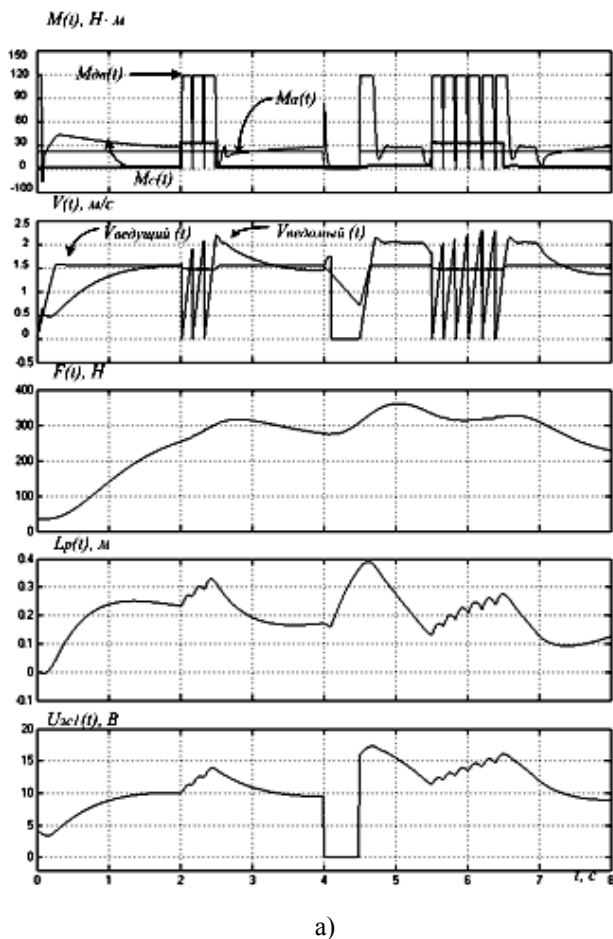


Рис. 3

На рис. 3-а представлены временные зависимости моментов на валу ведомого двигателя, линейных скоростей валков ведущего и ведомого двигателей, натяжения полотна, хода компенсатора и напряжения задания скорости работы агрегата с самотормозящим червячным редуктором в приводе ведомого двигателя. Для сравнения на рис.3-б – аналогичные зависимости при работе агрегата с цилиндрическими редукторами в обоих приводах с тем же циклом управляющих и возмущающих воздействий.

В приводе ведомого двигателя с червячным редуктором при набросе активного момента и выполнении условия возникновения самоторможения происходит резкое падение скорости двигателя до нуля. Это приводит к броску его момента до значений, определяемых системой токоограничения. Далее условие самоторможения нарушается, скорость двигателя возрастает, момент двигателя снижается и вновь наступает эффект самоторможения. За время наброса нагрузки происходят значительные колебания скорости ведомого двига-

теля, рост натяжения полотна и перемещение ролика компенсатора.

В приводе ведомого двигателя с цилиндрическим редуктором аналогичное возмущение приводит к некоторому росту скорости двигателя и незначительным изменениям натяжения полотна и перемещения ролика компенсатора.

Во втором случае активный момент, создаваемый натяжением обрабатываемого материала на ведущем двигателе, действует против направления вращения червячного колеса. Эффект самоторможения возникает в том случае, если по каким-либо причинам активный момент M_a превысит момент двигателя $M_{дв}$, действующий со стороны червяка.

Структурная схема модели электропривода двухмашинного агрегата с моделью самотормозящего червячного редуктора, установленного на ведущем двигателе М2, в основном аналогична представленной модели.

Сравнительный анализ временных диаграмм работы двухмашинного агрегата позволяет сделать следующие выводы:

– при набросе активного момента в электроприводе с червячным редуктором эффект самоторможения сопровождается максимальными значениями момента двигателя, увеличением натяжения материала и значительными колебаниями линейных скоростей приводных валков, а также перемещениями ролика компенсатора;

– при использовании цилиндрических редукторов рассмотренные возмущения не вызывают значительных изменений ни момента двигателя, ни натяжения, ни скоростей двигателей и перемещения ролика компенсатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов М.Н.* Детали машин. – М.: Высшая школа. 1981.
2. *Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №4. С.60...63.
3. *Глазунов В.Ф., Филичев В.Т.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №2. С.107...113.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 29.01.08.

УДК 66.011

РАСЧЕТ ВИХРЕВЫХ КАМЕР ДЛЯ СУШКИ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ

Л.М. КОЧЕТОВ, Б.С. САЖИН, М.П. ТЮРИН, Е.В. ОТРУБЯННИКОВ

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

Дисковые вихревые сушилки хорошо зарекомендовали себя при проведении процессов сушки порошкообразных волокнообразующих полимеров, таких как полиамиды, полипропилен, полиэтилен. В результате их сушки возможно достижение низкой остаточной влажности, менее 0,5%, что делает возможным их последующую переработку в гранулы.

Особенностью вихревых сушилок является сочетание активного гидродинамического режима, характеризующегося высокой относительной скоростью взаимодействующих фаз, с достаточно длительным (до нескольких десятков секунд) временем пребывания дисперсного материала в аппарате. Сочетание этих двух факторов позволяет проводить сушку дисперсных материалов, характеризующихся наличием не только поверхностной, но и связанной влаги [1].

Твердые частицы увлекаются газовым потоком во вращательное движение и отбрасываются в периферийную зону камеры, где движутся по окружности вдоль внутренней стенки. В результате в камере накапливается дисперсный материал в виде кольцевого вращающегося слоя.

При определенном расходе газа вихревая камера способна удерживать определенное количество дисперсного материала q (удерживающая способность камеры). Величина удерживающей способности является важнейшей характеристикой вихревой камеры, поскольку определяет среднее время пребывания дисперсного материала в аппарате. Согласно соотношению:

$\tau_{\text{ср}} = q / G$, где G – расход твердого материала.

При движении дисперсного материала в камере происходит периодическое ускорение твердых частиц и их последующее торможение, обусловленное трением о стенку. Схема движения материала в камере с горизонтальной осью приведена на рис. 1.

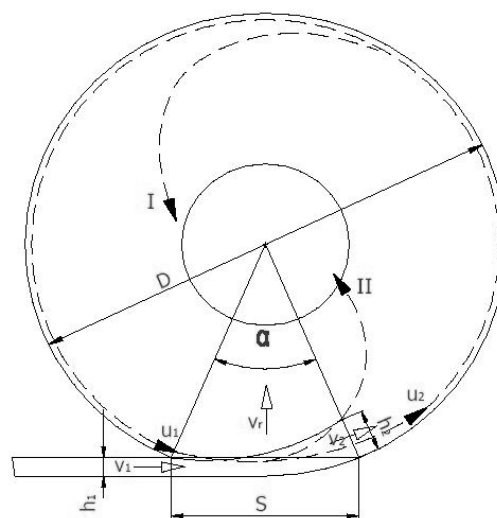


Рис. 1

На разгонном участке камеры на твердую частицу в радиальном направлении действуют следующие силы: сила тяжести G , центробежная сила $F_{\text{цб}}$ и сила давления газового потока $F_{\text{дав}}$.

Условие равновесия этих сил может быть выражено уравнением:

$$(g \cos \varphi + \frac{u_1^2}{\Theta}) \rho_m \frac{\pi \delta^3}{6} = \xi \frac{\pi \delta^2}{8} v_r^2 \rho_r, \quad (1)$$

где Θ – радиус траектории движения частицы; в общем случае $\Theta = \varepsilon D / 2$; D – диаметр камеры; ρ_m и ρ_r – соответственно плотности твердого материала и газа; u_1 – скорость твердых частиц в кольцевом слое при входе в газовую струю; v_r – радиальная скорость газового потока; δ – диаметр твердых частиц; φ – угловая координата местоположения частицы.

В верхней точке камеры (при $\varphi = 180^\circ$) радиальный сток газа, в периферийной зоне камеры, практически отсутствует, то есть $F_{\text{ДАВ}} = 0$. Условие безотрывного прохождения материалом верхней точки вихревой камеры:

$$u \geq (0,5Dg)^{0,5}. \quad (2)$$

Вынос дисперсного материала из вихревой камеры с горизонтальной осью может происходить (в зависимости от расхода газа) из верхней зоны камеры (линия I на рис. 1), в соответствии с уравнением 2, или из ее нижней зоны (линия II на рис. 1), в соответствии с уравнением 1.

Значение расхода газа, при котором происходит изменение характера выноса материала, названо критическим расходом, $V_{\text{кр}}$. Когда $V > V_{\text{кр}}$ скорость дисперсного материала в верхней точке камеры ($\varphi = 180^\circ$) превышает минимальное значение безотрывного движения $u = (0,5Dg)^{0,5}$.

Величина $V_{\text{кр}}$ (при одном тангенциальном газоходе $z=1$) может быть оценена с помощью формулы:

$$V = V_{\text{кр}} = 0,5 v_r B D \alpha. \quad (3)$$

Значение v_r можно определить из (1):

$$v_r = \left[\frac{4 \rho_m \delta (2 u_1^2 / \varepsilon D + g \cos \alpha / 2)}{3 \xi \rho_r} \right]^{0,5}, \quad (4)$$

где B – ширина камеры; V – объемный

расход газа; $\alpha = 2 \arccos(1 - 2h_1 / D)$ – угловой сектор, в пределах которого происходит радиальный сток; h_1 – высота тангенциального газохода; ε – коэффициент, зависящий от массы частицы и геометрических размеров камеры; когда частица скользит по стенке камеры $\varepsilon=1$; в других случаях $\varepsilon > 1$.

На участке торможения движение твердых частиц в кольцевом слое можно описать уравнением:

$$-\frac{du}{d\tau} = \frac{F_{\text{TP}}}{m} + g \sin \varphi, \quad (5)$$

$$\text{где } \frac{F_{\text{TP}}}{m} = \left(\frac{F_{\text{ЛБ}}}{m} + g \cos \varphi \right) f = \left(\frac{2u^2}{D} + g \cos \varphi \right) f; \quad (6)$$

m – масса твердой частицы; τ – время движения; f – коэффициент трения.

Из уравнений (5) и (6) (при граничных условиях: при $\varphi = \alpha/2$, $u=u_2$) можно получить уравнение движения частицы на участке торможения:

$$u = u_2^2 - gD(f \sin \varphi - \cos \varphi) + C)^{0,5} - u_2(1 - \exp(-ft)), \quad (7)$$

где $C = gD(f \sin \alpha / 2 - \cos \alpha / 2)$;

$t = (\varphi - \alpha / 2) \pi / 180$; u_2 – скорость частиц в начале тормозного (в конце разгонного) участка.

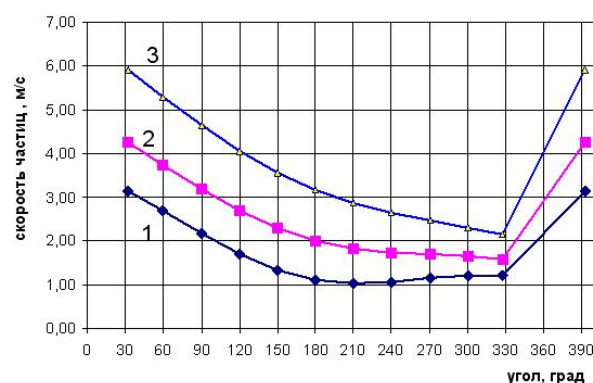


Рис. 2

На рис. 2 приведены результаты расчета средних скоростей твердого материала, по-

лученных согласно уравнению (7), при следующих исходных параметрах: $D=0,25$ м; $B=0,05$ м; $z=1$; $\rho_B=1,2$ кг/м³; $\rho_M=1000$ кг/м³; $h_1=20$ мм; $\delta=0,5$ мм; при $f=0,2$. Линия 1 соответствует режиму $V \leq V_{кр}$; линии 2 и 3 режимам $V > V_{кр}$ (2 – $V=1,45V_{кр}$; 3 – $V=1,85V_{кр}$). При этом согласно уравнению (3) величина $V_{кр}=105$ м³/ч. Коэффициент трения $f=0,2$.

Важно отметить, что при любых режимах $V \leq V_{кр}$ значения скоростей материала, при соответствующих значениях φ , не меняются. Дисперсность и плотность материала при $V \leq V_{кр}$ также не оказывает влияния на скорость твердых частиц.

С увеличением коэффициента трения f величина $V_{кр}$ снижается. Это связано с уменьшением скорости материала u_1 в результате торможения частиц за счет трения на участке от $\varphi=180^\circ$ до точки входа в струю газа. При $V > V_{кр}$ скорость материала (при всех значениях φ) возрастает с увеличением расхода газа.

При входе твердых частиц, движущихся в периферийной зоне камеры, в струю газа, истекающую из тангенциального сопла, происходит увеличение скорости твердых частиц и соответственно снижение скорости газового потока. Используя закон сохранения количества движения (при условии, что давление в газовой струе на участке разгона твердых частиц не изменяется), можно получить следующее уравнение:

$$\rho_{\Gamma} (v_1 - v_2) V / z = M(u_2 - u_1), \quad (8)$$

где v_1 и v_2 – скорости газового потока соответственно в начале и в конце участка разгона твердых частиц; M – расход материала, проходящего через газовую струю в единицу времени, который определяется из соотношения:

$$M = q u_{\text{ср}} / \pi D. \quad (9)$$

Из уравнений (8) и (9) получим выражение для удерживающей способности:

$$q = \frac{\pi D \rho_{\Gamma} (v_1 - v_2) V}{z(u_2 - u_1) u_{\text{ср}}}. \quad (10)$$

Скорость истечения газа из тангенциальных газоподов:

$$v_1 = V / z h_1 B. \quad (11)$$

Скорость газа v_2 в конце разгонного участка:

$$v_2 = V / z h_2 B, \quad (12)$$

где h_2 – степень расширения газовой струи в конце разгонного участка.

При условии, что радиальный сток в пределах разгонного участка распределен равномерно, величину h_2 можно оценить по формуле:

$$h_2 = e h_1. \quad (13)$$

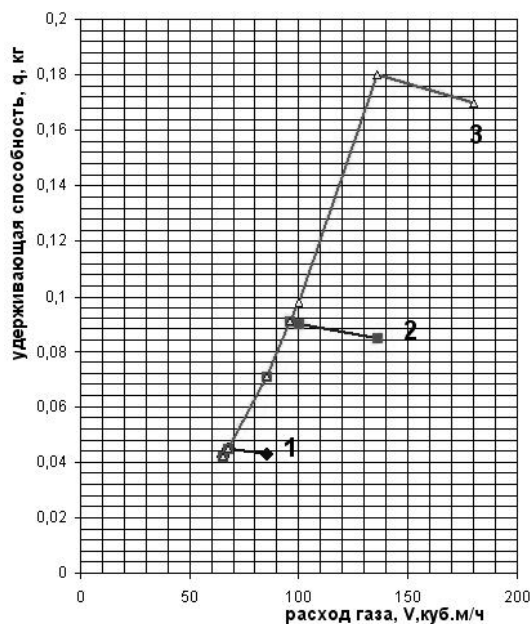


Рис. 3

На рис. 3 приведены зависимости удерживающей способности q от расхода газа V для камеры с горизонтальной осью и одним тангенциальным каналом, полученные по формуле (10), при следующих исходных параметрах: $D=0,25$ м; $B=0,05$ м;

$\rho_B=1,2 \text{ кг/м}^3$; $\rho_M=1000 \text{ кг/м}^3$; $h_1=20 \text{ мм}$; $f=0,3$. Расчеты выполнены для значений: 1 – $\delta=0,25 \text{ мм}$; 2 – $\delta=0,5 \text{ мм}$ и 3 – $\delta=1,0 \text{ мм}$.

Полученные результаты подтверждаются результатами экспериментов [2...4]. Для камер с горизонтальной осью, очевидно, оптимальные условия находятся в области расходов газа, близких к $V=V_{\text{кр}}$, поскольку дальнейшее увеличение газа не приводит к росту удерживающей способности, но вызывает существенный рост потерь напора.

В результате обработки экспериментальных данных получено эмпирическое уравнение, позволяющее оценить значение $V_{\text{кр}}$ с точностью $\pm 10\%$:

$$\text{Re}_{\text{кр}} = A \left(\frac{h_1}{D} \right)^{0,63} \left(\frac{D}{\delta} \right)^{1,3} \text{Ar}^{0,61}, \quad (14)$$

где A – коэффициент, зависящий от условий трения материала. Для исследованных полимеров $A \approx 0,30$; ν – кинематическая вязкость газа, $\text{м}^2/\text{с}$; $\text{Re}_{\text{кр}} = \frac{v_{\text{кр}} h_1}{\nu}$ – число

Рейнольдса; $\text{Ar} = \frac{g \delta^3 (\rho_M - \rho_\Gamma)}{\nu^2 \rho_M}$ – число Ар-

химеда; $v_{\text{кр}}$ – скорость истечения газа, соответствующая $V_{\text{кр}}$.

Удерживающая способность камеры с горизонтальной осью согласно [2] с точностью $\pm 20\%$ определяется эмпирическим уравнением

$$q = x E^{0,8} D^{-0,15}, \quad (15)$$

где E – кинетическая энергия струи газа на входе в камеру, Вт; x – коэффициент, величина которого зависит от когезионных

свойств дисперсного материала и для полимеров составляет в зоне $10 \dots 12 \text{ гм}^{0,15}/\text{Вт}^{0,8}$,

$$E = 0,5 \rho_\Gamma B h_1 v_1^3. \quad (16)$$

Уравнения (14) и (15) получены при изменении параметров в диапазонах: $D=0,12 \dots 0,8 \text{ м}$; $B/D=0,15 \dots 0,4$; $D/h_1=5 \dots 17,2$; $D/\delta=58 \dots 705$; $\text{Ar}=2 \cdot 10^3 \dots 5 \cdot 10^5$.

Результаты расчетов $V_{\text{кр}}$ и q приведены в табл. 1. Как видно из сопоставления полученных результатов, значения $V_{\text{кр}}$ и q , рассчитанные на основании теоретической модели и эмпирических уравнений, удовлетворительно согласуются между собой.

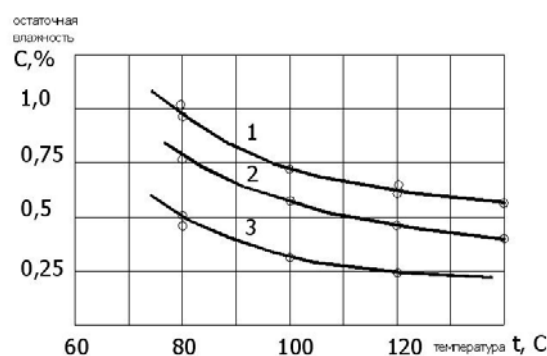


Рис. 4

На рис. 4 представлены экспериментальные зависимости остаточной влажности порошкообразного полиамида ПА-6 от температуры отходящего воздуха при различном среднем времени пребывания материала $\tau_{\text{ср}}$. Данные зависимости были получены при сушке материала в вихревой камере, имеющей следующие параметры: $D=0,24 \text{ м}$; $B=0,035 \text{ м}$; $h_1=15 \text{ мм}$; кривая 1 – $\tau_{\text{ср}}=15 \text{ с}$; 2 – $\tau_{\text{ср}}=30 \text{ с}$; 3 – $\tau_{\text{ср}}=60 \text{ с}$.

Таблица 1

Диаметр камеры D, мм	Диаметр частиц материала δ , мм	Критический расход $V_{\text{кр}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$		Удерживающая способность q при $V_{\text{кр}}$, кг	
		(по ур. 3)	(по ур. 14)	(по ур. 10)	(по ур. 15)
250	0,25	68	63	0,045	0,035
250	0,50	96	91	0,091	0,081
250	1,00	136	131	0,180	0,198
500	0,50	217	223	0,23	0,213

Очевидно, что с увеличением $\tau_{\text{ср}}$, при одинаковой температуре отходящего воздуха, остаточная влажность материала существенно снижается. Таким образом, возможно регулировать остаточную влажность материала после вихревых сушилок за счет варьирования $\tau_{\text{ср}}$, определяемого как отношение удерживающей способности камеры к производительности по высушиваемому материалу, $\tau_{\text{ср}} = q/G$. Величину удерживающей способности камеры можно изменять за счет выбора конструктивных и технологических параметров, добиваясь оптимальных условий ее работы.

ВЫВОДЫ

1. Предложен метод расчета удерживающей способности вихревой камеры с горизонтальной осью. Установлена зависимость удерживающей способности от расхода газа и других параметров процесса. Проведено сопоставление расчетных и экспериментальных значений удерживающей способности и критического расхода газа в камере.

2. Приведены результаты сушки порошкообразного полиамида в вихревой сушилке. Показана возможность регулирования остаточной влажности материала за счет варьирования удерживающей способности и производительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.
2. Кочетов Л.М., Сажин Б.С. Гидродинамика и теплообмен в сушильной вихревой камере // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1969, № 9.
3. Сажин Б.С., Кочетов Л.М., Белоусов А.С. Удерживающая способность и структура потоков в вихревых аппаратах // Теоретические основы химической технологии. – 2008, № 2.
4. Белоусов А.С., Кочетов Л.М., Сажин Б.С. Гидродинамическая структура потоков в вихревой сушильной камере // В. кн.: Успехи в химии и химической технологии. – М., 2003, т. XVII, № 13 (38), С. 94...97.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 02.04.08.

УДК 667.27-913.3:66.021.3

ПРОЦЕССЫ МАССООБМЕНА И ИХ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЖИДКОСТИ

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

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

Большинство из физико-химических процессов обработки материалов в жидкости можно свести к двум группам – пропитке ткани некоторым компонентом, содержащимся в растворе, либо удалению содержащихся в ткани веществ (промывка), которые имеют одинаковую природу и должны одинаково описываться математически.

Массовые доли некоторого компонента в растворе ω и ткани s определяются как

$$\omega = M_K/M_p, \quad s = M_K/M_{\text{тк}}, \quad (1)$$

где M_K , M_p , $M_{\text{тк}}$ – массы рассматриваемого компонента, раствора и ткани соответственно.

При малых значениях ω и s их величины в состоянии равновесия связаны через коэффициент распределения K законом Бертелло и Юнгфлейша [1]:

$$\omega = Ks. \quad (2)$$

Упомянутые физико-химические процессы можно рассматривать как диффузию. При движении ткани в жидкости на ее поверхности образуется диффузионный пограничный слой.

Рассмотрим ткань как плоский слой толщиной 2δ продольно обтекаемый жидкостью, раствором. Плотность массового потока j реагента через диффузионный погранслой можно представить законом массоотдачи:

$$j = \beta (\omega_{\infty} - \omega_n), \quad (3)$$

где β – коэффициент массоотдачи; ω_{∞} и ω_n – массовые доли реагента в растворе и на поверхности ткани.

Величину плотности потока массы, подводимой изнутри ткани к его поверхности, можно описать с помощью закона диффузии Фика:

$$j = -\rho D_3 \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=\delta}, \quad (4)$$

где D_3 – эффективный коэффициент диффузии реагента в ткани; ρ – плотность раствора; x – координата, отсчитываемая от середины слоя; δ – полутолщина слоя.

Формулы (3) и (4) дают уравнение массоотдачи:

$$-\rho D_3 \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=\delta} = \beta (\omega_{\infty} - \omega|_{x=\delta}). \quad (5)$$

Уравнение нестационарной диффузии в ткани можно представить как [2]:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D_3 \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}. \quad (6)$$

Решение уравнения (6) с учетом (2) преобразуется к виду

$$-\rho D_3 \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=\delta} = \beta K (c_{\infty} - c|_{x=\delta}), \quad (7)$$

причем величина c_{∞} представляет собой равновесную молярную долю реагента в

ткани, которая достигается при $\tau \rightarrow \infty$. Ее значение можно найти из уравнения

$$c_{\infty} = \omega_{\infty}/K. \quad (8)$$

В качестве второго граничного условия можно использовать соотношение, обусловленное симметрией относительно середины слоя, из чего следует условие экстремума:

$$\left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=0} = 0. \quad (9)$$

В начальный момент времени массовая доля реагента в ткани задана и равна $c|_{\tau=0} = c_0$.

Введем безразмерные переменные:

$$C = (c - c_{\infty}) / (c_0 - c_{\infty}); \quad X = x/\delta, \quad (10)$$

после чего уравнение (6) с граничными и начальными условиями преобразуется к виду

$$\frac{\partial C}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 C}{\partial X^2}, \quad (11)$$

$$-\left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=1} = Bi_m C|_{X=1}; \quad (12)$$

$$\left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=0} = 0; \quad C|_{Fo=0} = 1,$$

где введены массообменные числа Фурье Fo_m и Bi_m , определяемые соотношениями

$$Fo_m = \frac{D_3 \tau}{\delta^2}; \quad Bi_m = \frac{K \beta \delta}{\rho D_3}.$$

Система уравнений (11) ÷ (12) полностью аналогична системе уравнений нестационарной теплопроводности, приведенной и решенной в [3]. Так как существует тепломассообменная аналогия, решение поставленной задачи в соответствии с [3] можно записать:

$$C = 2 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\sin \mu_i}{\mu_i + \sin \mu_i \cos \mu_i} \cos(\mu_i X) \exp(-\mu_i^2 Fo_M), \quad (13)$$

где μ_i – корни характеристического уравнения $\text{ctg} \mu = \mu/Bi_M$, значения которых приведены в [3].

Для достаточно большой продолжительности процесса, когда $Fo_M > 0,4$ можно пренебречь всеми членами ряда (13), кроме первого:

$$c - c_{\infty} = (c_0 - c_{\infty}) \frac{2 \sin \mu_1}{\mu_1 + \sin \mu_1 \cos \mu_1} \cos(\mu_1 X) \exp(-\mu_1^2 Fo_M). \quad (14)$$

Рассчитанные поля массовых долей c в плоском слое в различные моменты времени τ_i показаны на рис. 1, причем на гра-

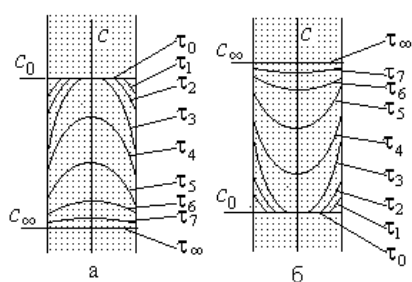


Рис. 1

Описание кривых в моменты времени с номерами от 0 до 3 требует использования более чем одного члена ряда (уравнение 13), а с номерами от 4 до ∞ достаточно одного члена ряда (уравнение 14).

При $c_0 > c_{\infty}$ массовая доля реагента в ткани с уменьшается, стремясь к c_{∞} , поэтому для наиболее полного удаления реагента желательно, чтобы его массовая доля в растворе c_{∞} была минимально возможной.

При пропитке $c_{\infty} > c_0$, и реагент диффундирует внутрь ткани, так что значение c_{∞} достигается лишь при $\tau \rightarrow \infty$. Вследствие этого, чтобы сделать время процесса ограниченным, необходимо, чтобы конечное значение средней массовой доли c_k было меньше c_{∞} .

Ход кривых изменения массовой доли зависит от значения массообменного числа Bi_M . Рассмотрим предельные случаи. Ход кривых для двух предельных случаев представлен на рис. 2. Первый из них (рис. 2-а) характерен для значений $Bi_M \rightarrow \infty$. В

фиге рис. 1-а показаны поля при удалении реагента, на рис. 1-б – при пропитке ткани.

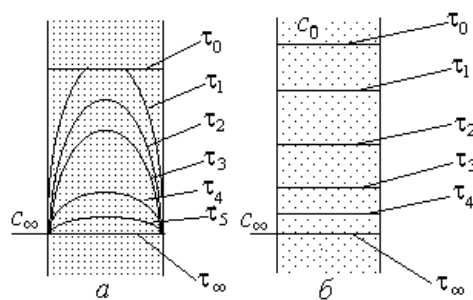


Рис. 2

этом случае при высокой интенсивности массоотдачи коэффициент диффузии в ткани мал, и на поверхности практически сразу же устанавливается равновесное значение массовой доли c_{∞} , в то время как в середине значение c может быть достаточно высоким.

В другом предельном случае, для которого поля массовой доли представлены на рис. 2-б, величина $Bi_M \rightarrow 0$ (случай $Bi_M = 0$ исключается из рассмотрения, так как это означало бы полное прекращение массообмена). В такой ситуации при малой интенсивности массоотдачи коэффициент диффузии в ткани настолько велик, что практически исчезает неоднородность полей массовой доли.

Рассмотрим изменение средней (среднеинтегральной) безразмерной величины массовой доли $\bar{C}$ в зависимости от безразмерного времени – числа Фурье Fo_M . Для этого достаточно проинтегрировать выражение (13) по X в пределах от 0 до 1:

$$\bar{C} = 2 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sin^2 \mu_i}{(\mu_i + \sin \mu_i \cos \mu_i) \mu_i} \exp(-\mu_i^2 Fo_M). \quad (15)$$

График зависимости безразмерной массовой доли от безразмерного времени – числа Фурье Fo_M при различных значениях массообменного числа Био Bi_M показан на рис. 3.

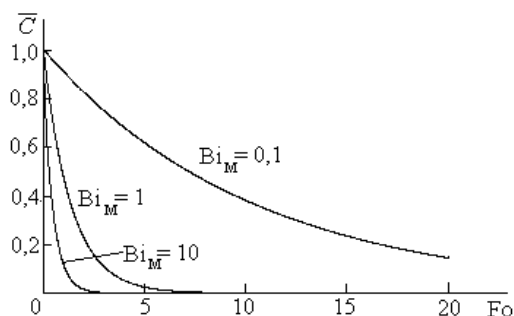


Рис. 3.

Рис. 3

Очевидно, что тот же характер зависимостей сохранится, если в качестве аргумента будет использоваться время τ , а числа Bi_M будут отличаться только значениями коэффициентов массоотдачи β (при $Bi_M=0,1$ величина β наименьшая, а при $Bi_M=10$ – наибольшая). Вряд ли следует обсуждать, что уменьшение толщины ткани δ и увеличение эффективного коэффициента диффузии D_3 в ткани способствует сокращению продолжительности процесса.

Рассмотрим раннюю стадию проникновения реагента в ткань. Для математического описания такого процесса можно воспользоваться тепломассообменной аналогией между прогревом полуограниченного массива, описанным в [3], и диффузией реагента в ткань.

Согласно такой аналогии поток массы можно представить как

$$J = 2F(c_n - c_0) \rho \sqrt{\frac{D_3}{\pi \tau}}, \quad (16)$$

где c_0 – концентрация реагента в материале на ранней стадии процесса; F – площадь поверхности массообмена.

Запишем уравнение для потока массы $J=jF$, предварительно осуществив в нем замену переменных:

$$J = K\beta(c_\infty - c_n). \quad (17)$$

Исключая из этих двух уравнений величину c_n , получим:

$$J = \frac{c_\infty - c_0}{\frac{1}{K\beta} + \frac{1}{2\rho} \sqrt{\frac{\pi \tau}{D_3}}} F. \quad (18)$$

По аналогии с теплообменом можно ввести коэффициент массопередачи:

$$k_m = \frac{1}{\frac{1}{K\beta} + \frac{1}{2\rho} \sqrt{\frac{\pi \tau}{D_3}}}. \quad (19)$$

Этот приближенный анализ может быть полезен при рассмотрении закономерностей массообмена и способов его интенсификации. Так, например, увеличение скорости движения ткани, что аналогично увеличению скорости потока жидкости, приводит к увеличению коэффициента массоотдачи β . Предложено множество способов воздействия на пограничный слой – на его утонение и разрушение. Как можно судить по приведенной в [4] информации, эти способы интенсифицируют массопередачу на величины порядка 10÷20%.

К эффектам такого же порядка приводит и просасывание (продавливание) жидкости через межнитевые поры ткани. Здесь, правда, может сказываться и эффект увеличения общей поверхности массообмена F .

В целом можно сделать вывод, что внешнее сопротивление массообмену, учитываемое коэффициентом β , не является преобладающим. По-видимому, доминирующую роль в общем сопротивлении массопередаче играет второе слагаемое в знаменателях формул (18) и (19), обусловленное диффузией в межволоконных порах и самих волокнах, и характер распре-

деления компонента в ткани близок к показанному на рис. 2-а.

Ультразвук высоких частот ($10^7 \div 10^9$ Гц) с длиной волны в воде $1,5 \div 150$ мкм (порядка размеров межволоконных пор и самих волокон) дает существенную интенсификацию, обеспечивая практически в два раза более высокую скорость процессов массообмена. Мощность, переносимая ультразвуком, пропорциональна квадрату амплитуды. В жидкости прохождение ультразвука сопровождается кавитацией – образованием и быстрым схлопыванием парогазовых пузырьков. Эти последние эффекты могут воздействовать на ткань, нарушая ее структуру, поэтому интенсификация ультразвуком применяется сравнительно редко.

Другой подход, определяемый формулой (18), состоит в создании достаточно больших объемов внутри той или иной машины, что позволит сформировать в них достаточно большую площадь поверхности ткани F.

Сам коэффициент диффузии зависит от природы растворителя, растворенного вещества и вида волокон и температуры. Увеличение коэффициента диффузии с ростом температуры интенсифицирует массообмен. Более быстрое протекание процессов в среде с повышенной температурой хорошо известно и давно используется на практике.

Применение некоторых видов органических растворителей также может способствовать увеличению коэффициента диффузии. Причем некоторые из них могут иметь меньшую теплоемкость и меньшую теплоту парообразования по сравнению с водой, что могло бы способствовать некоторой экономии энергии.

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель процессов пропитки и промывки, описывающая закономерности изменения концентрации компонента в ткани. Введено представление о коэффициенте массопередачи на начальных стадиях этих процессов. Дан анализ эффективности мероприятий по интенсификации процессов массообмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курс физической химии / Под ред. Я.И. Герасимова. – Т.1. – М.-Л.: Химия, 1964.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1982.
3. Корнюхин И.П. Тепломассообмен в теплотехнике текстильных производств. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2005.
4. Бельцов В.М. Оборудование текстильных отделочных предприятий. – СПб: СПб УТД, 2001.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 02.04.08.

УДК 628.34

РАЗДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ В СТРУЙНОМ АППАРАТЕ

М.П. ТЮРИН, Р.А. САФОНОВ, М.М. МАМОНОВА, М.А. АПАРУШКИНА, О.В. ПЛАТОНОВА

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

Предприятия текстильной и химической промышленности используют технологические процессы, при проведении которых образуются устойчивые маслосодержащие эмульсии. Утилизация таких эмульсий связана со значительными трудностями и материальными затратами, а также сопровождается загрязнением окружающей среды.

Кроме того, около 60% предприятий текстильной и химической промышленности для обеспечения своих производственных нужд оснащены собственными котельными, резервным топливом которых является мазут. При длительном хранении на дне емкостей для хранения мазута образуется густой осадок, состоящий из затвердевшего до асфальтоподобного со-

стояния мазута, твердых примесей и застаревших обратных мазутных эмульсий, достигающий 1,5 метров в высоту. Такой состав осадка не позволяет как-либо использовать его или перерабатывать. Осадок подлежит захоронению, более того, сам процесс извлечения этого осадка из мазутного бака очень трудоемок. Аналогичным образом приходится поступать со значительно загрязненным маслом.

Регенерация указанных отходов с возвратом ценных составляющих в производство является актуальной задачей и способствует повышению экологической и экономической эффективности производства.

Исследовались устойчивые эмульсии, содержащие воду и нефтепродукты. Согласно принятой классификации различают эмульсии: мелкодисперсные с размером капель воды от 0,1 до 20 мкм; средней дисперсности – от 20 до 50 мкм; грубодисперсные – с каплями воды от 50 до 300 мкм. В исследуемых эмульсиях нефтепродуктов содержались водяные капли, соответствующие всем трем перечисленным видам. На основании этого исследуемые эмульсии относятся к полидисперсным системам с размером капель от 5 до 300 мкм.

Кроме того, рассматриваемые эмульсии характеризуются большим содержанием механических примесей и являются множественными (ловушечными).

Теоретически водонефтяные эмульсии представляют собой неустойчивые системы, склонные к образованию минимальной поверхности раздела фаз. В этом случае они должны обладать хорошей способностью к расслоению. Однако в реальных условиях во многих случаях образуются эмульсии, обладающие высокой агрегативной устойчивостью. Это в значительной степени определяет выбор методов их дальнейшей переработки, а также глубину разделения фаз. Агрегативную устойчивость эмульсий измеряют временем их существования до полного разделения образующих эмульсию жидкостей.

Механизм образования агрегативно-устойчивых эмульсий и прямого, и обрат-

ного 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.

К причинам, обуславливающим агрегативную устойчивость водонефтяных эмульсий, относят:

- образование структурно-механического слоя эмульгаторов на межфазной границе глобул жидкостей;
- образование двойного электрического слоя на поверхности раздела фаз в присутствии ионизированных электролитов;
- термодинамические процессы, протекающие на поверхности глобул дисперсной фазы;
- расклинивающее давление, возникающее при сближении глобул дисперсной фазы, покрытых адсорбционно-сольватными слоями.

К естественным стабилизаторам эмульсий относят содержащиеся в нефти асфальтены, смолы, нафтены и парафины, являющиеся природными ПАВ [1]. Кроме того, к ним относят мельчайшие твердые частицы веществ (глина, кварц, соли и т.д.), находящихся в эмульсиях во взвешенном состоянии.

Устойчивость большинства эмульсий типа "вода в нефти" со временем возрастает. В процессе старения эмульсии на глобулах воды увеличивается слой эмульгатора и соответственно повышается его механическая прочность. При столкновении таких глобул не происходит их коалесценции из-за наличия прочной гидрофобной пленки "бронирующей оболочки". Для слияния глобул воды необходимо эту

пленку разрушить и заменить ее гидрофильным слоем какого-либо ПАВ.

Деформация и разрушение бронирующих оболочек глобул воды в струйном аппарате происходит благодаря турбулентным пульсациям скорости движущегося потока, масштаб которых λ не превышает характерного размера капли (диаметра капли d_k). Размеры дробимых капель и масштаб турбулентных пульсаций должны удовлетворять условиям $\lambda_0 < \lambda \leq d_k$ (здесь λ_0 – внутренний масштаб изотропной турбулентности).

Критический диаметр капли, при которой она не будет дробиться в потоке эмульсии, для случая неоднородного потока находится из соотношения:

$$d_{кр} = \frac{19}{v} \left(\frac{\sigma}{\rho_n} \right)^{3/2} \left(\frac{D}{Re} \right)^{5/2}. \quad (1)$$

Таким образом, при $Re=50000$ $d_{кр}=500$ мкм, при $Re=500000$ $d_{кр}$ менее 1 мкм.

Деформация и дробление капель воды в высоко турбулентном потоке в струйном аппарате во многом обусловлены градиентами скорости и давления. Наличие этих градиентов приводит к тому, что на поверхности капель воды действуют различные динамические напоры, деформирующие капли.

Значительный вклад в разрушение бронирующих оболочек вносит также их соударение со стенками прямолинейного участка струйного аппарата, при этом образуется внутренняя фаза, свободная от бронирующих оболочек и с весьма большой свободной поверхностью.

Кроме разрушения бронирующей оболочки для разделения веществ важен процесс коалесценции, возможность которого определяется временем контакта двух капель достаточным для удаления пленки сплошной фазы. Укрупнение капель в большей степени зависит от частоты столкновения, жесткости контакта капель и времени их пребывания в потоке.

Частота ω столкновений дисперсных частиц в цилиндрической части аппарата может быть определена по формуле Смолуховского путем замены коэффициента диффузии при броуновском движении на коэффициент турбулентной диффузии:

$$\omega = 4\pi d D_T n, \quad (2)$$

где d – диаметр частицы; D_T – коэффициент турбулентной диффузии; n – число частиц в единице объема.

Значение коэффициента турбулентной диффузии для трубопровода определяется следующим выражением:

$$D_T = \frac{3,3 D u_0 10^{-3}}{\sqrt[8]{Re}}, \quad (3)$$

где D – диаметр трубопровода; u_0 – средняя объемная скорость потока.

Учитывая, что не все столкновения капель жидкости заканчиваются их слиянием, частоту актов слияния ω_k можно выразить как

$$\omega_k = k \omega, \quad (4)$$

где k – коэффициент эффективности столкновений.

Принимая турбулентный поток однородным по всей площади поперечного сечения трубопровода, процесс изменения укрупнения капель воды в установившемся режиме для элемента длиной $\Delta \ell$ можно описать уравнением (5):

$$n \frac{\pi d_t^3}{6} = \left(n - \frac{dn}{d\ell} \Delta \ell \right) \frac{\pi}{6} \left(d_t + \frac{d(d_t)}{d\ell} \Delta \ell \right)^3, \quad (5)$$

где n – число капель, диаметр которых равен d_t .

Изменение общего числа капель при их слиянии в процессе движения по элементу длиной $\Delta \ell$ определяется выражением:

$$n = \left(n - \frac{dn}{d\ell} \Delta \ell \right) + \frac{1}{2} \omega_k n \frac{\Delta \ell}{u_0}, \quad (6)$$

Учитывая малость элемента длины $\Delta\ell$, после соответствующих преобразований и учета граничного условия (при $\ell=0$ $d_t = d_0$), решение уравнений (5) и (6) можно представить в виде:

$$\left(\frac{d_t^2}{d_0^2} - 1\right) d_0^2 = \frac{8KD_T W}{u_0} \ell, \quad (7)$$

Отсюда получим выражение для длины прямолинейного участка, необходимого для коалесценции:

$$\ell = \left(\frac{d_t^2}{d_0^2} - 1\right) \frac{u_0 d_0^2}{8KD_T W} = \frac{(K_d^2 - 1) u_0 d_0^2}{8KD_T W}, \quad (8)$$

где $W = \pi d^3 / 6$ – обводненность смеси,
 $K_d = \frac{d_t^2}{d_0^2}$.

Для повышения эффективности разрушения бронирующих оболочек используются различные устройства, позволяющие создавать в рабочем пространстве аппаратов требуемые гидродинамические режимы. Однако все они достаточно сложны и трудоемки в эксплуатации. В результате теоретических исследований предложен

метод разрушения бронирующих оболочек и последующей коалесценции глобул жидкости с использованием струйного аппарата, транспортирующего трубопровода и отстойного аппарата [2].

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены механизмы образования агрегативно устойчивых эмульсий.
2. Предложен метод разрушения бронирующих оболочек и последующей коалесценции глобул жидкости с использованием струйного устройства, транспортирующего трубопровода и отстойного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Тюрин М.П., Сафонов Р.А., Сошенко М.В. Метод регенерации водных эмульсий // В сб.: Успехи в химии и химической технологии. – М., 2005, № 10 (58), Т. XIX.
2. Сафонов Р.А., Евтеева Ю.С. Установка для регенерации мазута // Мат. Всероссийск. научн.-техн. конф.: Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2005). – М., МГТУ, 2005.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 15.04.08.

УДК 66.011

РАСЧЕТ ВИХРЕВЫХ КАМЕР ДЛЯ СУШКИ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ

Л.М. КОЧЕТОВ, Б.С. САЖИН, М.П. ТЮРИН, Е.В. ОТРУБЯННИКОВ

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

Дисковые вихревые сушилки хорошо зарекомендовали себя при проведении процессов сушки порошкообразных волокнообразующих полимеров, таких как полиамиды, полипропилен, полиэтилен. В результате их сушки возможно достижение низкой остаточной влажности, менее 0,5%, что делает возможным их последующую переработку в гранулы.

Особенностью вихревых сушилок является сочетание активного гидродинамического режима, характеризующегося высокой относительной скоростью взаимодействующих фаз, с достаточно длительным (до нескольких десятков секунд) временем пребывания дисперсного материала в аппарате. Сочетание этих двух факторов позволяет проводить сушку дисперсных материалов, характеризующихся наличием не только поверхностной, но и связанной влаги [1].

Твердые частицы увлекаются газовым потоком во вращательное движение и отбрасываются в периферийную зону камеры, где движутся по окружности вдоль внутренней стенки. В результате в камере накапливается дисперсный материал в виде кольцевого вращающегося слоя.

При определенном расходе газа вихревая камера способна удерживать определенное количество дисперсного материала q (удерживающая способность камеры). Величина удерживающей способности является важнейшей характеристикой вихревой камеры, поскольку определяет среднее время пребывания дисперсного материала в аппарате. Согласно соотношению:

$\tau_{\text{ср}} = q / G$, где G – расход твердого материала.

При движении дисперсного материала в камере происходит периодическое ускорение твердых частиц и их последующее торможение, обусловленное трением о стенку. Схема движения материала в камере с горизонтальной осью приведена на рис. 1.

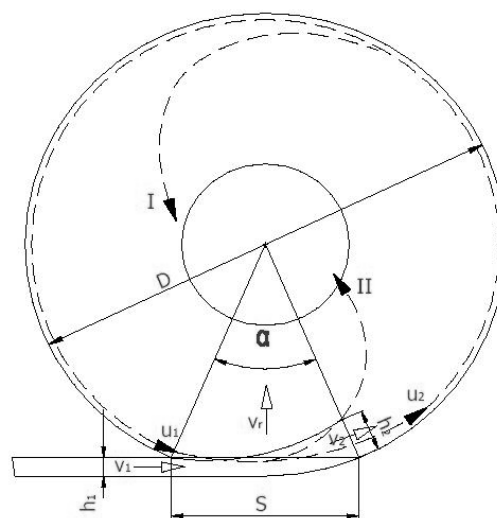


Рис. 1

На разгонном участке камеры на твердую частицу в радиальном направлении действуют следующие силы: сила тяжести G , центробежная сила $F_{\text{цб}}$ и сила давления газового потока $F_{\text{дав}}$.

Условие равновесия этих сил может быть выражено уравнением:

$$(g \cos \varphi + \frac{u_1^2}{\Theta}) \rho_m \frac{\pi \delta^3}{6} = \xi \frac{\pi \delta^2}{8} v_r^2 \rho_r, \quad (1)$$

где Θ – радиус траектории движения частицы; в общем случае $\Theta = \varepsilon D / 2$; D – диаметр камеры; ρ_m и ρ_r – соответственно плотности твердого материала и газа; u_1 – скорость твердых частиц в кольцевом слое при входе в газовую струю; v_r – радиальная скорость газового потока; δ – диаметр твердых частиц; φ – угловая координата местоположения частицы.

В верхней точке камеры (при $\varphi = 180^\circ$) радиальный сток газа, в периферийной зоне камеры, практически отсутствует, то есть $F_{\text{ДАВ}} = 0$. Условие безотрывного прохождения материалом верхней точки вихревой камеры:

$$u \geq (0,5Dg)^{0,5}. \quad (2)$$

Вынос дисперсного материала из вихревой камеры с горизонтальной осью может происходить (в зависимости от расхода газа) из верхней зоны камеры (линия I на рис. 1), в соответствии с уравнением 2, или из ее нижней зоны (линия II на рис. 1), в соответствии с уравнением 1.

Значение расхода газа, при котором происходит изменение характера выноса материала, названо критическим расходом, $V_{\text{кр}}$. Когда $V > V_{\text{кр}}$ скорость дисперсного материала в верхней точке камеры ($\varphi = 180^\circ$) превышает минимальное значение безотрывного движения $u = (0,5Dg)^{0,5}$. Величина $V_{\text{кр}}$ (при одном тангенциальном газоходе $z=1$) может быть оценена с помощью формулы:

$$V = V_{\text{кр}} = 0,5 v_r B D \alpha. \quad (3)$$

Значение v_r можно определить из (1):

$$v_r = \left[\frac{4 \rho_m \delta (2 u_1^2 / \varepsilon D + g \cos \alpha / 2)}{3 \xi \rho_r} \right]^{0,5}, \quad (4)$$

где B – ширина камеры; V – объемный

расход газа; $\alpha = 2 \arccos(1 - 2h_1 / D)$ – угловой сектор, в пределах которого происходит радиальный сток; h_1 – высота тангенциального газохода; ε – коэффициент, зависящий от массы частицы и геометрических размеров камеры; когда частица скользит по стенке камеры $\varepsilon=1$; в других случаях $\varepsilon > 1$.

На участке торможения движение твердых частиц в кольцевом слое можно описать уравнением:

$$-\frac{du}{d\tau} = \frac{F_{\text{TP}}}{m} + g \sin \varphi, \quad (5)$$

$$\text{где } \frac{F_{\text{TP}}}{m} = \left(\frac{F_{\text{ЛБ}}}{m} + g \cos \varphi \right) f = \left(\frac{2u^2}{D} + g \cos \varphi \right) f; \quad (6)$$

m – масса твердой частицы; τ – время движения; f – коэффициент трения.

Из уравнений (5) и (6) (при граничных условиях: при $\varphi = \alpha/2$, $u=u_2$) можно получить уравнение движения частицы на участке торможения:

$$u = u_2^2 - gD(f \sin \varphi - \cos \varphi) + C)^{0,5} - u_2(1 - \exp(-ft)), \quad (7)$$

где $C = gD(f \sin \alpha / 2 - \cos \alpha / 2)$;

$t = (\varphi - \alpha / 2) \pi / 180$; u_2 – скорость частиц в начале тормозного (в конце разгонного) участка.

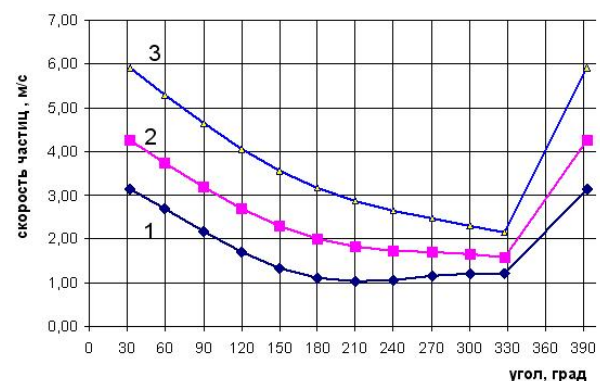


Рис. 2

На рис. 2 приведены результаты расчета средних скоростей твердого материала, по-

лученных согласно уравнению (7), при следующих исходных параметрах: $D=0,25$ м; $B=0,05$ м; $z=1$; $\rho_B=1,2$ кг/м³; $\rho_M=1000$ кг/м³; $h_1=20$ мм; $\delta=0,5$ мм; при $f=0,2$. Линия 1 соответствует режиму $V \leq V_{кр}$; линии 2 и 3 режимам $V > V_{кр}$ (2 – $V=1,45V_{кр}$; 3 – $V=1,85V_{кр}$). При этом согласно уравнению (3) величина $V_{кр}=105$ м³/ч. Коэффициент трения $f=0,2$.

Важно отметить, что при любых режимах $V \leq V_{кр}$ значения скоростей материала, при соответствующих значениях φ , не меняются. Дисперсность и плотность материала при $V \leq V_{кр}$ также не оказывает влияния на скорость твердых частиц.

С увеличением коэффициента трения f величина $V_{кр}$ снижается. Это связано с уменьшением скорости материала u_1 в результате торможения частиц за счет трения на участке от $\varphi=180^\circ$ до точки входа в струю газа. При $V > V_{кр}$ скорость материала (при всех значениях φ) возрастает с увеличением расхода газа.

При входе твердых частиц, движущихся в периферийной зоне камеры, в струю газа, истекающую из тангенциального сопла, происходит увеличение скорости твердых частиц и соответственно снижение скорости газового потока. Используя закон сохранения количества движения (при условии, что давление в газовой струе на участке разгона твердых частиц не изменяется), можно получить следующее уравнение:

$$\rho_{\Gamma} (v_1 - v_2) V / z = M(u_2 - u_1), \quad (8)$$

где v_1 и v_2 – скорости газового потока соответственно в начале и в конце участка разгона твердых частиц; M – расход материала, проходящего через газовую струю в единицу времени, который определяется из соотношения:

$$M = q u_{\text{ср}} / \pi D. \quad (9)$$

Из уравнений (8) и (9) получим выражение для удерживающей способности:

$$q = \frac{\pi D \rho_{\Gamma} (v_1 - v_2) V}{z(u_2 - u_1) u_{\text{ср}}}. \quad (10)$$

Скорость истечения газа из тангенциальных газоподов:

$$v_1 = V / z h_1 B. \quad (11)$$

Скорость газа v_2 в конце разгонного участка:

$$v_2 = V / z h_2 B, \quad (12)$$

где h_2 – степень расширения газовой струи в конце разгонного участка.

При условии, что радиальный сток в пределах разгонного участка распределен равномерно, величину h_2 можно оценить по формуле:

$$h_2 = e h_1. \quad (13)$$

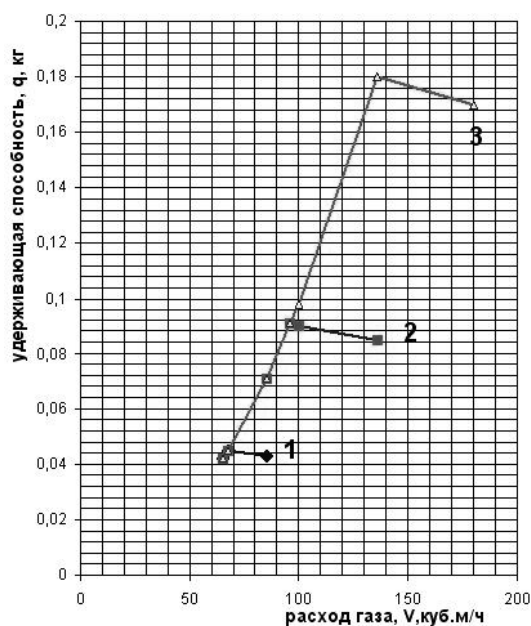


Рис. 3

На рис. 3 приведены зависимости удерживающей способности q от расхода газа V для камеры с горизонтальной осью и одним тангенциальным каналом, полученные по формуле (10), при следующих исходных параметрах: $D=0,25$ м; $B=0,05$ м;

$\rho_B=1,2 \text{ кг/м}^3$; $\rho_M=1000 \text{ кг/м}^3$; $h_1=20 \text{ мм}$; $f=0,3$. Расчеты выполнены для значений: 1 – $\delta=0,25 \text{ мм}$; 2 – $\delta=0,5 \text{ мм}$ и 3 – $\delta=1,0 \text{ мм}$.

Полученные результаты подтверждаются результатами экспериментов [2...4]. Для камер с горизонтальной осью, очевидно, оптимальные условия находятся в области расходов газа, близких к $V=V_{\text{кр}}$, поскольку дальнейшее увеличение газа не приводит к росту удерживающей способности, но вызывает существенный рост потерь напора.

В результате обработки экспериментальных данных получено эмпирическое уравнение, позволяющее оценить значение $V_{\text{кр}}$ с точностью $\pm 10\%$:

$$\text{Re}_{\text{кр}} = A \left(\frac{h_1}{D} \right)^{0,63} \left(\frac{D}{\delta} \right)^{1,3} \text{Ar}^{0,61}, \quad (14)$$

где A – коэффициент, зависящий от условий трения материала. Для исследованных полимеров $A \approx 0,30$; ν – кинематическая вязкость газа, $\text{м}^2/\text{с}$; $\text{Re}_{\text{кр}} = \frac{v_{\text{кр}} h_1}{\nu}$ – число

Рейнольдса; $\text{Ar} = \frac{g \delta^3 (\rho_M - \rho_\Gamma)}{\nu^2 \rho_M}$ – число Ар-

химеда; $v_{\text{кр}}$ – скорость истечения газа, соответствующая $V_{\text{кр}}$.

Удерживающая способность камеры с горизонтальной осью согласно [2] с точностью $\pm 20\%$ определяется эмпирическим уравнением

$$q = x E^{0,8} D^{-0,15}, \quad (15)$$

где E – кинетическая энергия струи газа на входе в камеру, Вт; x – коэффициент, величина которого зависит от когезионных

свойств дисперсного материала и для полимеров составляет в зоне $10 \dots 12 \text{ гм}^{0,15}/\text{Вт}^{0,8}$,

$$E = 0,5 \rho_\Gamma B h_1 v_1^3. \quad (16)$$

Уравнения (14) и (15) получены при изменении параметров в диапазонах: $D=0,12 \dots 0,8 \text{ м}$; $B/D=0,15 \dots 0,4$; $D/h_1=5 \dots 17,2$; $D/\delta=58 \dots 705$; $\text{Ar}=2 \cdot 10^3 \dots 5 \cdot 10^5$.

Результаты расчетов $V_{\text{кр}}$ и q приведены в табл. 1. Как видно из сопоставления полученных результатов, значения $V_{\text{кр}}$ и q , рассчитанные на основании теоретической модели и эмпирических уравнений, удовлетворительно согласуются между собой.

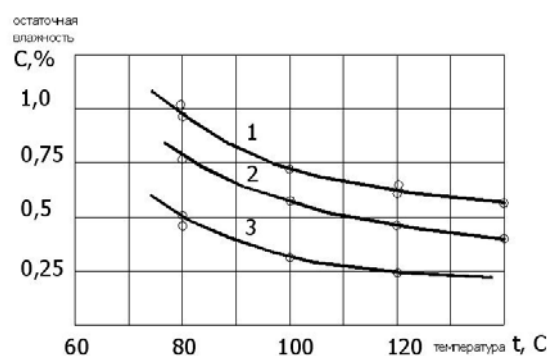


Рис. 4

На рис. 4 представлены экспериментальные зависимости остаточной влажности порошкообразного полиамида ПА-6 от температуры отходящего воздуха при различном среднем времени пребывания материала $\tau_{\text{ср}}$. Данные зависимости были получены при сушке материала в вихревой камере, имеющей следующие параметры: $D=0,24 \text{ м}$; $B=0,035 \text{ м}$; $h_1=15 \text{ мм}$; кривая 1 – $\tau_{\text{ср}}=15 \text{ с}$; 2 – $\tau_{\text{ср}}=30 \text{ с}$; 3 – $\tau_{\text{ср}}=60 \text{ с}$.

Таблица 1

Диаметр камеры D, мм	Диаметр частиц материала δ , мм	Критический расход $V_{\text{кр}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$		Удерживающая способность q при $V_{\text{кр}}$, кг	
		(по ур. 3)	(по ур. 14)	(по ур. 10)	(по ур. 15)
250	0,25	68	63	0,045	0,035
250	0,50	96	91	0,091	0,081
250	1,00	136	131	0,180	0,198
500	0,50	217	223	0,23	0,213

Очевидно, что с увеличением $\tau_{\text{ср}}$, при одинаковой температуре отходящего воздуха, остаточная влажность материала существенно снижается. Таким образом, возможно регулировать остаточную влажность материала после вихревых сушилок за счет варьирования $\tau_{\text{ср}}$, определяемого как отношение удерживающей способности камеры к производительности по высушиваемому материалу, $\tau_{\text{ср}} = q/G$. Величину удерживающей способности камеры можно изменять за счет выбора конструктивных и технологических параметров, добиваясь оптимальных условий ее работы.

ВЫВОДЫ

1. Предложен метод расчета удерживающей способности вихревой камеры с горизонтальной осью. Установлена зависимость удерживающей способности от расхода газа и других параметров процесса. Проведено сопоставление расчетных и экспериментальных значений удерживающей способности и критического расхода газа в камере.

2. Приведены результаты сушки порошкообразного полиамида в вихревой сушилке. Показана возможность регулирования остаточной влажности материала за счет варьирования удерживающей способности и производительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.
2. Кочетов Л.М., Сажин Б.С. Гидродинамика и теплообмен в сушильной вихревой камере // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1969, № 9.
3. Сажин Б.С., Кочетов Л.М., Белоусов А.С. Удерживающая способность и структура потоков в вихревых аппаратах // Теоретические основы химической технологии. – 2008, № 2.
4. Белоусов А.С., Кочетов Л.М., Сажин Б.С. Гидродинамическая структура потоков в вихревой сушильной камере // В. кн.: Успехи в химии и химической технологии. – М., 2003, т. XVII, № 13 (38), С. 94...97.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 02.04.08.

УДК 667.27-913.3:66.021.3

ПРОЦЕССЫ МАССООБМЕНА И ИХ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЖИДКОСТИ

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

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

Большинство из физико-химических процессов обработки материалов в жидкости можно свести к двум группам – пропитке ткани некоторым компонентом, содержащимся в растворе, либо удалению содержащихся в ткани веществ (промывка), которые имеют одинаковую природу и должны одинаково описываться математически.

Массовые доли некоторого компонента в растворе ω и ткани c определяются как

$$\omega = M_k/M_p, \quad c = M_k/M_{\text{тк}}, \quad (1)$$

где M_k , M_p , $M_{\text{тк}}$ – массы рассматриваемого компонента, раствора и ткани соответственно.

При малых значениях ω и c их величины в состоянии равновесия связаны через коэффициент распределения K законом Бертелло и Юнгфлейша [1]:

$$\omega = Kc. \quad (2)$$

Упомянутые физико-химические процессы можно рассматривать как диффузию. При движении ткани в жидкости на ее поверхности образуется диффузионный пограничный слой.

Рассмотрим ткань как плоский слой толщиной 2δ продольно обтекаемый жидкостью, раствором. Плотность массового потока j реагента через диффузионный погранслой можно представить законом массоотдачи:

$$j = \beta (\omega_{\infty} - \omega_n), \quad (3)$$

где β – коэффициент массоотдачи; ω_{∞} и ω_n – массовые доли реагента в растворе и на поверхности ткани.

Величину плотности потока массы, подводимой изнутри ткани к его поверхности, можно описать с помощью закона диффузии Фика:

$$j = -\rho D_3 \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=\delta}, \quad (4)$$

где D_3 – эффективный коэффициент диффузии реагента в ткани; ρ – плотность раствора; x – координата, отсчитываемая от середины слоя; δ – полутолщина слоя.

Формулы (3) и (4) дают уравнение массоотдачи:

$$-\rho D_3 \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=\delta} = \beta (\omega_{\infty} - \omega|_{x=\delta}). \quad (5)$$

Уравнение нестационарной диффузии в ткани можно представить как [2]:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D_3 \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}. \quad (6)$$

Решение уравнения (6) с учетом (2) преобразуется к виду

$$-\rho D_3 \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=\delta} = \beta K (c_{\infty} - c|_{x=\delta}), \quad (7)$$

причем величина c_{∞} представляет собой равновесную молярную долю реагента в

ткани, которая достигается при $\tau \rightarrow \infty$. Ее значение можно найти из уравнения

$$c_{\infty} = \omega_{\infty}/K. \quad (8)$$

В качестве второго граничного условия можно использовать соотношение, обусловленное симметрией относительно середины слоя, из чего следует условие экстремума:

$$\left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=0} = 0. \quad (9)$$

В начальный момент времени массовая доля реагента в ткани задана и равна $c|_{\tau=0} = c_0$.

Введем безразмерные переменные:

$$C = (c - c_{\infty}) / (c_0 - c_{\infty}); \quad X = x/\delta, \quad (10)$$

после чего уравнение (6) с граничными и начальными условиями преобразуется к виду

$$\frac{\partial C}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 C}{\partial X^2}, \quad (11)$$

$$-\left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=1} = Bi_m C|_{X=1}; \quad (12)$$

$$\left. \frac{\partial C}{\partial X} \right|_{X=0} = 0; \quad C|_{Fo=0} = 1,$$

где введены массообменные числа Фурье Fo_m и Bi_m , определяемые соотношениями

$$Fo_m = \frac{D_3 \tau}{\delta^2}; \quad Bi_m = \frac{K \beta \delta}{\rho D_3}.$$

Система уравнений (11) ÷ (12) полностью аналогична системе уравнений нестационарной теплопроводности, приведенной и решенной в [3]. Так как существует тепломассообменная аналогия, решение поставленной задачи в соответствии с [3] можно записать:

$$C = 2 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\sin \mu_i}{\mu_i + \sin \mu_i \cos \mu_i} \cos(\mu_i X) \exp(-\mu_i^2 Fo_M), \quad (13)$$

где μ_i – корни характеристического уравнения $\text{ctg} \mu = \mu/Bi_M$, значения которых приведены в [3].

Для достаточно большой продолжительности процесса, когда $Fo_M > 0,4$ можно пренебречь всеми членами ряда (13), кроме первого:

$$c - c_{\infty} = (c_0 - c_{\infty}) \frac{2 \sin \mu_1}{\mu_1 + \sin \mu_1 \cos \mu_1} \cos(\mu_1 X) \exp(-\mu_1^2 Fo_M). \quad (14)$$

Рассчитанные поля массовых долей c в плоском слое в различные моменты времени τ_i показаны на рис. 1, причем на гра-

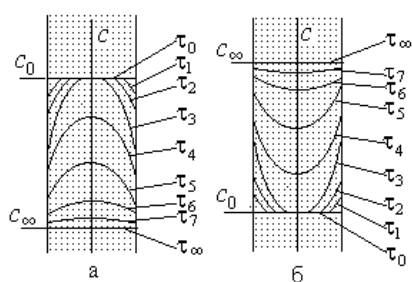


Рис. 1

Описание кривых в моменты времени с номерами от 0 до 3 требует использования более чем одного члена ряда (уравнение 13), а с номерами от 4 до ∞ достаточно одного члена ряда (уравнение 14).

При $c_0 > c_{\infty}$ массовая доля реагента в ткани с уменьшается, стремясь к c_{∞} , поэтому для наиболее полного удаления реагента желательно, чтобы его массовая доля в растворе c_{∞} была минимально возможной.

При пропитке $c_{\infty} > c_0$, и реагент диффундирует внутрь ткани, так что значение c_{∞} достигается лишь при $\tau \rightarrow \infty$. Вследствие этого, чтобы сделать время процесса ограниченным, необходимо, чтобы конечное значение средней массовой доли c_k было меньше c_{∞} .

Ход кривых изменения массовой доли зависит от значения массообменного числа Bi_M . Рассмотрим предельные случаи. Ход кривых для двух предельных случаев представлен на рис. 2. Первый из них (рис. 2-а) характерен для значений $Bi_M \rightarrow \infty$. В

фиге рис. 1-а показаны поля при удалении реагента, на рис. 1-б – при пропитке ткани.

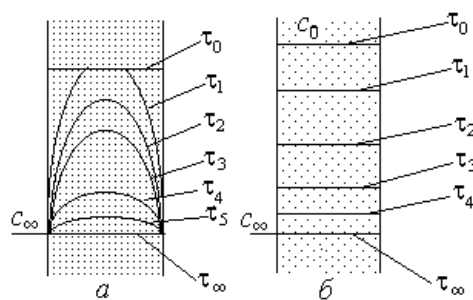


Рис. 2

этом случае при высокой интенсивности массоотдачи коэффициент диффузии в ткани мал, и на поверхности практически сразу же устанавливается равновесное значение массовой доли c_{∞} , в то время как в середине значение c может быть достаточно высоким.

В другом предельном случае, для которого поля массовой доли представлены на рис. 2-б, величина $Bi_M \rightarrow 0$ (случай $Bi_M = 0$ исключается из рассмотрения, так как это означало бы полное прекращение массообмена). В такой ситуации при малой интенсивности массоотдачи коэффициент диффузии в ткани настолько велик, что практически исчезает неоднородность полей массовой доли.

Рассмотрим изменение средней (среднеинтегральной) безразмерной величины массовой доли $\bar{C}$ в зависимости от безразмерного времени – числа Фурье Fo_M . Для этого достаточно проинтегрировать выражение (13) по X в пределах от 0 до 1:

$$\bar{C} = 2 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sin^2 \mu_i}{(\mu_i + \sin \mu_i \cos \mu_i) \mu_i} \exp(-\mu_i^2 Fo_M). \quad (15)$$

График зависимости безразмерной массовой доли от безразмерного времени – числа Фурье Fo_M при различных значениях массообменного числа Био Bi_M показан на рис. 3.

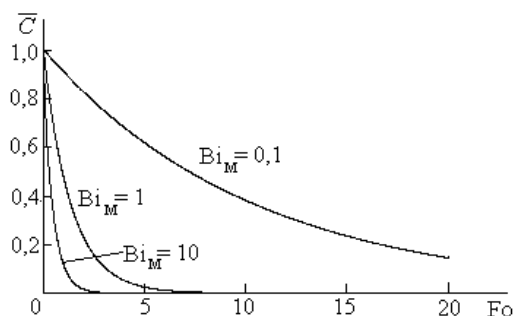


Рис. 3.

Рис. 3

Очевидно, что тот же характер зависимостей сохранится, если в качестве аргумента будет использоваться время τ , а числа Bi_M будут отличаться только значениями коэффициентов массоотдачи β (при $Bi_M=0,1$ величина β наименьшая, а при $Bi_M=10$ – наибольшая). Вряд ли следует обсуждать, что уменьшение толщины ткани δ и увеличение эффективного коэффициента диффузии D_3 в ткани способствует сокращению продолжительности процесса.

Рассмотрим раннюю стадию проникновения реагента в ткань. Для математического описания такого процесса можно воспользоваться тепломассообменной аналогией между прогревом полуограниченного массива, описанным в [3], и диффузией реагента в ткань.

Согласно такой аналогии поток массы можно представить как

$$J = 2F(c_n - c_0) \rho \sqrt{\frac{D_3}{\pi \tau}}, \quad (16)$$

где c_0 – концентрация реагента в материале на ранней стадии процесса; F – площадь поверхности массообмена.

Запишем уравнение для потока массы $J=jF$, предварительно осуществив в нем замену переменных:

$$J = K\beta(c_\infty - c_n). \quad (17)$$

Исключая из этих двух уравнений величину c_n , получим:

$$J = \frac{c_\infty - c_0}{\frac{1}{K\beta} + \frac{1}{2\rho} \sqrt{\frac{\pi \tau}{D_3}}} F. \quad (18)$$

По аналогии с теплообменом можно ввести коэффициент массопередачи:

$$k_m = \frac{1}{\frac{1}{K\beta} + \frac{1}{2\rho} \sqrt{\frac{\pi \tau}{D_3}}}. \quad (19)$$

Этот приближенный анализ может быть полезен при рассмотрении закономерностей массообмена и способов его интенсификации. Так, например, увеличение скорости движения ткани, что аналогично увеличению скорости потока жидкости, приводит к увеличению коэффициента массоотдачи β . Предложено множество способов воздействия на пограничный слой – на его утонение и разрушение. Как можно судить по приведенной в [4] информации, эти способы интенсифицируют массопередачу на величины порядка 10÷20%.

К эффектам такого же порядка приводит и просасывание (продавливание) жидкости через межнитевые поры ткани. Здесь, правда, может сказываться и эффект увеличения общей поверхности массообмена F .

В целом можно сделать вывод, что внешнее сопротивление массообмену, учитываемое коэффициентом β , не является преобладающим. По-видимому, доминирующую роль в общем сопротивлении массопередаче играет второе слагаемое в знаменателях формул (18) и (19), обусловленное диффузией в межволоконных порах и самих волокнах, и характер распре-

деления компонента в ткани близок к показанному на рис. 2-а.

Ультразвук высоких частот ($10^7 \div 10^9$ Гц) с длиной волны в воде $1,5 \div 150$ мкм (порядка размеров межволоконных пор и самих волокон) дает существенную интенсификацию, обеспечивая практически в два раза более высокую скорость процессов массообмена. Мощность, переносимая ультразвуком, пропорциональна квадрату амплитуды. В жидкости прохождение ультразвука сопровождается кавитацией – образованием и быстрым схлопыванием парогазовых пузырьков. Эти последние эффекты могут воздействовать на ткань, нарушая ее структуру, поэтому интенсификация ультразвуком применяется сравнительно редко.

Другой подход, определяемый формулой (18), состоит в создании достаточно больших объемов внутри той или иной машины, что позволит сформировать в них достаточно большую площадь поверхности ткани F.

Сам коэффициент диффузии зависит от природы растворителя, растворенного вещества и вида волокон и температуры. Увеличение коэффициента диффузии с ростом температуры интенсифицирует массообмен. Более быстрое протекание процессов в среде с повышенной температурой хорошо известно и давно используется на практике.

Применение некоторых видов органических растворителей также может способствовать увеличению коэффициента диффузии. Причем некоторые из них могут иметь меньшую теплоемкость и меньшую теплоту парообразования по сравнению с водой, что могло бы способствовать некоторой экономии энергии.

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель процессов пропитки и промывки, описывающая закономерности изменения концентрации компонента в ткани. Введено представление о коэффициенте массопередачи на начальных стадиях этих процессов. Дан анализ эффективности мероприятий по интенсификации процессов массообмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курс физической химии / Под ред. Я.И. Герасимова. – Т.1. – М.-Л.: Химия, 1964.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1982.
3. Корнюхин И.П. Тепломассообмен в теплотехнике текстильных производств. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2005.
4. Бельцов В.М. Оборудование текстильных отделочных предприятий. – СПб: СПб УТД, 2001.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 02.04.08.

УДК 628.34

РАЗДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ В СТРУЙНОМ АППАРАТЕ

М.П. ТЮРИН, Р.А. САФОНОВ, М.М. МАМОНОВА, М.А. АПАРУШКИНА, О.В. ПЛАТОНОВА

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

Предприятия текстильной и химической промышленности используют технологические процессы, при проведении которых образуются устойчивые маслосодержащие эмульсии. Утилизация таких эмульсий связана со значительными трудностями и материальными затратами, а также сопровождается загрязнением окружающей среды.

Кроме того, около 60% предприятий текстильной и химической промышленности для обеспечения своих производственных нужд оснащены собственными котельными, резервным топливом которых является мазут. При длительном хранении на дне емкостей для хранения мазута образуется густой осадок, состоящий из затвердевшего до асфальтоподобного со-

стояния мазута, твердых примесей и застаревших обратных мазутных эмульсий, достигающий 1,5 метров в высоту. Такой состав осадка не позволяет как-либо использовать его или перерабатывать. Осадок подлежит захоронению, более того, сам процесс извлечения этого осадка из мазутного бака очень трудоемок. Аналогичным образом приходится поступать со значительно загрязненным маслом.

Регенерация указанных отходов с возвратом ценных составляющих в производство является актуальной задачей и способствует повышению экологической и экономической эффективности производства.

Исследовались устойчивые эмульсии, содержащие воду и нефтепродукты. Согласно принятой классификации различают эмульсии: мелкодисперсные с размером капель воды от 0,1 до 20 мкм; средней дисперсности – от 20 до 50 мкм; грубодисперсные – с каплями воды от 50 до 300 мкм. В исследуемых эмульсиях нефтепродуктов содержались водяные капли, соответствующие всем трем перечисленным видам. На основании этого исследуемые эмульсии относятся к полидисперсным системам с размером капель от 5 до 300 мкм.

Кроме того, рассматриваемые эмульсии характеризуются большим содержанием механических примесей и являются множественными (ловушечными).

Теоретически водонефтяные эмульсии представляют собой неустойчивые системы, склонные к образованию минимальной поверхности раздела фаз. В этом случае они должны обладать хорошей способностью к расслоению. Однако в реальных условиях во многих случаях образуются эмульсии, обладающие высокой агрегативной устойчивостью. Это в значительной степени определяет выбор методов их дальнейшей переработки, а также глубину разделения фаз. Агрегативную устойчивость эмульсий измеряют временем их существования до полного разделения образующих эмульсию жидкостей.

Механизм образования агрегативно-устойчивых эмульсий и прямого, и обрат-

ного 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.

К причинам, обуславливающим агрегативную устойчивость водонефтяных эмульсий, относят:

- образование структурно-механического слоя эмульгаторов на межфазной границе глобул жидкостей;
- образование двойного электрического слоя на поверхности раздела фаз в присутствии ионизированных электролитов;
- термодинамические процессы, протекающие на поверхности глобул дисперсной фазы;
- расклинивающее давление, возникающее при сближении глобул дисперсной фазы, покрытых адсорбционно-сольватными слоями.

К естественным стабилизаторам эмульсий относят содержащиеся в нефти асфальтены, смолы, нафтены и парафины, являющиеся природными ПАВ [1]. Кроме того, к ним относят мельчайшие твердые частицы веществ (глина, кварц, соли и т.д.), находящихся в эмульсиях во взвешенном состоянии.

Устойчивость большинства эмульсий типа "вода в нефти" со временем возрастает. В процессе старения эмульсии на глобулах воды увеличивается слой эмульгатора и соответственно повышается его механическая прочность. При столкновении таких глобул не происходит их коалесценции из-за наличия прочной гидрофобной пленки "бронирующей оболочки". Для слияния глобул воды необходимо эту

пленку разрушить и заменить ее гидрофильным слоем какого-либо ПАВ.

Деформация и разрушение бронирующих оболочек глобул воды в струйном аппарате происходит благодаря турбулентным пульсациям скорости движущегося потока, масштаб которых λ не превышает характерного размера капли (диаметра капли d_k). Размеры дробимых капель и масштаб турбулентных пульсаций должны удовлетворять условиям $\lambda_0 < \lambda \leq d_k$ (здесь λ_0 – внутренний масштаб изотропной турбулентности).

Критический диаметр капли, при которой она не будет дробиться в потоке эмульсии, для случая неоднородного потока находится из соотношения:

$$d_{кр} = \frac{19}{v} \left(\frac{\sigma}{\rho_n} \right)^{3/2} \left(\frac{D}{Re} \right)^{5/2}. \quad (1)$$

Таким образом, при $Re=50000$ $d_{кр}=500$ мкм, при $Re=500000$ $d_{кр}$ менее 1 мкм.

Деформация и дробление капель воды в высоко турбулентном потоке в струйном аппарате во многом обусловлены градиентами скорости и давления. Наличие этих градиентов приводит к тому, что на поверхности капель воды действуют различные динамические напоры, деформирующие капли.

Значительный вклад в разрушение бронирующих оболочек вносит также их соударение со стенками прямолинейного участка струйного аппарата, при этом образуется внутренняя фаза, свободная от бронирующих оболочек и с весьма большой свободной поверхностью.

Кроме разрушения бронирующей оболочки для разделения веществ важен процесс коалесценции, возможность которого определяется временем контакта двух капель достаточным для удаления пленки сплошной фазы. Укрупнение капель в большей степени зависит от частоты столкновения, жесткости контакта капель и времени их пребывания в потоке.

Частота ω столкновений дисперсных частиц в цилиндрической части аппарата может быть определена по формуле Смолуховского путем замены коэффициента диффузии при броуновском движении на коэффициент турбулентной диффузии:

$$\omega = 4\pi d D_T n, \quad (2)$$

где d – диаметр частицы; D_T – коэффициент турбулентной диффузии; n – число частиц в единице объема.

Значение коэффициента турбулентной диффузии для трубопровода определяется следующим выражением:

$$D_T = \frac{3,3 D u_0 10^{-3}}{\sqrt[8]{Re}}, \quad (3)$$

где D – диаметр трубопровода; u_0 – средняя объемная скорость потока.

Учитывая, что не все столкновения капель жидкости заканчиваются их слиянием, частоту актов слияния ω_k можно выразить как

$$\omega_k = k \omega, \quad (4)$$

где k – коэффициент эффективности столкновений.

Принимая турбулентный поток однородным по всей площади поперечного сечения трубопровода, процесс изменения укрупнения капель воды в установившемся режиме для элемента длиной $\Delta \ell$ можно описать уравнением (5):

$$n \frac{\pi d_t^3}{6} = \left(n - \frac{dn}{d\ell} \Delta \ell \right) \frac{\pi}{6} \left(d_t + \frac{d(d_t)}{d\ell} \Delta \ell \right)^3, \quad (5)$$

где n – число капель, диаметр которых равен d_t .

Изменение общего числа капель при их слиянии в процессе движения по элементу длиной $\Delta \ell$ определяется выражением:

$$n = \left(n - \frac{dn}{d\ell} \Delta \ell \right) + \frac{1}{2} \omega_k n \frac{\Delta \ell}{u_0}, \quad (6)$$

Учитывая малость элемента длины $\Delta\ell$, после соответствующих преобразований и учета граничного условия (при $\ell=0$ $d_t = d_0$), решение уравнений (5) и (6) можно представить в виде:

$$\left(\frac{d_t^2}{d_0^2} - 1\right) d_0^2 = \frac{8KD_T W}{u_0} \ell, \quad (7)$$

Отсюда получим выражение для длины прямолинейного участка, необходимого для коалесценции:

$$\ell = \left(\frac{d_t^2}{d_0^2} - 1\right) \frac{u_0 d_0^2}{8KD_T W} = \frac{(K_d^2 - 1) u_0 d_0^2}{8KD_T W}, \quad (8)$$

где $W = \pi d^3 / 6$ – обводненность смеси,
 $K_d = \frac{d_t^2}{d_0^2}$.

Для повышения эффективности разрушения бронирующих оболочек используются различные устройства, позволяющие создавать в рабочем пространстве аппаратов требуемые гидродинамические режимы. Однако все они достаточно сложны и трудоемки в эксплуатации. В результате теоретических исследований предложен

метод разрушения бронирующих оболочек и последующей коалесценции глобул жидкости с использованием струйного аппарата, транспортирующего трубопровода и отстойного аппарата [2].

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены механизмы образования агрегативно устойчивых эмульсий.
2. Предложен метод разрушения бронирующих оболочек и последующей коалесценции глобул жидкости с использованием струйного устройства, транспортирующего трубопровода и отстойного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Тюрин М.П., Сафонов Р.А., Сошенко М.В. Метод регенерации водных эмульсий // В сб.: Успехи в химии и химической технологии. – М., 2005, № 10 (58), Т. XIX.
2. Сафонов Р.А., Евтеева Ю.С. Установка для регенерации мазута // Мат. Всероссийск. научн.-техн. конф.: Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2005). – М., МГТУ, 2005.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 15.04.08.

УДК 677.022:519.8:62.50.72

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КИПНЫМ ПИТАТЕЛЕМ С ВЕРХНИМ ОТБОРОМ ВОЛОКНА МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.А. ГОРСКИЙ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ

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

Главной задачей кипных питателей с верхним отбором волокна (КПВО) является автоматический отбор клочков волокнистой массы с верхней поверхности кип из ставки и передача волокнистого потока с минимальной неровнотой в машины разрыхлительно-трепального агрегата. Выполнение этой задачи кипным питателем сталкивается с рядом трудностей: неодинаковые габариты раскрытых кип разных компонентов в ставке приводят к неравномерному отбору волокон разных компонентов, различия в свойствах (средняя плотность и длина волокон) перерабатываемых кип вызывают неравномерность потока волокнистого материала по линейной плотности и долям компонентов на выходе питателя [1], [2].

Для исследования неровноты волокнистого потока на выходе КПВО средствами пакета MATLAB 7 и среды программирования C++ Builder 5 была разработана

компьютерная статистическая имитационная модель КПВО.

Модель имитирует отбор волокнистой массы из ставки кип согласно заданным параметрам заправки питателя, среди которых: количество рядов ставки r и кип m в ней; расстановка кип по компонентам; скорость отбора волокна V_p (м/мин) из кип; длина $d\ell$ (мм) отбираемой порции волокна; число компонентов кип k ; их параметры – габариты кип (мм) – длина L , ширина B , высота H ; средние значения удельной плотности ρ_0 (г/см³) и длины волокон ℓ (мм), а также их коэффициенты вариаций C_v (%) и ошибки измерений $E_{\text{и}}$ (%) этих показателей датчиками системы управления.

Описанные ниже эксперименты проводились на модели при указанных выше параметрах заправки, значения которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

r	M	Ставка кип	V_p	$d\ell$	k	$k-t$	L	B	H	ρ_0	ℓ	C_v	$E_{\text{и}}$
2	20	{1,2,3,1,2,3,1,2,3,1,2,3,1,2,3,1,2,3,1,2}	3	50	3	1	870	510	1200	1.52	28	10	5
						2	840	520	1200	1.57	33		
						3	900	490	1200	1.49	30		

Модель позволяет имитировать работу КПВО при различных системах управления: 1) при постоянной толщине отбираемого слоя dh ; 2) при автоматическом управлении этой толщиной в зависимости от свойств каждой кипы в ставке. В силу инерционности системы, возникающей из-за большой массы агрегатов питателя, реальное значение dh отличается от значения, вырабатываемого регулятором, на

ошибку управления E_y (%) и на величину запаздывания τ (мин) управляющего воздействия на исполнительный механизм регулятора.

Эффективность управления питателем – уровень неровноты волокнистого потока на выходе КПВО – оценивалась для расхода волокнистого материала и долевого состава компонентов кип по их числовым статистическим показателям – средним значениям

Сред., коэффициентам вариаций КВ (%), остаточной массе волокна $M_{ост}$ (кг) кип в ставке после ее срабатывания, доле несработавшей ставки кип (%) [3].

Целью экспериментов 1 и 2 являлась оценка неровноты волокнистого потока на выходе КПВО при постоянной и переменной толщине отбора dh соответственно. В эксперименте 1 толщина отбираемого слоя $dh=50$ (мм). Эксперимент 2 проводился без учета E_y и τ .

В каждом эксперименте выполнено 10

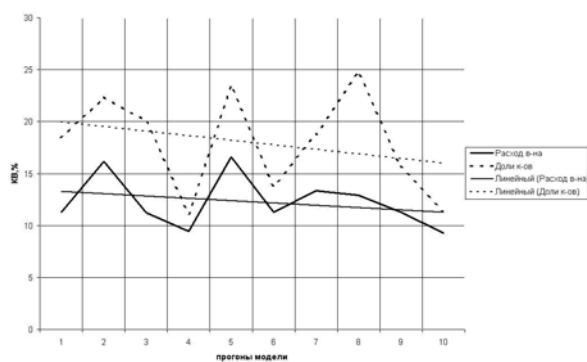
прогонов модели при постоянных средних значениях перечисленных выше параметров заправки питателя с использованием нормального закона для генерации их конкретных значений в каждом прогоне модели. Оценки перечисленных выше контролируемых числовых показателей для заданных характеристик волокнистого потока получены по результатам моделирования каждого прогона модели и приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

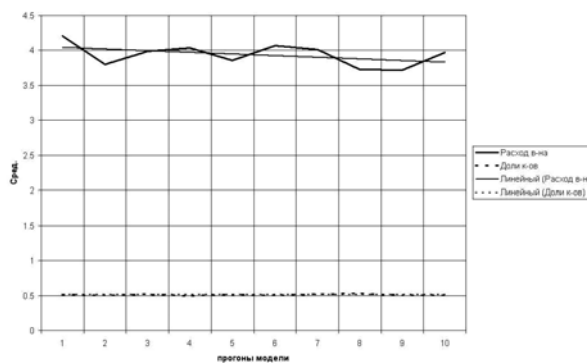
№ эксперимента	№ прогона	Расход волокна		Доля компонентов	
		Сред.1, кг/с	КВ1	Сред.1	КВ1
1	1	4,208	11,286	0,511	18,402
	2	3,797	16,152	0,504	22,367
	3	3,988	11,237	0,519	20,019
	4	4,036	9,419	0,500	11,143
	5	3,858	16,622	0,511	23,462
	6	4,072	11,292	0,504	13,803
	7	4,010	13,338	0,518	18,795
	8	3,728	12,911	0,532	24,737
	9	3,719	11,297	0,505	15,597
	10	3,968	9,274	0,502	11,458
2	№ прогона	Расход волокна		Доля компонентов	
		Сред.2, кг/с	КВ2	Сред.2	КВ2
	1	3,901	5,064	0,517	14,138
	2	3,895	5,406	0,529	22,253
	3	3,922	5,237	0,508	12,504
	4	3,837	5,344	0,534	23,445
	5	3,871	6,683	0,506	10,726
	6	3,891	6,287	0,504	8,789
	7	3,908	4,781	0,514	15,970
	8	3,850	7,984	0,512	15,197
	9	3,917	6,724	0,500	10,598
	10	3,857	7,752	0,508	12,212

В эксперименте 1 остаточная масса $M_{ост}=0$ ввиду полного срабатывания ставки кип из-за постоянных толщины отбора и

высоты кип. В эксперименте 2 параметр $M_{ост}$ колеблется в пределах 500...2000 (кг) (5...20% от общей массы ставки).

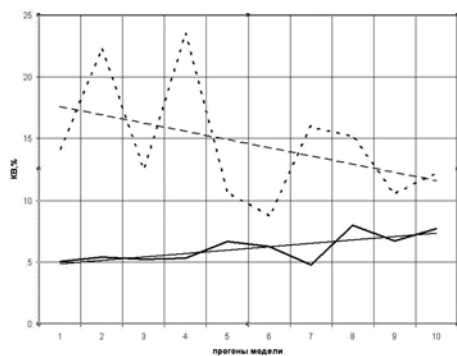


а)

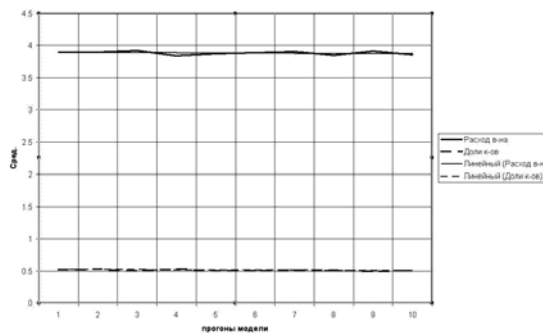


б)

Рис. 1



а)



б)

Рис. 2

Результаты экспериментов 1 и 2 представлены на рис. 1 и 2 соответственно в виде графиков и их линий регрессий.

Целью экспериментов 3 и 4 являлась оценка влияния параметров E_y и соответственно на эффективность управления питателем при переменной величине толщины отбора dh . Для этого в эксперименте 3 варьировались значения ошибки управления E_y в пределах от 0 (%) до 20

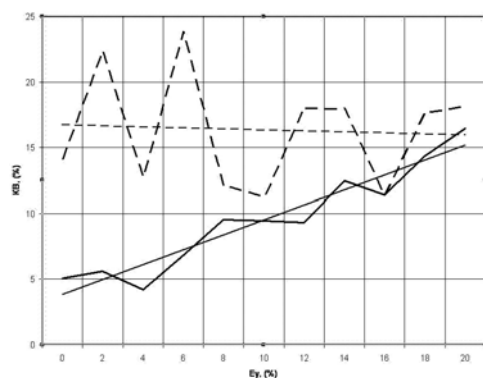
(%) на 11 уровнях с шагом 2 % при отсутствии запаздывания сигнала, а в эксперименте 4 варьировались значения величины запаздывания в пределах от 0 (мин) до 1 (мин) на 11 уровнях с шагом 0,1 (мин) при отсутствии ошибки управления. Числовые результаты этих экспериментов – указанные выше статистические показатели – представлены в табл. 3.

Таблица 3

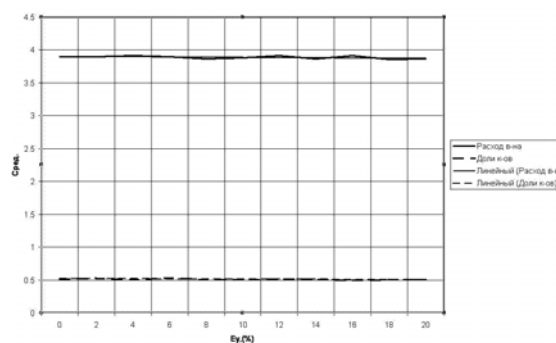
№ эксперимента	Уровень	E_y , %	Расход волокна		Доля компонентов	
			Сред.3, кг/с	КВ3	Сред.3	КВ3
3	1	0	3,901	5,064	0,511	14,138
	2	2	3,896	5,600	0,529	22,290
	3	4	3,918	4,184	0,508	12,805
	4	6	3,894	6,846	0,534	23,759
	5	8	3,869	9,533	0,506	12,159
	6	10	3,882	9,438	0,504	11,270
	7	12	3,916	9,316	0,514	17,981
	8	14	3,867	12,481	0,512	17,944
	9	16	3,914	11,397	0,500	11,403
	10	18	3,859	14,372	0,508	17,611
	11	20	3,865	16,446	0,507	18,195
4	Уровень	τ , мин	Расход волокна		Доля компонентов	
			Сред.4, кг/с	КВ4	Сред.4	КВ4
	1	0	3,901	5,064	0,511	14,138
	2	0,1	3,922	13,618	0,533	23,406
	3	0,2	3,926	16,134	0,535	27,209
	4	0,3	3,900	16,303	0,511	19,585
	5	0,4	3,970	16,357	0,514	23,170
	6	0,5	3,975	19,765	0,552	32,660
	7	0,6	4,015	15,303	0,507	22,773
	8	0,7	3,966	13,619	0,503	15,851
	9	0,8	3,942	12,372	0,508	16,071
	10	0,9	3,932	14,419	0,506	15,542
	11	1,0	3,943	12,567	0,525	23,392

В эксперименте 3 остаточная масса $M_{ост}$ колеблется в пределах 700...2400 (кг) (6...23% от общей массы ставки), а в экс-

перименте 4 – в пределах 800...2100 (кг) (7...21% от общей массы ставки).

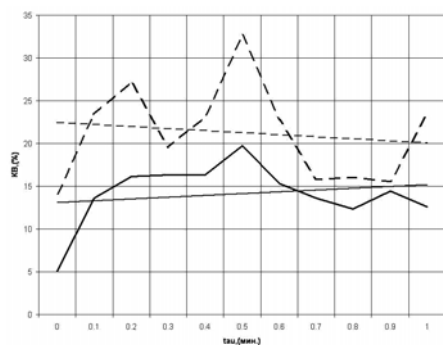


а)

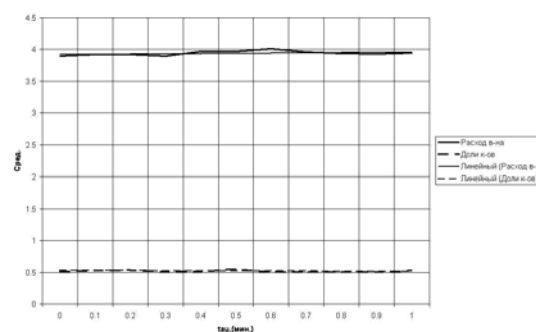


б)

Рис. 3



а)



б)

Рис. 4

Результаты экспериментов 3 и 4 представлены на рис. 3 и 4 соответственно в виде графиков и их линий регрессий [3].

автоматического управления толщиной слоя отбираемой волокнистой массы из ставки кип при работе КПВО.

ВЫВОДЫ

1. Использование переменной толщины отбора волокнистой массы из кип ставки приводит к значительному уменьшению вариаций расхода волокна.
2. Увеличения ошибки управления и величины запаздывания управляющего воздействия на исполнительный механизм регулятора приводят к увеличению вариаций потока по расходу волокна и не влияют на средние значения характеристик.
3. Все вышесказанное свидетельствует об эффективности использования системы

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов пряже-ния. – М.: Информ-Знание, 2006.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Чаки Ф. Современная теория управления. Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – М.: Изд-во: Мир, 1975.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 01.02.08.

ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ПОВЕРХНОСТИ БОБИНЫ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХОХА*

М.Н. НУРИЕВ

(Азербайджанский государственный экономический университет)

В [1] проведен анализ негативного влияния дефектов структуры намотки в виде жгутов и ленты на пригодность паковок к дальнейшей переработке. Там же предложен метод автоматизированного обнаружения и количественной оценки параметров структуры намотки. Метод основан на анализе фотосигнала от одиночного фотоэлемента, контролирующего освещенность участков поверхности паковки, последовательно проходящих через его поле зрения при вращении бобины. Такой метод контроля малоинформативен, так как анализируется только узкий участок поверхности паковки. Использование современных методов технического зрения позволяет предложить более информативные методы для решения этой задачи [2].

Однако такие методы требуют значительных затрат времени и вычислительных ресурсов.

Более эффективное решение этой задачи возможно на основе подхода, предложенного Хохом (Hough) и называемого преобразованием Хоха (ПХ) [3]. Поскольку участки нити на изображениях поверхности тела намотки могут быть представлены как отрезки прямых линий, для их распознавания можно использовать частный случай ПХ, называемый преобразованием Хоха прямых линий (ПХПЛ). Сущность процесса обнаружения линий с помощью ПХПЛ заключается в отображении линии в декартовом пространстве в точку в параметрическом пространстве.

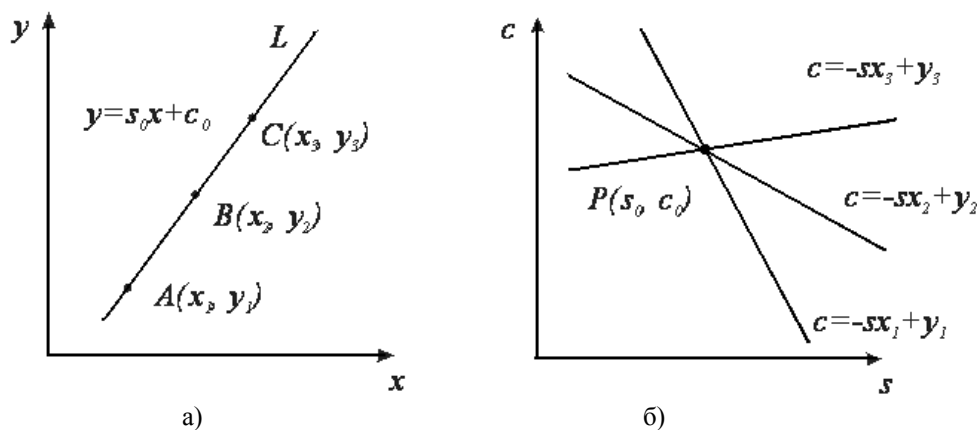


Рис. 1

Прямая линия в двумерном декартовом пространстве и точки, принадлежащие ей, описывается уравнением (рис. 1-а):

$$y = s_0x + c_0. \quad (1)$$

Значения s_0 и c_0 постоянны для всех точек А, В, С прямой, а сама прямая L определяется точкой P (s_0, c_0) в пространстве параметров $s - c$ (рис. 1-б).

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

С другой стороны, точка (x_1, y_1) в пространстве x - y порождает линию $c = -sx_1 + y_1$ в пространстве s - c . Вторая точка (x_2, y_2) той же самой прямой L также имеет связанную линию в параметрическом пространстве s - c , $c = -sx_2 + y_2$. Она пересекается с первой линией в точке $P(s_0, c_0)$. Каждая точка прямой L порождает линию, проходящую через точку $P(s_0, c_0)$.

Таким образом, проблема обнаружения прямых в исходном x - y пространстве становится проблемой определения точек пересечения линий в параметрическом пространстве s - c . Предположим, в пространстве x - y выделены некоторые точки и стоит задача определить, какие из них принадлежат прямой. Если связанные с ними линии пересекаются в одной и той же точке параметрического пространства s - c , значит эти точки принадлежат одной линии, характеризующейся точкой пересечения $P(s_0, c_0)$. Даже если точка (x_3, y_3) лежит после "обрыва" линии L , связанная с этой точкой линия все равно проходит через точку $P(s_0, c_0)$.

Вычислительная привлекательность преобразования Хоха заключается в разделении пространства параметров на так называемые собирающие элементы, где $s_{\max}$, $s_{\min}$ и $c_{\max}$, $c_{\min}$ — допустимые величины параметров линий. Собирающий элемент $A(i, j)$ соответствует площади, связанной с координатами пространства параметров (s_i, c_j) .

Вначале эти элементы считаются равными нулю. Для каждой точки (x_k, y_k) в плоскости образа мы полагаем параметр s рав-

ным каждому из допустимых значений на оси s и вычисляем соответствующее c , используя уравнение $c = -sx_k + y_k$. Полученное значение c затем округляется до ближайшего допустимого значения на оси c .

Если выбор s_p приводит к вычислению c_q , мы полагаем $A(p, q) = A(p, q) + 1$. После завершения этой процедуры, значение M в элементе $A(i, j)$ соответствует M точкам в плоскости x - y , лежащим на линии $y = s_i x + c_j$. Точность расположения этих точек на одной прямой зависит от числа разбиений плоскости s - c .

Отметим, что если мы разбиваем ось s на K частей, тогда для каждой точки (x_k, y_k) мы получаем K значений c , соответствующих K возможным значениям s . Поскольку имеется n точек образа, процесс состоит из $n \times K$ вычислительных операций. Эта процедура линейна относительно n и сокращает число вычислительных операций при условии $K \leq n$.

Однако использование уравнения (1) имеет большое неудобство. Оно заключается в том, что параметры s и c стремятся к бесконечности, если прямая вертикальна (то есть, параллельна оси y). Во избежание этой проблемы было предложено использование нормального уравнения прямой рис. 2-а:

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad (2)$$

где r — расстояние от прямой L до начала координат; θ — угол между перпендикуляром к этой прямой и осью x .

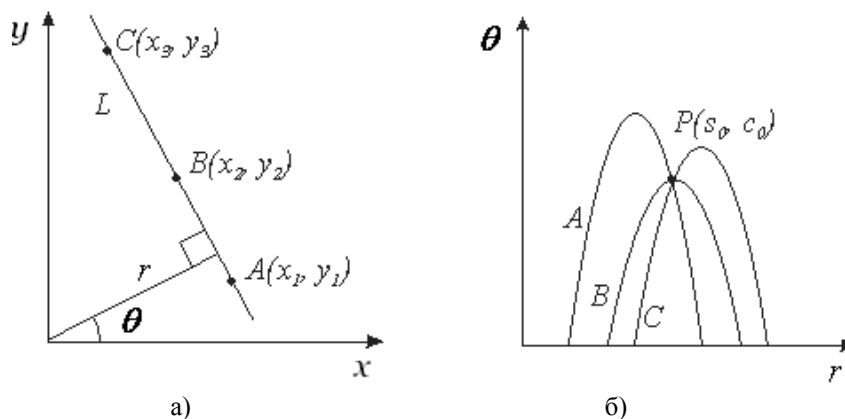


Рис. 2

Рис. 2 – преобразование Хоха (а – прямая L в двумерном декартовом пространстве и точки принадлежащие ей; б – отображение прямой L в точку P и точек A, B, C в синусоиды в параметрическом пространстве $r - \theta$).

Это преобразование порождает синусоидальную кривую в пространстве параметров $r - \theta$ для каждой точки (x, y) и преобразует прямую декартова пространства в точку $P(\theta, r)$ в параметрическом пространстве $r - \theta$. Множество точек, принадлежащих одной линии L исходного $x - y$ пространства, порождает семейство синусоидальных кривых в параметрическом пространстве (рис. 2-б), каждая из которых пересекается со всеми другими в одной точке $P(\theta, r)$. Точка P соответствует прямой L , соединяющей эти точки.

Для достижения единственности пересечения кривых угол θ ограничивают диапазоном $[0, \pi)$, позволяя значению r

быть отрицательным либо положительным в зависимости от расположения перпендикуляра к исходной линии в пространстве $x - y$. Обычно центр исходного изображения выбирается за начало координат (x, y) . В случае, если перпендикуляр лежит выше оси x , значение r положительно; в противном случае – отрицательно. Диапазон значений r ограничивается половиной ширины либо высоты изображения, в зависимости от того, какое из этих значений больше.

Дефекты намотки в виде жгутовой или ленточной намотки характеризуются расстоянием между последовательно уложенными витками [1]. Поскольку параллельные линии характеризуются одним и тем же значением параметра θ , то в параметрическом пространстве $r - \theta$ они все будут представлены точками, принадлежащими вертикальной прямой. Расстояние между этими точками в параметрическом пространстве равно расстоянию между линиями на изображении.

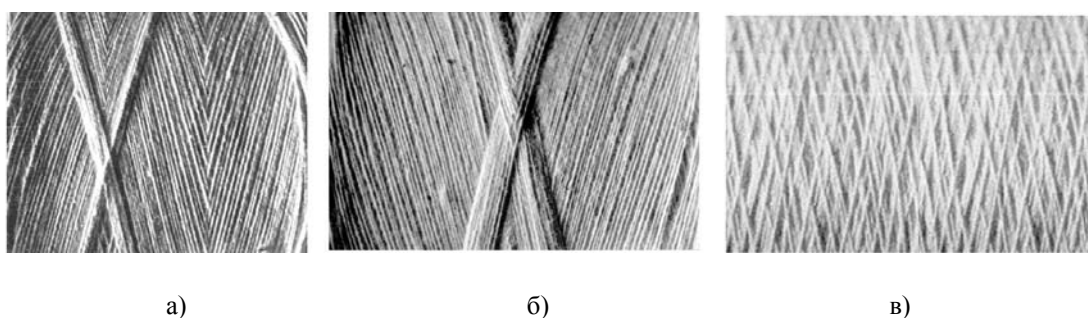


Рис. 3

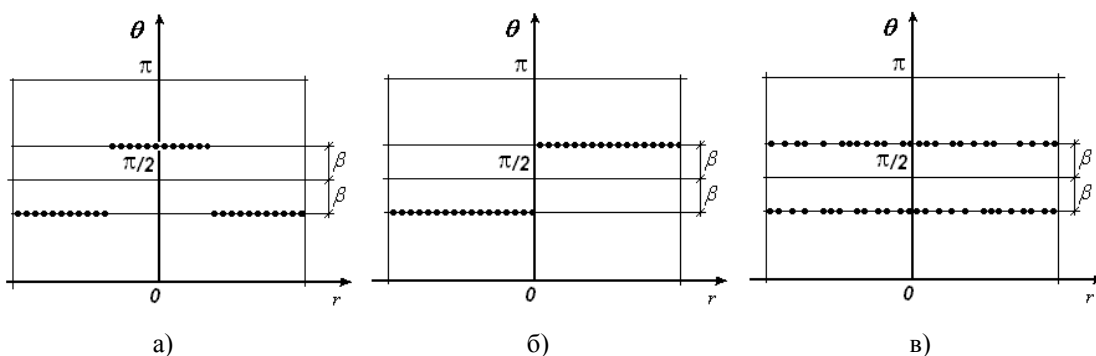


Рис. 4

На рис. 3 приведены фотографии поверхности тела намотки (на рис. 3-а и

рис. 3-б видны жгутовые образования, на рис. 3-в представлена застилистая намотка).

Образы приведенных изображений в параметрическом пространстве схематически показаны на рис. 4. Нити на изображении поверхности паковки представляют собой параллельные прямые линии, наклоненные к вертикали на угол подъема витка $\pm\beta$. Поэтому в параметрическом пространстве $r - \theta$ изображающие их точки располагаются на равном расстоянии β от линии $\theta = \pi/2$, то есть на прямых $\theta = \pi/2 + \beta$ и $\theta = \pi/2 - \beta$.

При застиистой намотке точки, изображающие нити на поверхности паковки, расположены случайным образом на обеих этих прямых (рис.4-в). При жгутовой намотке они группируются в зависимости от кратности жгута [1]. Причем точки, расположенные на разных прямых, не имеют общих абсцисс r .

Этот признак можно рассматривать как решающее правило при определении наличия жгутовых образований на поверхности намотки бобины.

ВЫВОДЫ

На основе преобразования Хоха прямых линий сформулированы решающие правила для распознавания жгутовой намотки на поверхности паковок крестовой намотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2006.
2. Денисов А.Р., Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №4С. С.111...113
3. Bugao X. Determining Fiber Orientation Distribution in Nonwovens with Hough Transform Techniques // Text. Res. J. – 1997, 67(8).

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов.. Поступила 10.03.08.

УДК 539.434:677.494

СВЯЗЬ МЕЖДУ РАБОЧИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ И КРУТКОЙ ШВЕЙНЫХ ЛАВСАНОВЫХ НИТОК

Л.Н. ПЕТРОВА, А.Г. МАКАРОВ, А.В. ДЕМИДОВ, А.М. ЧЕЛЫШЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,
ОАО "Советская звезда")

Крученые лавсановые нитки находят широкое применение в швейной и обувной промышленности. В зависимости от условий работы таких ниток выбирают швейные нитки с различной степенью крутки. Степень крутки варьируется в широких пределах и составляет определенный переход в технологической цепочке изготовления швейных ниток. Чем выше степень крутки, тем большее время требуется на ее производство.

При работе в швейной машине в момент затягивания стежка усилие в нитке достигает наибольшей величины, имеющей значение порядка 50% от разрывной нагрузки [1]. Работу швейной нитки при растяжении можно сравнить с работой пружины: сначала при определенной нагрузке происходит выработка витков пружины; при увеличении нагрузки растягивается распрямленная нитка, и в работу при этом включаются структурные механизмы ниток (макромолекулы), которые с дальнейшим увеличением нагрузки на нить претерпевают разрывы. С увеличением

ем растягивающего усилия число разрывов макромолекул накапливается и конечным результатом является разрыв нитки.

В [2] определены характеристики релаксации и ползучести девяти вариантов швейных лавсановых ниток с различной степенью крутки производства ОАО НИИ ниток "Петронить". Эти характеристики, в свою очередь, позволили отобрать варианты швейных ниток, обладающих оптимальными деформационными свойствами.

Задача данного исследования заключалась в установлении значения таких предельных рабочих растягивающих усилий на нитки, при которых степень крутки не влияет на их деформацию.

Объектом исследований были выбраны те же девять вариантов швейных лавсановых ниток с различной степенью крутки и линейной плотностью, произведенных в ОАО НИИ ниток "Петронить".

Характеристика исследуемых швейных ниток и их деформационных характеристик представлены в табл.1.

Таблица 1

Швейные нитки (варианты)	Линейная плотность Т, текс	Объемная плотность γ , г/см ³	Крутка К, кр/м	Разрывное усилие P_p , Н	Разрывное напряжение σ_p , МПа	Разрывная деформация ϵ_p , %
"1-3"	44,3	1,36	576	22	621	23,5
"2-3"	63,3	1,36	530	29	623	26
"3-3"	75,3	1,36	546	35,3	637	27
"4-3"	53,4	1,36	579	18,5	471	22,5
"5-3"	70,4	1,36	575	32,5	628	23,5
"6-3"	82,8	1,36	575	37	610	24,5
"7-3"	48,5	1,36	558	22	617	22
"8-3"	66,6	1,36	549	31	633	23
"9-3"	78,2	1,36	545	36	626	24

Характеристики работы структурных механизмов различных материалов при растяжении наглядно отражаются в диаграммах растяжения [3], [4].

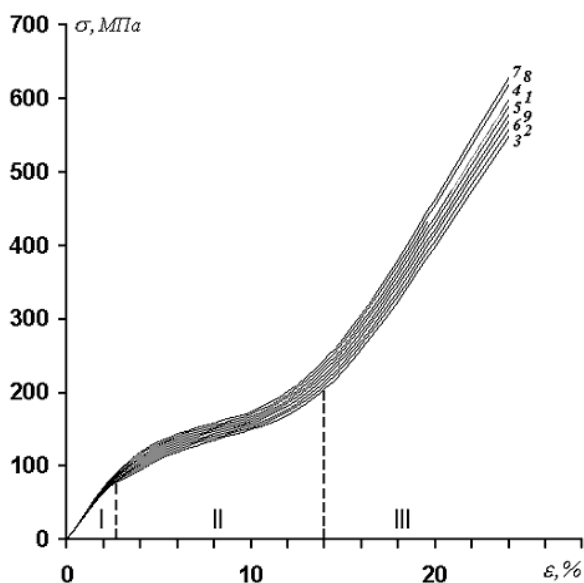


Рис. 1

На рис.1 представлены диаграммы растяжения до разрыва девяти вариантов швейных крученных ниток (1 – "1-3"; 2 – "2-3"; 3 – "3-3"; 4 – "4-3"; 5 – "5-3"; 6 – "6-3"; 7 – "7-3"; 8 – "8-3"; 9 – "9-3"). Испытания проводились на приборе Instron в режиме активного нагружения при скорости перемещения подвижного захвата $V = 100$ мм/мин.

Кривые рис.1 можно разбить на три характерных участка (I, II, III), отличающихся углом наклона касательных к каждому участку. Это указывает на изменение модуля жесткости ниток в процессе растяжения. Так, участок I, на котором связь между напряжением и деформацией носит квазиупругий характер, имеет величину модуля жесткости E_1 ; с увеличением растягивающего напряжения (участок II) модуль жесткости E_2 падает: $E_1 < E_2$.

Такое поведение ниток можно связать с накоплением разрывов в проходных макромолекулах швейных ниток. Участок III характеризуется увеличением модуля жесткости E_3 , что связано с активирующим действием растягивающего напряжения, приводящего к вынужденной ориентации макромолекул лавсана в направлении при-

ложенного растягивающего напряжения.

Основываясь на диаграммах растяжения, получаем, что предельные рабочие напряжения в швейных нитках могут достигать порядка 270 МПа, то есть участки I и II диаграммы растяжения, с точки зрения рабочих напряжений, можно считать безопасными при работе швейных ниток в швейных машинах.

Для установления связи между рабочим напряжением и степенью крутки образцы швейных ниток девяти вариантов были испытаны в режиме ползучести $\varepsilon = f(t)$ на релаксметре деформаций [5] при одинаковом для всех вариантов швейных ниток растягивающем напряжении, то есть $\sigma = \text{const}$. Выбиралось несколько значений растягивающих напряжений σ , задаваемых в безопасной зоне диаграммы растяжений, то есть в пределах I и II участков: $\sigma_1 = 50$ МПа; $\sigma_2 = 82,2$ МПа; $\sigma_3 = 100$ МПа; $\sigma_4 = 125,5$ МПа. Время испытания образцов девяти вариантов ниток составляло 1 мин.

Образцы швейных ниток девяти вариантов отличались линейной плотностью T , поэтому для достижения в них одинакового растягивающего напряжения σ для каждого варианта швейных ниток и для каждого значения задаваемого напряжения подбиралась величина растягивающих грузов P из формулы (1):

$$\sigma = \frac{P\gamma}{T}, \quad (1)$$

откуда

$$P = \frac{\sigma T}{\gamma}, \quad (2)$$

где $P(N)$ – величина груза, создающая напряжение $\sigma = \text{const}$; $T(\text{текс})$ – величина линейной плотности швейной нитки; γ (г/см^3) – удельная плотность лавсана ($\gamma = 1,36$ г/см^3); σ (МПа) – величина напряжения в нити, выбранная по диаграмме растяжения.

Из предположения, что степень крутки K не влияет на величину минутной деформации $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})}$, зависимость $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})} = f(K)$ графически должна изображаться горизонтальной прямой.

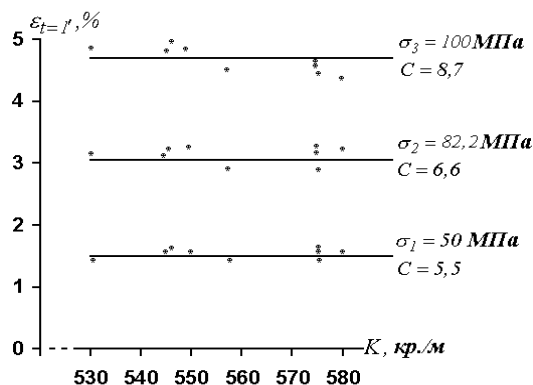


Рис. 2

С этой целью для каждого уровня выбранного с диаграммы растяжения (рис.1) растягивающего напряжения $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ были построены графики зависимости минутной деформации $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})}$ от степени крутки K_j швейных лавсановых ниток для каждого уровня рабочего напряжения σ_i (рис.2). Сплошная горизонтальная прямая для каждого значения σ соответствует среднему арифметическому значению минутной деформации испытанных образцов, то есть $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})\text{ср}} = \bar{M}_i$:

$$\bar{M}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \varepsilon_{(t=1 \text{ мин})j}}{m}. \quad (3)$$

Из рис.2 следует: чем больше величина растягивающего напряжения, тем больше отклонение значений минутных деформаций от среднего значения $\bar{M}_i$. Среднюю величину среднего квадратического отклонения от этого значения $\sigma_{\text{кв}}$ для всех значений задаваемого напряжения считали

по формуле (4):

$$\sigma_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (M_{ji} - \bar{M}_i)^2}{m-1}}, \quad (4)$$

где M_{ji} – величина минутной деформации j -го образца $M_{ji} = \varepsilon_{(t=1 \text{ мин})j}$ при уровне задаваемого напряжения σ_i ; $\bar{M}_i$ – средняя величина минутной деформации испытанных m образцов с различной степенью крутки $K_j (j=1, 2, \dots, m)$ и линейной плотности T_j при уровне задаваемого напряжения σ_i ; m – число последовательно испытанных образцов.

Определив значение $\sigma_{\text{кв}}$ для m образцов при выбранном значении рабочего напряжения σ_i , определяем величину коэффициента вариации C_i для этого уровня напряжения σ_i :

$$C_i = \frac{100}{\bar{M}_i} \sigma_{\text{кв}} (\%).$$

Значения $\sigma_{\text{кв}}$, $\bar{M}_i$, C_i (значения минутных деформаций девяти вариантов швейных лавсановых нитей с различной степенью крутки при разных величинах растягивающих напряжений) представлены в табл.2. При вычислении этих значений была составлена программа "Определение деформационных характеристик швейных лавсановых нитей".

Таблица 2

σ , МПа/вар	$\varepsilon_{t=1'}, \%$									$\varepsilon_{t=1'}\text{ср}$ $= \bar{M}$	$\sigma_{\text{кв}}$	C
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7	3-8	3-9			
50	1,34	1,45	1,62	1,48	1,48	1,48	1,30	1,48	1,47	1,46	0,092	5,5
82,2	2,78	3,25	3,38	3,40	3,30	3,24	2,96	3,41	3,19	3,21	0,21	6,6
100	4,52	4,84	5,20	3,92	4,58	4,48	4,12	4,85	4,76	4,65	0,41	8,7
125	5,68	8,28	9,06	9,54	7,62	7,12	7,11	8,28	8,71	7,93	1,18	14,9
K , кр/м	576	530	546	579	575	575	558	549	545			

Далее проводили сравнение полученных коэффициентов вариации C_1, C_2, C_3, C_4 (табл.2) с технически допустимой величиной $C_{\text{доп}}=10\%$ [6]. При сравнении коэф-

фициентов вариации условие

$$C_i < C_{\text{доп}}.$$

соблюдается до предельного рабочего напряжения в швейных нитках, порядка $\sigma_{\text{пред}}=100$ МПа.

На диаграмме растяжения (рис.1) точка $A(\sigma_{\text{пред}}; \epsilon_{\text{пред}})$ соответствует предельным значениям растягивающего напряжения и деформации и расположена на границе I и II участков. Очевидно, до значений $\sigma_{\text{пред}}=100$ МПа и $\epsilon_{\text{пред}} = 4\%$ в швейных крученых лавсановых нитках происходит распрямление витков крутки, и до значений этого напряжения в нитке при шитье степень крутки не влияет на ее деформацию.

ВЫВОДЫ

1. При испытании швейных лавсановых ниток с различной степенью крутки в режиме ползучести установлены величины предельных рабочих напряжений $\sigma_{\text{пред}}$ и предельных рабочих деформаций $\epsilon_{\text{пред}}$, при которых степень крутки швейных ниток не влияет на их деформацию.

2. Обосновано предположение о том, что при всех напряжениях в швейных нитках до значений $\sigma_{\text{пред}} = 100$ МПа происходит распрямление витков крутки.

3. Значения предельного рабочего напряжения $\sigma_{\text{пред}}$ и предельной рабочей деформации $\epsilon_{\text{пред}}$ относятся к "безопасным" участкам диаграммы растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А., Модестова Т.А., Алыменкова Н.Д. Нити из химических волокон. Материаловедение швейного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
2. Демидов А.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С.9...13.
3. Цобкалло Е.С., Тиранов В.Г. Деформационная жесткость синтетических нитей на различных стадиях растяжения // Вестник СПГУТД. – 2000, №4. С.84...91.
4. Труевцев Н.Н. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2. С.20...22.
5. Сталевич А.М., Тиранов В.Г. Аппаратура для исследования деформационных и прочностных свойств синтетических нитей // Текстильная промышленность в СССР. Вып.20. –М., 1979.
6. Боровков А.А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез. – М.: Наука, 1985.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов СПГУТД. Поступила 31.03.08.

УДК 621.01

ПЛОСКИЙ ШАРНИРНЫЙ МЕХАНИЗМ ТОЛКАТЕЛЯ НИЖНЕЙ НИТИ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

Д. МАНСУРОВА

(Худжанский филиал Таджикского технического университета)

В швейной машине при выполнении двухниточного цепного стежка значительная роль отводится толкателю нижней нити, совершающему колебательные движения в горизонтальной плоскости при помощи пространственного шарнирного четырехзвенника. Особенно важным является изучение характера движения рабочего звена данного механизма, который является одним из определяющих в формировании качественного двухниточного цепного стежка при различных режимах работы.

На основе анализа существующих конструкций толкателя нижней нити швейной машины с двухниточным цепным стежком нами разработан ряд новых схем механизмов толкателя нижней нити [1], [2]. Наиболее приемлемой конструкцией является плоский четырехзвенный механизм с упругой связью толкателя нижней нити.

Для определения кинематических характеристик плоского четырехзвенного механизма с упругой связью толкателя нижней нити швейной машины с двухниточным цепным стежком воспользуемся известной методикой в [3]. Согласно этой методике при составлении векторных уравнений для соответствующих замкнутых контуров плоского четырехзвенного механизма можно получить необходимые кинематические соотношения.

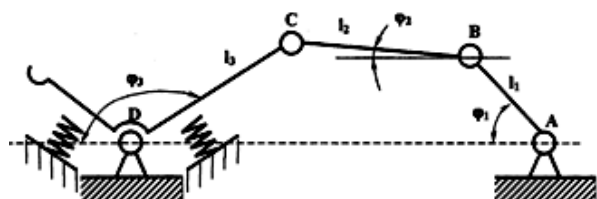


Рис. 1

На рис. 1 представлена кинематическая схема предлагаемого плоского четырехзвенного шарнирного механизма с упругой связью толкателя нижней нити швейной машины с двухниточным цепным стежком.

Полученные законы угловых перемещений толкателя коромысла DC и шатуна CB имеют вид:

$$\varphi_3 = \arccos \frac{\ell_2^2 - \ell_3^2 - \ell_0^2 - \ell_1^2 + 2\ell_0\ell_1 \cos \varphi_1}{2\ell_3 \sqrt{\ell_0^2 + \ell_1^2 - 2\ell_0\ell_1 \cos \varphi_1}} + \arctg \frac{\ell_1 \sin \varphi_1}{\ell_1 \cos \varphi_1 - \ell_0}, \quad (1)$$

$$\varphi_2 = \arccos \frac{\ell_2^2 - \ell_3^2 + \ell_0^2 + \ell_1^2 - 2\ell_0\ell_1 \cos \varphi_1}{2\ell_3 \sqrt{\ell_0^2 + \ell_1^2 - 2\ell_0\ell_1 \cos \varphi_1}} + \arctg \frac{\ell_1 \sin \varphi_1}{\ell_1 \cos \varphi_1 - \ell_0}. \quad (2)$$

Передаточные отношения между толкателем нижней нити, шатуном и кривошипом имеют вид:

$$U_{21} = \frac{\ell_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{\ell_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}, \quad (3)$$

$$\varphi_{31} = \frac{\ell_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{\ell_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)}.$$

Дифференцируя значения углового перемещения толкателя нижней нити φ_3 по времени и учитывая, что $\varphi_1 = \omega_1 t$, получим формулу для определения угловых скоростей толкателя нижней нити:

$$\frac{d\varphi_3}{dt} = \frac{\ell_0 \ell_1 \omega_1 \sin \omega_1 t (\ell_3^2 - \ell_2^2 - \ell_0^2 - \ell_1^2 + 2\ell_0 \ell_1 \cos \varphi_1)}{2\ell_3 \sqrt{[4\ell_3^2 (\ell_0^2 + \ell_1^2 - 2\ell_0 \ell_1 \cos \omega_1 t)^2 - (\ell_2^2 - \ell_3^2 + \ell_0^2 - 2\ell_0 \ell_1 \cos \omega_1 t)^2]}} \times$$

$$\times \frac{(\ell_0 \cos \omega_1 t - \ell_0) \ell_1 \omega_1 \cos \omega_1 t + \ell_1^2 \omega_1 \sin^2 \omega_1 t}{(\ell_0^2 + \ell_1^2 - 2\ell_0 \ell_1 \cos \omega_1 t)} + \frac{(\ell_0 \cos \omega_1 t - \ell_0) \ell_1 \omega_1 \cos \omega_1 t + \ell_1^2 \omega_1 \sin^2 \omega_1 t}{(\ell_0 - \ell_1 \cos \omega_1 t - \ell_1 \sin \omega_1 t)^2}, \quad (4)$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – угловые перемещения соответственно кривошипа, шатуна и толкателя нижней нити; $\ell_0, \ell_1, \ell_2, \ell_3$ – геометрические размеры звеньев механизма толкателя (рис. 1).

При кинематическом анализе плоского механизма толкателя нижней нити влияние параметров упругой связи на характер движения толкателя фактически не учитывается.

Вариации параметров изменялись в пределах: $\ell_1 = 5,0 \dots 12,0$ мм; $\ell_3 = 10,0 \dots 45,0$ мм; $\ell_2 = 20,0 \dots 40,0$ мм. При этом расчетными значениями длин звеньев механизма толкателя нижней нити являются: $\ell_1 = 7,0$ мм; $\ell_2 = 30$ мм; $\ell_3 = 28$ мм; $\ell_0 = 27$ мм; $\omega_1 = 523$ рад/с.

При изменении длины кривошипа размах колебаний угловых скоростей $\dot{\varphi}_3$ толкателя увеличивается по нелинейной закономерности. Так, с увеличением ℓ_1 от 5,0 до 12,0 мм, $\Delta \dot{\varphi}_3$ увеличивается от $2,6 \cdot 10^2$ до $4,0 \cdot 10^2$ рад/с.

В результате исследований выявлено, что закон углового колебательного движения толкателя в значительной степени зависит от длины толкателя (коромысла) нижней нити швейной машины.

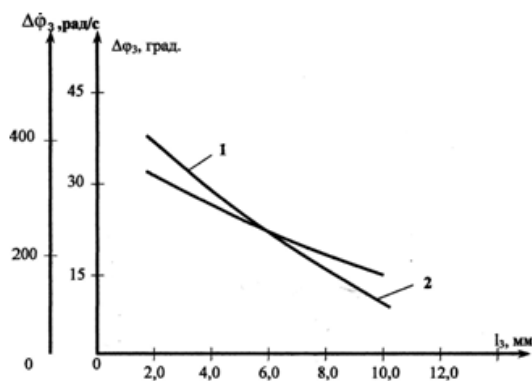


Рис. 2

На рис. 2 приведены графики изменения $\Delta \dot{\varphi}_3$ и $\Delta \varphi_3$ при изменении длины толкателя нижней нити ℓ_3 ; 1 – $\Delta \varphi_3 = f(\ell_3)$; 2 – $\Delta \dot{\varphi}_3 = f(\ell_3)$. С увеличением длины толкателя нижней нити уменьшается размах углового перемещения $\Delta \varphi_3$ и размах колебаний угловой скорости толкателя $\Delta \dot{\varphi}_3$ (рис. 2). Так, при увеличении ℓ_3 от 10,0 до 45,0 мм $\Delta \varphi_3$ уменьшается от 40 до 15°, а $\Delta \dot{\varphi}_3$ – от $3,8 \cdot 10^2$ до $2,2 \cdot 10^2$ рад/с.

Учитывая, что для обеспечения необходимых угловых перемещений $\Delta \varphi_3 = 30 \dots 32^\circ$, рекомендуемыми параметрами являются: $\ell_1 = 7,0 \dots 8,0$ мм; $\ell_2 = 32,0 \dots 34,0$ мм; $\ell_3 = 29,0 \dots 30,0$ мм; $\ell_0 = 25,0 \dots 27,0$ мм.

Как отмечалось выше, при рассмотрении кинематики механизма и выборе параметров не учитывалось влияние упругой связи толкателя нижней нити. В динамических исследованиях будут учтены влияния параметров упругой связи на характер угловых перемещений толкателя (коромысла) плоского четырехзвенного механизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мансурова Д.С., Джуроев А., Таджибаев З., Мансурова М.А. Разработка новой швейной машины двухниточного цепного стежка // Изв. вузов. Техн. науки. – Ташкент, 2000, №3. С.204...208.
2. Мансурова Д.С. и др. Разработка и анализ рабочих механизмов швейной машины двухниточного цепного стежка // Тез. докл. Междунар. научн. конф.: Актуальные проблемы науки, техники и технологии легкой промышленности. – М., 2000. С.85...86.
3. Джуроев Д. ва бошқалар, "Механизмлар ва машиналар назарияси": Учебник. – Ташкент, 2004.

Рекомендована кафедрой технологии швейного производства. Поступила 24.07.08.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ-ТЕХНОЛОГОВ

В.И. ПИМЕНОВ, Е.Н. ЯКУНИЧЕВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

По мере развития науки и техники, расширения ассортимента исходного сырья создаются все новые и новые текстильные материалы и технологии. Чтобы ориентироваться в столь обширном объеме информации, сохранять возможность воспроизведения разработанных ранее технологий, создавать на их основе новые, более прогрессивные технологии, описывать слабоформализуемые технологические системы, необходимо иметь эффективные способы обучения будущих технологов.

К настоящему времени накоплены систематизированные сведения по основным технологиям текстильной и легкой промышленности: переработки натуральных и химических волокон (текстильных материалов), процессам и машинам прядильного производства, ткацкого производства, трикотажного производства, производства нетканых материалов, отделочного производства, кожевенно-обувного и швейного производств.

Знания, используемые при изучении дисциплин, связанных с текстильными технологиями, охватывают чрезвычайно широкий спектр объектов, понятий и методик. Содержание этих дисциплин имеет большие потенциальные возможности широкого, системного и систематического использования информационных технологий обучения.

Следует иметь в виду, что жесткое структурирование материала дисциплины, используемое в ряде разработок, ограничивает возможности корректировки процесса обучения с учетом уровня базовой и текущей подготовки студента, а неоправданное дублирование учебных элементов в разных темах или их предварительное изложение нарушают логическую целостность материала [1].

Основой новых информационных технологий, позволяющих индивидуализиро-

вать процесс обучения, являются интеллектуальные обучающие системы.

Существует ряд принципов, на основе которых выполняется сборка курсов для обучающих систем. Поскольку дисциплины технологического цикла относятся к информационно-насыщенной области знания, учебный материал предпочтительно организовать по детерминированной схеме, для которой характерен принцип последовательных ступеней, или по слабо детерминированной схеме кругового на-слоения.

В первом случае учебные элементы выделяются после алгоритмической декомпозиции (в рамках структурного подхода) и выполняют описание одного из этапов общего технологического процесса. Во втором случае, когда некоторые классы учебных объектов наследуют структуру другого класса, может использоваться объектно-структурный подход.

При концептуализации описания технологии приходится иметь дело с многочисленными текстильными объектами и объектами легкой промышленности: сырьем, полуфабрикатами, деталями, готовой продукцией, оборудованием, производствами, а также представлять происхождение и способы получения текстильных материалов, сущность технологических процессов, методы расчета основных технологических параметров, устройство и работу машин и аппаратов, пути автоматизации производств, виды отходов и способы их использования (включая экологические и экономические аспекты). Многоуровневое представление технологических процессов и оборудования, структуры и свойств продуктов и полупродуктов текстильных производств обычно осуществляется по принципу "от волокна до изделия".

База знаний о технологических процессах (ТП) может использоваться в режимах

обучения, контроля знаний, тренажера и других. В режиме тестирования система, основанная на знаниях, выбирает известные решения и предлагает студенту указать совокупность свойств исходных материалов и параметров технологического процесса, обеспечивающих выбранный уровень потребительских свойств. По результатам ответов определяется уровень знаний тестируемого. В режиме тренажера решается обратная задача – показывается пути достижения заданного качества. По мере продвижения к заданной цели можно использовать систему объяснений, предлагающую обучающие пояснения и обоснование значений рассматриваемого параметра технологического процесса.

При разработке компьютерных обучающих программ по технологиям текстильной промышленности актуальной является задача создания среды виртуальной лаборатории технологического вуза [2]. Имитационные модели, заложенные в обучающую среду, позволяют проводить исследования, варьировать параметры оборудования, влияющие на выпускаемую продукцию, без ограничения времени.

Дополнительные требования к представлению знаний, которые нельзя формализовать символьным представлением – использование обычной и анимированной

графики, видео, 3D-моделей, демонстрирующих особенно важные технологические операции и труднодоступные для фотосъемки узлы.

Трехмерные виртуальные модели технологического оборудования позволяют обеспечить знакомство с внешним видом реальных установок и их частей, звуковым характером работы на различных режимах. Они могут не только имитировать элементы управления, но и отражать движение органов управления в соответствии с воздействием пользователя. Когнитивная графика отражает принципиальный переход от иллюстрирующих изображений к видеообразам, компьютеризации правополушарных функций мозга обучаемого.

Рассмотрим особенности некоторых обучающих систем, созданных в Санкт-Петербургском университете технологии и дизайна.

Обучающая система "Текстильные технологии" [3] направлена на приобретение умений и навыков в области переработки натуральных и химических волокон: текстильного материаловедения, технологии выработки пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов. Уделяется внимание ресурсосберегающим технологиям, изучению угаров и отходов текстильного производства.

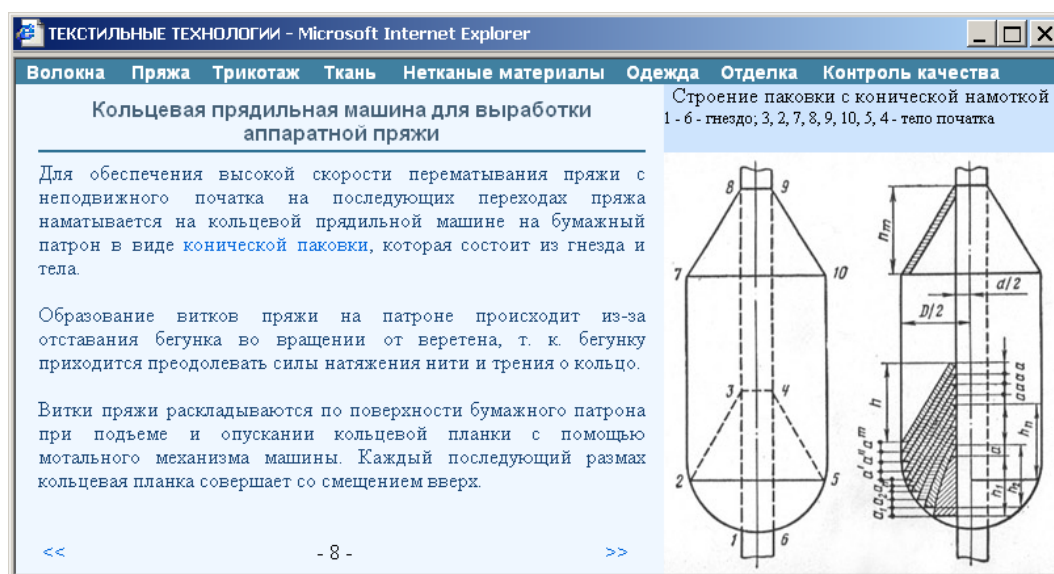


Рис. 1

Для представления информационных блоков широко используется аудиовизу-

альная информация: обычная и анимированная графика, звуковые сообщения и ви-

деофрагменты для пояснений при освоении учебного материала (рис. 1 – обучающая система "Текстильные технологии").

Использование гиперссылок и фреймовой технологии позволяет легко менять форму представления материала в пределах одного раздела, а также осуществлять контекстные переходы внутри и между разделами обучающей системы.

Компьютерная система дизайн-проектирования рационального ассортимента производственной одежды (ПО) [4] реализует функции выбора композиционных средств и художественно-конструкторских приемов создания ассортимента ПО как комплексного объекта дизайна, связанного с анализом специальных (эстетических и знаково-коммуникативных) характеристик средового комплекса, а также формирования дизайн-концепции ассортимента ПО в конкретных разработках с учетом предполагаемых условий изготовления.

База данных для дизайн-программирования ассортиментных групп структурирована по группам, видам, подвидам и типам изделий производственной одежды. Каждая признаковая категория представлена в базе графическим изображением соответ-

ствующего уровня детализации: от базовых силуэтных форм до функциональных и функционально-декоративных элементов. Для облегчения восприятия этапов проектирования включены мультимедийные компоненты.

В мультимедийном учебнике "Методы и средства исследований" для технологических вузов весь учебный материал по уровням освоения учебного материала и способу представления разделов курса разбит на три категории: иерархическая схема этапов анализа; теоретические сведения; примеры решения задач в соответствующем специализированном пакете [5].

Иерархическая схема является основным средством учебника для быстрого поиска нужной информации. Она описывает хронологию анализа, позволяет с помощью гиперссылок детализировать этапы, определять необходимый метод и алгоритм анализа, для которого можно сразу просмотреть теоретические сведения или пример решения типовой задачи.

Теоретический раздел предоставляет описание базовых понятий, методов и моделей по всем разделам учебника в объеме, необходимом для технологических вузов.

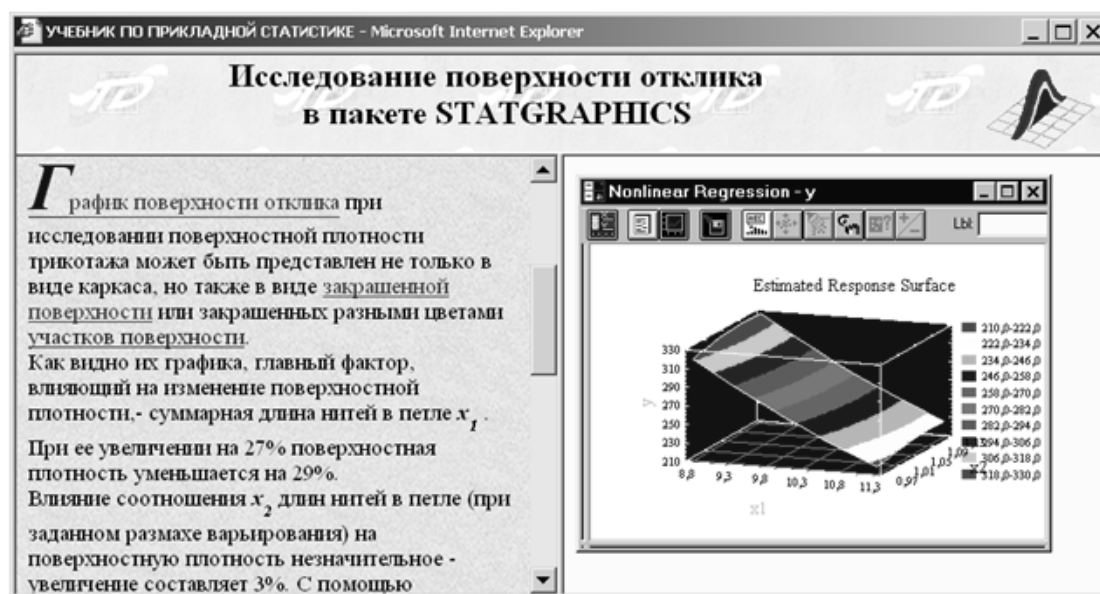


Рис. 2

Примеры задач демонстрируют на реальных данных эффективность профес-

сиональных компьютерных систем анализа данных (рис. 2 – мультимедийный учебник

"Методы и средства исследований"). Перевод специальных англоязычных терминов осуществляется с помощью звукового словаря. Демонстрация анимационных роликов поясняет работу с табличными данными, окнами выбора параметров статистических процедур, графиками, результатами счета, интерпретацией результатов.

В основу методического построения мультимедийного комплекса учебно-методических материалов (КУММ) "Разработка экспертных систем" [6] положена информационная модель обучения. Комплекс предусматривает возможность реализации различных траекторий обучения, выбор которых зависит как от целей, поставленных перед обучаемым, так и от его начального состояния. Реализация этих возможностей обусловлена составом КУММ (учебное пособие, мультимедийный курс, содержащий справочник, систему тестирования, тренажер) и применяемыми методическими приемами.

В состав тренажера включена инструментальная среда для разработки прикладных экспертных систем. Она способствует развитию и закреплению навыков создания практических приложений. Среда дополнена средствами для получения консультаций и контроля знаний, введения лексики по выбранной предметной области.

Достоинства моделей данных, основанных на гипертексте, объектном подходе и методе экспертных систем, дают возможность многократного, гибкого использования учебных элементов в процессе обучения, позволяют разделить знания и про-

цесс их обработки. Подключение инструмента разработчика или исследовательского пакета прикладных программ дает обучаемому возможность выйти на уровень манипулирования профессиональными знаниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горленко О.А., Подлеснов Ю.П., Можжаева Т.П. Корректирующая структурно-смысловая модель лекционного материала учебных дисциплин // Качество. Инновации. Образование. – 2004, № 2. С.45...51.
2. Пименов В.И., Воронов М.В. Моделирование текстурных изображений с объемной архитектурой. Новые информационные технологии в университетском образовании // Мат. IX междунар. науч.-метод. конф. – Кемерово, 2002. С.161...164.
3. Пименов В.И., Труевцев Н.Н., Ветрова Ю.Н. Мультимедийная обучающая система "текстильные технологии. Современные технологии обучения (СТО-2004) // Мат. X междунар. конф. – СПб., 2004. – Т. 2. С.91...92.
4. Сурженко Е.Я., Петрова Е.И., Пименов В.И. Дизайн-программирование ассортимента производственной одежды // Дизайн. Материалы. Технология. – 2006, № 1. С.3...6.
5. Пименов В.И. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006612731. Мультимедийный комплекс по прикладной статистике. – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ, Москва, 03 августа 2006 г.
6. Пименов В.И., Воронов М.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006612223. Обучающая программа по разработке экспертных систем. – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ, Москва, 15 августа 2006 г.

Рекомендована кафедрой прикладной информатики. Поступила 26.11.07.

(Камышинский технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета)

В данной работе осуществлена попытка разработки научных основ САПР текстильного предприятия и проектирования тканей различных структур на основе системного подхода. Поставленная задача в силу своей сложности и масштабности не может быть решена в рамках одного исследования. Предлагаемый в работе системный научный подход к автоматизированному проектированию тканей не только позволяет, но и предполагает дальнейшую детализацию поставленных задач. При этом решение частных задач приводит к решению общей задачи, а разделение системы на абстрактные автономные части, которые можно изучать по отдельности, независимо от остальных частей системы, позволяют в конечном итоге усилиями многих исследователей создать стройную научную систему автоматизированного проектирования тканей.

Для создания САПР текстильного предприятия, обеспечивающую системный подход и максимальный учет особенностей ткацкого производства, был проведен анализ алгоритма проектирования тканей, технологии и расчета технико-экономических показателей внедрения нового ассортимента тканей, который включает следующие этапы проектирования:

- 1 – выбор и обоснование сырьевого состава ткани;
- 2 – выбор метода проектирования ткани;
- 3 – проектирование ткани;
- 4 – технический расчет тканей;
- 5 – проектирование технологического режима выработки ткани;
- 6 – выбор и обоснование технологического оборудования;
- 7 – расчет паковок по всем переходам ткацкого производства;
- 8 – расчет количества отходов (угаров) по переходам ткацкого производства;

9 – расчет плановых остановов технологического оборудования по всем переходам;

10 – расчет производственной программы;

11 – оценка типа производственных зданий;

12 – разработка оптимальной схемы расстановки оборудования на производственных площадях;

13 – расчет основных параметров транспортной системы и количества единиц этой системы.

14 – план по труду и заработной плате;

15 – баланс пряжи для всех артикулов тканей в ткацком производстве;

16 – расчет себестоимости продукции;

17 – расчет технико-экономических показателей при внедрении нового ассортимента тканей.

Таким образом, создание САПР текстильного предприятия необходимо проводить в соответствии с вышеуказанными этапами проектирования.

Исходя из алгоритма разработки САПР текстильного предприятия и анализа основных функций САПР и его основных характеристик вышеописанный алгоритм САПР ткацкого производства должен быть реализован следующим образом.

1. Должны быть рационально распределены функции между ЭВМ и проектированием. Проектирование решает в основном задачи творческого характера, а ЭВМ – задачи, допускающие формализованное описание в виде алгоритма.

2. Алгоритм САПР текстильного предприятия должен состоять из отдельных программ, имеющих разные цели и функции, и специализированный пакет программ, по возможности реализованный с использованием одностипного программного обеспечения.

3. Для разработки пакета "САПР текстильного предприятия" необходимо выбрать современное программное обеспече-

ние, которое должно быть эффективно для решения поставленной задачи и, кроме того, должно быть хорошо известным среди пользователей ЭВМ. Язык программирования должен быть доступен и хорошо визуализирован, чтобы все промежуточные расчеты и вычисления можно было анализировать, не имея специальных навыков программирования.

4. Для создания САПР текстильного предприятия необходимо на основе разработанных методов проектирования тканей разработать алгоритм автоматизации проектируемой ткани, изучив степень алгоритмизации метода, и дополнить его математический аппарат, обеспечив его успешную реализацию на ЭВМ.

5. Обеспечить условие многовариантности проектирования тканей и технологий их выработки для возможности выбора оптимального решения поставленной задачи.

6. Создать общую управляемую базу данных, содержащую систематизированную справочную информацию для автоматизации проектирования тканей и технологий их выработки (например, для всех методов проектирования существует процедура сравнения расчетной линейной плотности нитей с гостированной, поэтому таблица гостированных значений линейной плотности нитей будет общей для всех методов). В данном случае это означает, что при проектировании тканей и технологических режимов ее выработки пользователь должен не только манипулировать

исходными данными каждой программы, но и оценивать промежуточные процедуры проектирования и производить по его ходу необходимые манипуляции. Для этого программа должна быть реализована на таком языке программирования, чтобы промежуточные расчеты были визуализированы в привычной форме записи.

7. Обеспечивать безбумажный процесс обработки информации, то есть все промежуточные расчеты должны быть записаны на машинных носителях и в случае необходимости воспроизведены на экране монитора. На бумаге должна фиксироваться информация только в форме окончательного решения. В данном случае это будут: результаты проектирования ткани, технологического расчета, схема технологического процесса выработки ткани, количество требуемого оборудования, чертежи оптимальной схемы расстановки оборудования в ткацком цехе и основные технико-экономические показатели проекта.

Таким образом, на основе анализа вопросов, посвященных автоматизации проектирования тканей, разработан алгоритм САПР текстильных предприятий и определены основные требования для ее создания.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 10.01.08.

УДК 677:658.628

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АССОРТИМЕНТА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.Н. БАРАШКОВА, И.А. ЛОМАКИНА, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Анализ составляющих ассортиментной характеристики текстильных потребительских товаров позволяет грамотно сформировать ассортиментную политику как промышленного, так и торгового предприятия. Принципы описания ассортиментной ха-

рактеристики потребительских товаров приведены как в учебной [1], так и научной [2] литературе. Однако в соответствии с современными требованиями потребительского рынка происходит постоянная

оценка покупателями в явном или неявном виде торгового ассортимента.

В работе [3] при определении конкурентных преимуществ торгового ассортимента предложено выделять качественные разновидности ассортимента в форме: качественный, новый, оптимальный, развернутый, рациональный, сложный, стабильный и т.д. Тем не менее, методики количественной оценки выделенных разновидностей ассортимента товаров отсутствуют, что снижает оценочную деятельность промышленных и торговых предприятий в этом направлении.

Цель работы состоит в количественной оценке качества ассортимента текстильных товаров как одной из основных его разновидностей.

В качестве объектов исследования выбраны текстильные материалы, которые представлены в соответствующих классах общероссийского классификатора продукции (ОКП) [4].

В отличие от показателей широты, глубины и полноты ассортимента, которые нередко используются при определении торгового ассортимента в [1], в качестве единичных показателей качества (X_i) ассортимента выбраны показатели количества товаров по соответствующим градациям ассортимента по причине того, что для них возможно установить нормативные значения на основании изучения ОКП.

Выявленные единичные показатели качества ассортимента и их нормативные значения приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Градация ассортимента	Обозначение единичного показателя (X_i)		Обозначение единичного показателя (X_i)	Нормативное значение показателя ($\ X_i\ $)	Уровень точности установления нормативного значения
	натуральное	кодированное			
Класс (к)	X_k	X_1	X_k	7	Точно
Подкласс (пк)	$X_{пк}$	X_2	$X_{пк}$	57	Точно
Группа (г)	X_g	X_3	X_g	342	Приближенно
Подгруппа (пг)	$X_{пг}$	X_4	$X_{пг}$	1121	Приближенно
Вид (в)	X_v	X_5	X_v	3129	Приближенно
Подвид (пв)	$X_{пв}$	X_6	$X_{пв}$	4410	Приближенно
Наименование (н)	X_n	X_7	X_n	7050	Приближенно

Комплексный показатель качества ассортимента (K_a) определим с учетом арифметического способа усреднения по формуле:

$$K_a = \sum_{i=1}^n (X_i / \|X_i\|)^{\text{sgn } b} \alpha_i \leq 1, \quad (1)$$

где X_i , $\|X_i\|$ – соответственно фактическое и нормативное значения i -го единичного показателя качества ассортимента;

$$\text{sgn } b = \begin{cases} +1, & \text{если } X_i < \|X_i\|, \\ -1, & \text{если } X_i > \|X_i\|; \end{cases}$$

α_i – коэффициент весомости, при условии

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

Рассмотрим пример расчета K_a при следующих значениях единичных показателей

качества, а именно: пусть $X_k = X_1 = 4$, $X_{пк} = X_2 = 34$, $X_g = X_3 = 195$, $X_{пг} = X_4 = 780$, $X_v = X_5 = 1775$, $X_{пв} = X_6 = 2520$, $X_n = X_7 = 4270$. Нормативные значения показателей указаны в табл. 1, а коэффициенты весомости $\alpha_i = 0,14$ принимаем одинаковыми для всех единичных показателей ввиду самих условий формирования ассортимента.

В итоге на основании выражения (1) имеем $K_a = 0,64$. При условии, что $(K_a)_{\max} = 1$ и уровней качества: $K_a > 0,81$ – "отличное"; $K_a = 0,61 \dots 0,80$ – "хорошее"; $K_a = 0,41 \dots 0,60$ – "удовлетворительное", считаем, что для данного примера имеем хороший уровень качества торгового ассортимента.

В Ы В О Д Ы

С учетом необходимости выделения разновидностей промышленного и торгового ассортимента для формирования конкурентоспособной ассортиментной политики текстильного предприятия разработана методика количественной оценки качества ассортимента текстильных материалов.

1. Николаева М.А. Товароведение и экспертиза потребительских товаров. – М: ИНФРА-М, 2003.
2. Снегирева В.И. Управление ассортиментом по товарным категориям. – С.Пб: Издательство "Питер", 2007.
3. Герасимова А.Ю., Ломакина И.А., Зараева М.Е., Гусев Б.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 5. С. 5...9.
4. Общероссийский классификатор продукции. – М.: Изд-во "Стандарты", 2001.

Рекомендована кафедрой материаловедения.
Поступила 29.03.08.

ЛИТЕРАТУРА

УДК 677.024.32

ФОРМИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ПЛОСКИХ СИНТЕТИЧЕСКИХ НИТЕЙ

Д.А. ВАСИЛЬЕВ, Б.М. ПРИМАЧЕНКО, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, А.В. ГУСАКОВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,
Институт технических сукон, г. Санкт-Петербург)

Для производства тканей и тканых изделий технического назначения часто используются плоские полипропиленовые (ПП) нити с различными размерами поперечного сечения. ПП нити обладают рядом ценных свойств, в число которых входят: низкий удельный вес; большой удельный объем и удельная площадь; высокое сопротивление истиранию в сухом и мокром состоянии; высокая хемостойкость; стойкость против плесени, к действию микроорганизмов и насекомых; отсутствие выделения токсичных веществ в процессе полного сгорания; высокое звукопоглощение; высокая эластичность при низких деформациях.

Для формирования ткани из плоских нитей необходимо усовершенствовать существующую технологию в следующих направлениях: осуществить перематывание основных нитей на катушки параллельной намоткой без переворотов; выполнить перематывание основных нитей на ткацкий навой параллельной намоткой без переворотов; осуществить перематывание уточной нити на паковки параллельной намоткой без переворотов; выбрать ткацкий станок, наилучшим обра-

зом подходящий для производства заданной ткани или тканого изделия; определить оптимальную заправку ткацкого станка; разработать механизм прокладывания уточной нити, исключаящий ее перевороты.

Для решения этих проблем были предложены следующие технические решения: разработано устройство для перематывания основных и уточных нитей; усовершенствована заправка нитей на сновальной машине для формирования ткацкого навоя; модернизирован механизм прокладывания уточной нити на ткацком станке; определены оптимальные значения параметров процесса ткачества.

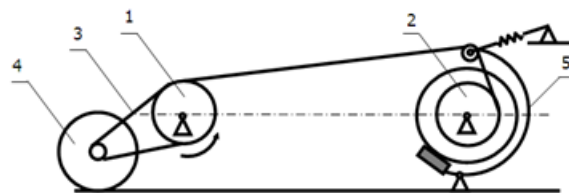


Рис. 1

На мотальном станде (рис. 1) плоская нить сматывается с исходной паковки 2 и

наматывается на катушку с основной нитью или на паковку с уточной нитью 1 по касательной, исключая возможность переверота нити. Катушка или паковка 1 устанавливается на шпиндель, а исходная паковка 2 закрепляется специальными зажимами на валике. Электродвигатель 4, оснащенный электронной системой плавного пуска для исключения обрывов нити в начале процесса перематки, посредством ременной передачи 3 передает вращение шпинделю. Натяжение нити устанавливается с помощью рычажной системы 5. Длина нити при перематывании контролируется счетчиком, соединенным со шпинделем.

Перематывание основных нитей на ткацкий навой осуществлялось на сновальной машине фирмы Насоба модели BUB 800. Катушки с основными нитями устанавливались на шпулярнике модели GR-S. Была проведена работа по оптимизации заправочных линий перематываемых нитей и их предварительного натяжения.

Для производства тканей из ПП нитей 110 текс был выбран ткацкий станок "ТЕХО" HF, оснащенный зевобразовательной кареткой закрытого зева. Станок предназначен для ткачества тяжелых тканей технического назначения. Технологическая схема заправки представлена на рис. 2.

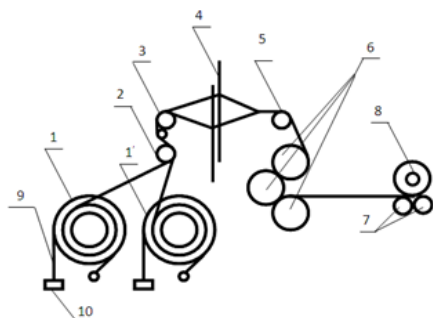


Рис. 2

Основные нити сматываются с навоев 1 и 1', огибают многоскальное устройство 2, 3 и пробиваются в галевы ремизок 4.

Суровая ткань огибает грудницу 5, оттяжные валы 6 и с помощью валиков 7 наматывается на товарный валик 8. Торможение основы осуществляется с помощью пневматического тормоза, состоящего из тормозных лент 9, пневмоцилиндров 10 и системы подачи и регулирования сжатого воздуха.

При модернизации технологии была выполнена оптимальная заправка ткацкого станка, а именно: установлена схема заправки основных нитей; выбраны галевы и бердо; определено количество ремизок; уменьшена скорость прокладывания уточной нити; подобрано давление воздуха в тормозных цилиндрах; установлены оптимальные разводки оттяжных валов.

Для прокладывания уточной нити в зев без переверотов был усовершенствован механизм ее прокладывания, который позволил надежно прокладывать плоскую ПП нить с выбранными размерами поперечного сечения.

ВЫВОДЫ

Установлены особенности технологии выработки тканей и тканых изделий технического назначения из плоских синтетических нитей, а также решены технические задачи выработки тканей и тканых изделий из плоских синтетических нитей.

Рекомендована кафедрой механических технологий волокнистых материалов. Поступила 01.09.07.

УДК 677.017.4.072.6.074

ПОТЕРЯ КРУТКИ УТОЧНОЙ НИТЬЮ В МОМЕНТ ЕЕ ПРОКЛАДЫВАНИЯ В ЗЕВ ТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА АТПР*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что любая пряжа, полученная путем скручивания отдельных волокон, обладает неравновесностью. Это свойство проявляется в том случае, когда пряжа имеет петлю или свободный конец. На ткацких станках АТПР уточная пряжа (нить) в момент ее прокладывания в зев движется в канале рапир, находясь в свободном состоянии, причем длина свободного конца уточной нити зависит от ширины ткани. Такой способ прокладывания уточной нити теоретически должен приводить к некоторой потере крутки за счет ее самопроизвольного раскручивания в кана-

ле рапир. В [1] отмечено, что такое раскручивание утка возможно, но оно мало и составляет 3...5 витков. Нами проведены экспериментальные исследования, суть которых заключалась в измерении крутки уточной пряжи до ее прокладывания в зев станка и после выработки ткани. Для этого на стандартном круткоммере определялась крутка пряжи, взятой с бобины, и крутка уточных нитей, извлеченных из ткани. Результаты измерений при выработке хлопчатобумажных тканей "миткаль" арт. 43 ($T_y=18,5$ текс) и "бязь" арт. 262 ($T_y=29,4$ текс) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид крутки	№ испытания	Пряжа кольцев. х/б 18,5 текс, 800 кр/м	Пряжа кольцев. х/б 18,5 текс, 900 кр/м	Пряжа кольцев. х/б 29,4 текс, 700 кр/м	Пряжа кольцев. х/б 29,4 текс, 800 кр/м	Пряжа БД х/б 18,5 текс, 1300 кр/м	Пряжа БД х/б 18,5 текс, 1320 кр/м	Пряжа БД х/б 29,4 текс, 1020 кр/м	Пряжа БД х/б 29,4 текс, 1080 кр/м
Крутка пряжи на бобине	1	795	900	710	800	1290	1310	1025	1080
	2	795	905	700	805	1295	1310	1020	1070
	3	800	910	705	805	1295	1325	1015	1070
	4	810	885	710	795	1305	1320	1025	1075
	5	810	895	700	795	1310	1325	1015	1075
	6	790	900	695	795	1310	1310	1015	1090
	7	800	910	690	800	1310	1325	1025	1085
	8	800	895	695	800	1295	1325	1015	1085
	9	805	895	695	805	1295	1325	1025	1090
	10	795	905	700	800	1295	1325	1020	1080
	Ср.	800	900	700	800	1300	1320	1020	1080
Крутка пряжи, извлеченной из ткани	1	787	889	695	780	1273	1295	1007	1056
	2	790	893	684	786	1279	1296	1000	1048
	3	786	896	688	786	1278	1308	994	1046
	4	795	873	694	778	1290	1305	1008	1052
	5	793	883	684	776	1298	1309	993	1051
	6	789	888	677	778	1293	1297	995	1064
	7	792	900	676	780	1295	1306	1003	1060
	8	787	883	679	781	1279	1309	995	1061
	9	788	883	678	786	1280	1306	1004	1065
	10	791	892	685	780	1280	1309	1000	1057
	Ср.	789	888	684	781	1285	1304	1000	1056

* Публикуется в порядке обсуждения.

Анализ экспериментальных исследований показывает, что изменение величины крутки уточной пряжи различно и зависит не только от условий работы станка, но в

значительной степени и от параметров пряжи (линейной плотности и крутки), следовательно, от технологии ее получения.

Причем главным, определяющим фактором потери крутки уточной пряжей является ее неравносность, которую предла-

гаем оценивать по величине упругого крутящего момента $M_{кр}$.

Этот параметр можно определить по формуле, предложенной в [2]:

$$M_{кр} = E_{в.п} F_B n_B d \left\{ \frac{1 - \varepsilon_o}{4L} - \frac{1}{3} \left[(1 - 2L^2) \sqrt{1 + L^2} + 2L^3 \right] \right\}, \quad (1)$$

где $L = \frac{(1 - \varepsilon_o) \cdot 10^3}{\pi d K}$ – величина, характеризующая угол подъема винтовой линии наружного волокна с учетом деформации пряжи; $\varepsilon_o = \varepsilon_y - \varepsilon_k$ – общее относительное удлинение пряжи; $\varepsilon_y = 2,47 \cdot 10^{-6} d^2 K^2$ – укрутка пряжи; $\varepsilon_k = \frac{P}{E_{в.п} F_B n_B}$ – относительное удлинение за счет осевой растягивающей силы; $E_{в.п}$ – модуль упругости волокна в теле пряжи; F_B – площадь поперечного сечения волокна; n_B – число волокон в сечении пряжи; d – диаметр пряжи; K – крутка пряжи; P – осевая растягивающая сила.

Формула (1) позволяет определять упругий крутящий момент в сечении пряжи как при ненагруженном состоянии, так и при любом осевом усилии натяжения. Она аналитически доказывает, что $M_{кр}$ зависит не только от линейной плотности пряжи и ее крутки, но и от осевого усилия растяже-

ния. Заметим, что такая зависимость в других формулах крутящего момента не является. Это имеет важное практическое значение. Например, известно, что уточная пряжа в момент ее прокладывания в зев имеет определенное натяжение, которое зависит от условий работы и наладки ткацкого станка.

Приведем результаты расчета $M_{кр}$ хлопчатобумажной пряжи № 40 (25 текс). Для этого используем следующие параметры пряжи: $K = 0 \dots 800$ кр/мм; $P = 0 \dots 300$ сН; $d = 0,16 \dots 0,2$ мм; при линейной плотности волокна $T_B = 0,2$ текс; $F_B = 63 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2$ [3, с. 212]. Следует заметить, что в подобных расчетах модуль упругости волокна хлопка в пряже $E_{в.п}$ нельзя брать равным модулю упругости волокна хлопка E_B , определенного в свободном состоянии. Согласно [2] возьмем $E_{в.п} = 1000 \text{ кг/мм}^2$. Результаты расчетов представлены на рис. 1 и 2 (расчеты на рис.1 выполнены при $P = 0$, $d = 0,2$ мм, а на рис.2 – при $K = 800$ кр/мм).

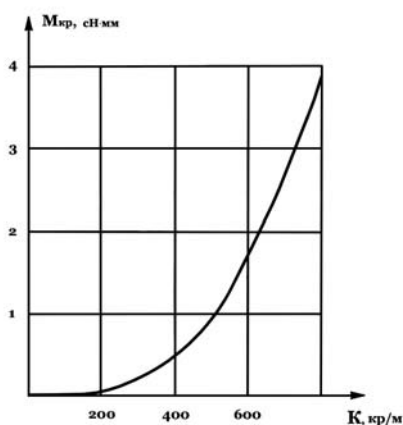


Рис. 1

Так, при натяжении $P = 5$ сН (средняя величина натяжения уточной пряжи при ее

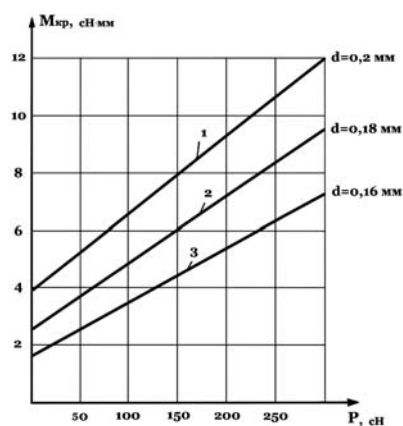


Рис. 2

движении в канале рапир [1]), крутке $K = 760$ кр/м, диаметре пряжи $d = 0,16$ мм (кольцевая

пряжи) получим величину упругого крутящего момента $M_{кр}=1,34 \text{ сН}\cdot\text{мм}$.

Для экспериментальной проверки и определения параметра $M_{кр}$ любой пряжи и текстильной нити можно использовать ме-

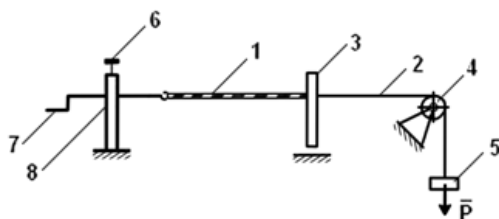


Рис. 3

Один его конец закрепляется в опоре 8 винтом 6, а ко второму через чувствительный элемент 3 прикрепляется отрезок вспомогательного длинномерного материала 2 без кручения, например, капроновую леску, близкую по параметрам толщины и жесткости, но превышающую по прочности испытываемую пряжу. Свободный конец вспомогательного отрезка лески 2 перекидывается через блок 4 и к нему прикрепляется груз 5, нагружая тем самым осевой растягивающей силой, одинаковой по величине, и леску 2, и испытуемый отрезок пряжи 1. Незакрепленный конец отрезка пряжи (в точке соединения с чувствительным элементом) под действием упругого крутящего момента со стороны пряжи передает крутящее усилие чувствительному элементу 3. Прикрепление груза 5 различного по весу позволяет изменять осевое растягивающее усилие в испытуемом образце нити (пряжи), а наличие приспособления 7 позволяет при ослабленном винте 6 изменять крутку испытуемого образца нити.

Чувствительный элемент 3 может быть выполнен в различных по функциональным назначениям вариантах: для визуального и для электротензометрического фиксирования результатов измерений. Если требуется фиксация параметров крутящего момента, а также при исследовании, например, упругой и пластической составляющих крутящего момента пряжи и ни-

тодику и устройство, предложенные в [2]. Устройство работает следующим образом. Отрезок исследуемой пряжи 1 определенных размеров, например, один метр, располагается в горизонтальном положении (рис.3).

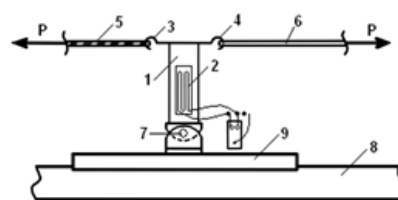


Рис. 4

тей, в этом случае предлагается тензометрическая схема чувствительного элемента (рис. 4). Здесь чувствительный элемент представляет из себя тонкую упругую пластинку 1 с наклеенными тензорезисторами 2, расположенную вертикально. Верхний конец упругой пластины имеет два крючка 3 и 4 для прикрепления к ней нити 5 и лески 6. Нижний конец упругой пластины имеет шарнир 7, установленный на свободно перемещаемой по направляющим 8 платформе 9. Направляющие 8 установлены строго параллельно направлению нити 5 и лески 6.

Если фиксации параметров крутящего момента пряжи не требуется, а измеряется то упругая составляющая момента, тогда в качестве чувствительного элемента можно использовать другое несложное приспособление, приведенное в [2].

Для обработки статистических данных оценки надежности проведенного эксперимента воспользуемся экспоненциальным законом распределения случайных величин. Определим статистические параметры результатов измерений и используем критерии значимости для оценки достоверности результатов экспериментов.

В табл. 2 представлены результаты измерения величины $M_{кр}$ для точной пряжи, исследованной на потерю крутки.

Т а б л и ц а 2

Параметры	Пряжа кольцев. х/б 18,5 текс, 800 кр/м	Пряжа коль- цев. х/б 18,5 текс, 900 кр/м	Пряжа коль- цев. х/б 29,4 текс, 700 кр/м	Пряжа коль- цев. х/б 29,4 текс, 800 кр/м	Пряжа БД х/б 18,5 текс, 1300 кр/м	Пряжа БД х/б 18,5 текс, 1320 кр/м	Пряжа БД х/б 29,4 текс, 1020 кр/м	Пряжа БД х/б 29,4 текс, 1080 кр/м
Величина потери крут- ки уточной пряжи, кр	11	12	16	19	15	16	20	24
Упругий кру- тящий мо- мент уточной пряжи при Р=5 сН, сН·мм	0,79	0,88	1,32	1,63	1,17	1,27	1,92	2,64
Дисперсия	0,008	0,007	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002
Среднее квадратиче- ское откло- нение	0,091	0,083	0,062	0,053	0,067	0,062	0,050	0,042
Коэффициент вариации, %	0,011	0,009	0,009	0,007	0,005	0,005	0,005	0,004

ВЫВОДЫ

Движение уточной пряжи в рапире ткацких станков АТПР приводит к тому, что часть ее крутки теряется, причем величина этой потери зависит от параметра неравновесности пряжи и может косвенно оцениваться по величине ее упругого крутящего момента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов П.В. Нормализация процесса ткачества. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Бархоткин Ю.К. Развитие теоретических основ и технологии получения пряжи на кольцевой прядильной машине: Дис....докт. техн. наук. – Иваново: ИГТА, 2005.
3. Архангельский А.Г. Учение о волокнах. – М.: Л.: Гизлегпром, 1938.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 20.04.08.

УДК 677.21.543.812

О ПРЯДОМОСТИ ВОЛОКНА И СУШКЕ ВЫСОКОВЛАЖНОГО ХЛОПКА-СЫРЦА В УСЛОВИЯХ ОТСОСА ВОЗДУХА ПРИ ХРАНЕНИИ В БУНТАХ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ

И.К. САБИРОВ

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

На Мустакилликском хлопкозаводе с целью проведения опытов на хлопке-сырце селекционных сортов С-6524 и С-2609 V сорта 3 класса с исходной влажностью 30,5...31,0% и засоренностью 16,6...17,1 %, из которого были сформированы специальные бунты размерами 25х14 м, названные

контрольными и 14х7 м – экспериментальными.

Хлопок-сырец в контрольном бунте не подвергался сушке, а снижение температуры и удаление влаги проводилось посредством отсоса воздуха.

В экспериментальном бунте отсос воздуха из хлопка-сырца для удаления влаги проводился дважды. Хлопок-сырец после второго отсоса воздуха находился в бунте до достижения температуры 40° С за счет самосогревания, а затем разбирался и подвергался обработке в барабанной сушилке атмосферным воздухом.

Таким образом, за одинаковое с контрольным время экспериментальный бунт трижды подвергался отсосу влажного воздуха и один раз обработке в сушилке атмосферным воздухом, что в общей сложности понизило влажность хлопка-сырца до 17,5%.

Качественные показатели хлопка-сырца повышенной влажности, заготовленного на контрольных и экспериментальных бунтовых площадках, перед лабораторным джином: влажность хлопка-сырца в кон-

трольном варианте составили 8,2%, а в экспериментальном 8,1%; засоренность, соответственно 3,9 и 1,6%. Выход волокна из хлопка-сырца, заготовленного на контрольной бунтовой площадке, составил 28,4% против 30,2% на экспериментальной.

Содержание пороков и сорных примесей в волокне составило 9,7% в контрольном варианте и 4,3% в экспериментальном [1].

Из образцов волокна селекционных сортов С-6524 и С-2609 в секторе новых сортов и прядения ОАО "Paxta tozalash IIChB" на лабораторной прядильной установке набавывалась пряжа линейной плотности 21,0 и 29,4 текс с последующим анализом качества пряжи. Полученные результаты испытаний приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование	С-6524		С-2609	
	контрольный	экспериментальный	контрольный	экспериментальный
Линейная плотность, текс	21,3	20,4	29,0	28,2
Удельная разрывная нагрузка одиночной нити, гс/текс	7,4	8,6	6,5	6,7
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	23,1	21,3	28,9	26,2
Показатель качества	0,32	0,40	0,23	0,26
Класс	В	В	В	В
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	4,1	2,2	4,2	2,8

Анализ показал, что линейная плотность пряжи контрольного варианта, выработанной из хлопка-сырца селекционных сортов С-6524 и С-2609, составила 21,3...29,0 текс, что соответствует № 46,9...34,5, а в экспериментальном варианте 20,4...28,2 текс, что соответствует № 49,0...35,5.

При более высоких значениях физико-механических свойств волокна экспериментальный вариант имеет лучший уровень разрывной нагрузки 8,6...6,7 гс/текс в сравнении с контрольным вариантом 7,4...6,5 гс/текс и более равномерную пряжу. Коэффициент вариации по разрывной нагрузке одиночной нити у контрольного варианта 23,1...28,9 %, а у экспериментального 21,3...26,2 %. Показатель ка-

чества контрольного варианта 0,32...0,23, а экспериментального 0,40...0,26.

Таким образом, по совокупности физико-механических свойств волокна экспериментальный вариант имеет преимущество перед контрольным, что позволило выработать из такого волокна более прочную и равномерную пряжу.

В Ы В О Д Ы

Установлено, что хранение высоко-влажного хлопка-сырца в бунтах размера-ми 14х7 м и применение рекомендуемого способа отсоса воздуха с допущением самосогревания сырца до достижения температуры 40°С и последующей разборкой и обработкой в барабанной сушилке атмо-

сферном воздухе дают возможность выработать из такого хлопка-сырца более прочную и равномерную пряжу.

1. *Сабилов И.К.* Исследование хранения и габаритных размеров бунтов хлопка-сырца повышенной влажности на качественные показатели хлопкового волокна и семян // Проблемы текстиля. – Ташкент, 2006, №1. С. 101...103.

Рекомендована кафедрой первичной обработки хлопка. Поступила 27.10.08.

ЛИТЕРАТУРА