

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 3 (261)
2001**

Издание Ивановской государственной текстильной академии

Соответствие визированному
экземпляру подтверждаю

Директор типографии

27^я сентября 2001

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН.*

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

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

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

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

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

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

http://education.ivanovo.ru/IGTA

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 04.06.2001. Подписано в печать 31.08.2001. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 16,27 усл.-печ. л.; 16,52 усл. кр.-отг.; 23,92 уч.-изд. л. Заказ 4575.

Тираж 450 экз.

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

УДК 535.8:677.017.333:620.163.082.5

ОПТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО ТКАНОГО МАТЕРИАЛА

П.Г. ШЛЯХТЕНКО, Н.Г. МАРИЕВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Для решения задачи реализации текущего неразрушающего контроля структурных параметров светопропускающих материалов наиболее пригодны оптические методы. Из них наиболее перспективными являются дифракционные методы, основанные на освещении исследуемого участка материала монохроматическим световым пучком и исследовании Фраунгоферовой дифракционной картины на экране, помещенном за исследуемым материалом в фокальной плоскости объектива [1].

Вопросам исследования строения ткани на основе изучения подобных дифракционных картин при нормальном освещении исследуемого материала посвящены работы [2...5]. В [6] исследована Фраунгоферова дифракция в зависимости от угла падения света He-Ne лазера на образцы тканых сеток (α). В дифракционных картинах, наблюдаемых от простого полотняного переплетения, отмечено появление симметричных относительно координат дополнительных линий максимумов, пересекающихся в центре картины под углом 2φ друг к другу.

На основании проведенных измерений и теоретической модели предложен метод неразрушающего дистанционного контроля изгиба нити, позволяющий по измеренному в дифракционной картине углу φ и углу α рассчитывать величину изгиба нити δ в исследуемом полотне по формуле

$$\delta = \frac{2T_0 \operatorname{tg} \varphi}{\pi \sin \alpha}, \quad (1)$$

где T_0 – период расположения нитей в ткани, обвиваемых исследуемой нитью.

В [6] в дифракционных картинах отмечено появление особенностей, позволяющих отличать полотняное переплетение от саржевого и устанавливать тип освещаемой поверхности саржи (лицевая или изнаночная).

Настоящая работа посвящена оптическому исследованию методами [6] анизотропно-теплопроводящего композитного материала специального назначения.

В качестве базовой структуры материал включает тканую полотняную матрицу, основа которой состоит из медной проволоки, а уток из комплексных химических нитей. Плотность по основе медной проволоки 360 нитей/дм, ее диаметр 0,15 мм. Медная проволока пробрана 3 нити в зуб берда (№ берда 120), между группами по 3 нити имеются зазоры, исключаящие контакты групп между собой и не допускающие тем самым рассеивания тепла. В качестве утка взята пропускающая свет в видимой области спектра комплексная химическая нить, уплотняющаяся в процессе ткачества. Эта нить, с одной стороны, разделяет группы нитей, с другой – обеспечивает минимальную толщину ткани. Плотность ткани по утку 100 нитей/дм. Сотканный материал под давлением заливался светопропускающим пластиком с целью фиксации в ткани основы и утка.

Оптические исследования проводили в тождественных экспериментальных усло-

виях на двух стадиях процесса – тканой матрицы (до ее заливки пластиком) и конечного композитного материала (после заливки полимером под давлением).

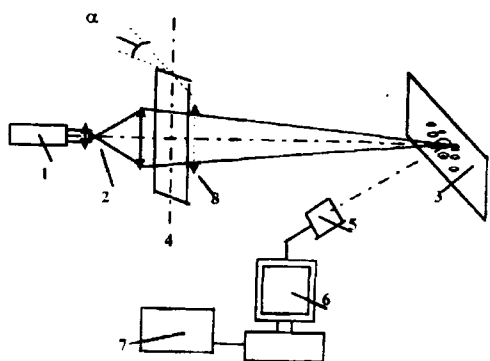


Рис. 1

На рис. 1 изображена схема экспериментальной установки. Свет от малоомощного He-Ne лазера 1 падает на телескопический объектив 2, который фокусирует свет в центре экрана 3. Непосредственно за объективом установлен держатель с исследуемой тканью 4, который можно поворачивать и устанавливать под любым углом падения света на образец α . Дифракционная картина на экране с помощью камеры машинного зрения 5 выводится на дисплей компьютера 6 и распечатывается на принтере 7. Стандартные программы, заложенные в компьютере, позволяют обрабатывать изображение (инверсия, изменение контраста изображения и его яркости). Расстояние от образца до экрана во всех измерениях было одинаковым. С помощью линзы 8, устанавливаемой в определенное положение так, что действительное изображение исследуемого материала находилось на экране, вместо дифракционной картины на экран дисплея можно было вывести увеличенное изображение освещенной его части. Во всех случаях образец ориентировался так, что нити утка располагались в горизонтальной плоскости, а поворот образца производился на угол α вокруг вертикальной оси, совпадающей с направлением медных нитей основы.

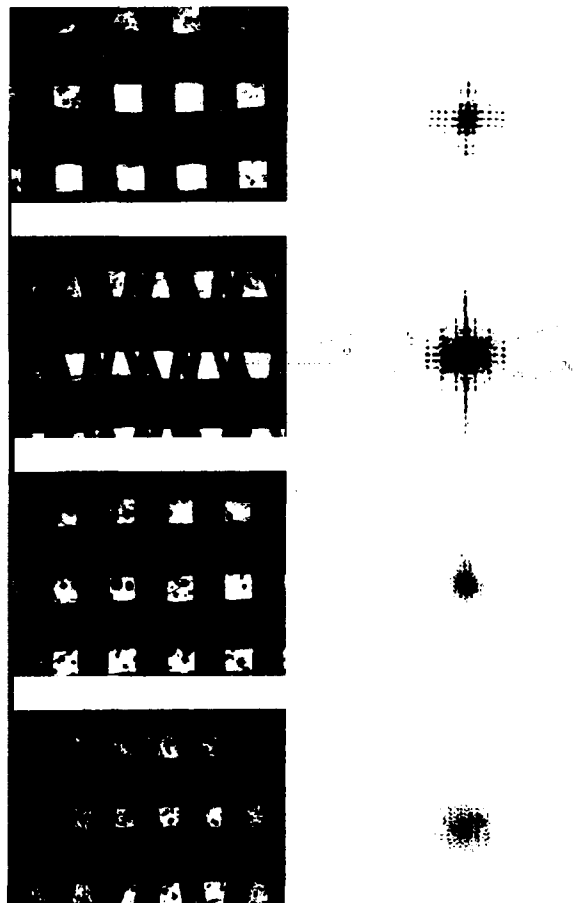


Рис. 2

На рис. 2-а, б, с, d приведены компьютерные микроизображения исследуемых участков материала (слева) и соответствующих дифракционных картин (справа) для следующих случаев: рис. 2-а – свет падает нормально на поверхность тканой матрицы, то есть $\alpha=0$; рис. 2-б – тот же образец матрицы при освещении под углом $\alpha=45^\circ$; рис. 2-с – образец готового материала после заливки, $\alpha=0$; рис. 2-d – тот же образец при $\alpha=45^\circ$.

На основе анализа результатов рис. 2 заключаем следующее.

1. Расположение основных максимумов в дифракционной картине на рис.2-а (справа) соответствует структуре исследуемого полотняного переплетения, представленного на этом рисунке слева, и в соответствии с [2...4] может быть использовано для неразрушающей оценки средней величины абсолютной плотности ткани по уточной и основной нитям по формулам:

$$P_y = 1/T_y = \Delta y / (L\lambda), \quad (2)$$

$$P_o = 1/T_o = \Delta x / (L\lambda), \quad (3)$$

где Δy и Δx – расстояния между соответственно соседними рядами горизонтальных и вертикальных линий основных максимумов, которые измеряются в дифракционной картине на экране. В [4] показано, что совершаемая при этом ошибка не превышает 10%.

Безусловно, эта же величина может быть получена при измерениях по микроизображению, представленному на рис. 1-а (слева). Однако в этом случае для оценки с приемлемой точностью потребуется значительно большее время, так как необходимо будет обработать весь статистический ансамбль освещенных волокон, часть из которых представлена в левой половине этого рисунка.

Преимущество расчетов по формулам (2) и (3) состоит не только в том, что дифракционная картина уже содержит усредненную информацию по всему ансамблю освещенных волокон, а также и в том, что положение основных максимумов в дифракционной картине практически не зависит от скорости движения исследуемого объекта [6], что позволяет использовать дифракционный метод для текущего контроля этих параметров ткани.

2. В дифракционной картине на рис. 2-в (справа) появляются дополнительные линии максимумов, пересекающие центр дифракционной картины под углом 2φ друг к другу. При этом видно, что линии дополнительных дифракционных максимумов идут в направлении, перпендикулярном направлениям изгиба нитей основы (левая часть рисунка), и под тем же углом φ к направлению нити утка, что коррелирует с измерениями, проведенными для простых полотняных сеток, выполненных из металлических и синтетических моноплетей. Это дает основания воспользоваться формулой (1) для оценки величины изгиба нитей основы в тканой матрице по измеренному значению этого угла. Вместе с тем на рис. 2-в в микроизображении исследуемой мат-

рицы (левая часть рисунка) наблюдается статистический разброс в значениях угла φ , который, как видно из этого же рисунка, а также из рис. 2-а, связан с изгибами уточной нити в плоскости ткани. В свете теоретической модели [6] это должно приводить к расширению X-образных полос, наблюдаемых в дифракционной картине на рис. 2-в справа.

3. Анализируя результаты рис. 2-с, d делаем вывод, что дифракционные картины для этих случаев смазаны и при работе с неподвижным образцом не позволяют проводить точные расчеты параметров исследуемого композитного материала. Изображения исследуемого материала, расположенные слева, свидетельствуют, что это обусловлено хаотическим распределением пузырьков воздуха, зафиксированных в материале при заливке матрицы полимером под давлением. Оценку величины изгиба нити основы в конечном материале можно провести по той же формуле (1), подставляя в нее среднее значение угла φ , измеренного по микроизображению материала на рис. 2-d [6].

Имеются все основания полагать, что при текущих измерениях эти случайные помехи могут быть отфильтрованы с помощью известных накопительных устройств, включающих синхронное детектирование.

Следует отметить, что отличия в дифракционных изображениях на рис. 2-а, в и рис. 2-с, d могут служить для оценки количества этих пузырьков в освещенной области исследуемого материала.

4. Сравнивая микроизображения на рис. 2, видим: уточная нить в конечном материале (рис. 2-с, d) уплощается, а ее изгиб уменьшается по сравнению с данными рис. 2-а, в, что, очевидно, является результатом механического давления, используемого в технологическом процессе его изготовления.

Из формул (2) и (3) следует, что

$$P_o P_y = T_y T_o = \Delta x / \Delta y. \quad (4)$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_o/P_y	$\Delta(P_o/P_y)$	$\Delta x/\Delta y$	$\Delta(\Delta x/\Delta y)$	δ_0 мм	$\Delta\delta_0$ мм	$(\delta_0)_T$ мм	$\Delta(\delta_0)_T$ мм	$(\delta_{0K})_T$ мм	$\Delta(\delta_{0K})_T$ мм
1.18	0.06	1.19	0.04	0.27	0.03	0.28	0.04	0.17	0.04

В табл. 1 приведены значения отношений плотностей по основной и уточной нитям (4), найденные по отношению периодов уточной и основной нитей, полученных при микроскопических измерениях: рис. 2-а (колонка 1); отношения $\Delta x/\Delta y$, найденные из обработки соответствующей дифракционной картины (колонка 3); величина изгиба δ_0 основной проволоочной нити, измеренная после ее извлечения из матрицы под микроскопом (колонка 5); величина изгиба основной нити $(\delta_0)_T$ для этой матрицы, рассчитанная по формуле (1) (колонка 7); величина изгиба основной нити в готовом композитном материале $(\delta_{0K})_T$, рассчитанная по этой же формуле (колонка 9), а также величины абсолютных погрешностей соответствующих величин. Сравнивая полученные результаты, приходим к выводу, что для исследованного материала экспериментальные и теоретические значения измеренных параметров в пределах ошибки измерения совпадают. Это свидетельствует о правомочности использования формул (1), (2) и (3).

Учитывая механические свойства медной проволоки и технологические условия заливки под давлением, в первом приближении считаем, что величина изгиба основных нитей в готовом композите примерно равна толщине материала. Измерения этой величины штангенциркулем дали значение $0,20 \pm 0,05$ мм, которое также находится в удовлетворительном соответствии с теоретическим значением величины $(\delta_{0K})_T$, рассчитанным по формуле (1).

ВЫВОДЫ

1. В идентичных экспериментальных условиях проведено сравнительное исследование компьютерных микроизображений и дифракционных картин от образцов специального композитного материала с анизотропной теплопроводностью на стадии тканой матрицы, до ее заполнения под давлением светопроницающим полимером, и после, для готового композита.

2. Показано, что разработанный ранее дифракционный метод неразрушающего контроля величины плотности ткани по уточной и основной нитям, а также величины изгиба нити можно успешно использовать при количественном анализе исследуемого материала на стадии получения тканой матрицы до ее заливки светопроницающим полимером или на стадии конечного продукта при анализе количества случайных неоднородностей (пузырьков воздуха), остающихся в материале после заливки.

3. Доказано, что по предложенной ранее формуле можно рассчитать величину изгиба нити для готового композита, если необходимое среднее значение угла φ найдено из компьютерного микроизображения исследуемого участка композита, а не из его компьютерной дифракционной картины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973. С. 352.

2. Сухарев М.И. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, № 5. С. 12...16.

3. Раздвильчук Л.И., Дружинин Н.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990, № 2. С. 9...12.

4. Шляхтенко П.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 4. С. 45...49.

5. Грановский Т.С., Мшвениерадзе А.П. Строе-ние и анализ тканей. – М.: Легпромбытиздат, 1988. С. 95.

6. Шляхтенко П.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 1. С. 6...10.

Рекомендована кафедрой физики. Поступила 22.11.00.

УДК 677.21:677.072

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КАЧЕСТВА СОРТИРОВКИ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА С СОРТОМ ПРЯЖИ

С.В. ЛУНЬКОВА, Н.В. БУТОРИНА, К.В. ЕГОРОВ, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия,
ЗАО «Чайковский текстильный дом»)

При проектировании качества пряжи, как правило, используют самую короткую схему: «свойства (качество) волокна → свойства (качество) пряжи» [1]. Наряду с позитивной направленностью данная схема имеет и негативные стороны, поскольку обладает большой методической погрешностью (например, для учета технологических параметров прядильного производства вводятся специальные поправки).

Наиболее приемлемым вариантом является проектирование качества пряжи по схеме «свойства (качество) волокна → свойства (качество) сортировки → свойства (качество) пряжи», которой присущи меньшая методическая погрешность и большая информативность. Для проектирования качества пряжи по предлагаемой схеме необходимо разработать методику оценивания качества сортировки хлопкового волокна и установить взаимосвязь между качеством сортировки хлопкового волокна и качеством (сортом) пряжи.

С этой целью осуществляли построение комплексного показателя качества сортировки хлопкового волокна. Решение проблемы состояло из двух операций: определения комплексных показателей качества

хлопкового волокна и его сортировки с учетом доли вложения каждого компонента. Методика построения комплексного показателя качества хлопкового волокна предложена в [2].

Для построения комплексного показателя качества сортировки Q_c использовали выражение

$$Q_c = \sum_{u=1}^f [(Q_B)_{ij}]_{\lambda_u} \lambda_u, \quad (1)$$

где $[(Q_B)_{ij}]$ – комплексный показатель качества хлопкового волокна i -го типа и j -го сорта; f – число компонентов сортировки; λ_u – доля содержания u -го вида волокна в сортировке.

Расчет качества рабочих сортировок хлопкового волокна, предназначенных для выработки хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 18,5 текс, проводили по данным ОАО «Фатекс» (г. Иваново). Полученные результаты приведены в табл. 1.

Номер сортировки	Состав сортировки	Содержание волокна в сортировке, %	Q_B	Q_C
1	5-II	58,3	0,82	0,83
	5-I	29,2	0,87	
	5-III	12,5	0,77	
	5-II	32,3	0,82	
2	5-III	28,2	0,77	0,80
	5-I	20,2	0,87	
	вискозное волокно обраты	11,2 8,1	1,00 0,70	
	5-I	37,3	0,87	
3	5-II	21,2	0,82	0,85
	5-III	15,9	0,77	
	вискозное волокно обраты	14,9 10,7	1,00 0,70	
	5-I	40	0,87	
4	5-II	35	0,82	0,89
	5-III	25	0,77	
	5-III	59	0,77	
5	5-II	30	0,82	0,78
	5-I	11	0,87	

В соответствии с техническими условиями [3] качество пряжи определяется по сорту. Однако число уровней градаций качества пряжи всего четыре: I, II, III сорт и несортная. Это снижает достоверность определения взаимосвязи качества сортировки и пряжи, поэтому следует перейти от дискретной оценки качества пряжи к непрерывной.

Для построения комплексного показателя качества пряжи пользовались методикой [4], согласно которой комплексный показатель качества пряжи Q_n вычисляется с помощью выражения

$$Q_n = (k-1) + \sum_{i=1}^n q_i \alpha_i, \quad (2)$$

где k – сорт пряжи по дискретной оценке качества пряжи; q_i – i -й дифференциальный показатель качества; α_i – коэффициент весомости i -го дифференциального показателя качества.

Коэффициенты весомости показателей качества пряжи выбирали с учетом того, что пряжа используется для выработки ткани бельевой группы.

Теоретические расчеты показали, что Q_n изменяется в интервале 1...4. Для ограничения его действия в диапазоне 0...1 применяли функцию желательности Y_n [5]. Итоговые результаты расчетов представлены в табл. 2.

Номер сортировки	Сорт пряжи	Q_n	Y_n	Q_n^*
1	II	1,93	3,11	0,73
2	III	3,18	1,23	0,44
3	II	1,48	3,78	0,77
4	II	1,29	4,06	0,78
5	III	2,32	2,82	0,65

По полученным итоговым данным табл. 1 и 2 в координатной плоскости $\{Q_c,$

$Q_n^*\}$ определено уравнение функциональной связи в виде

$$Q_n^* = -0,32 + 1,2Q_c \quad (3)$$

и статистической связи с использованием коэффициента корреляции, который составил 0,47.

Анализ результатов, приведенных по рабочим сортировкам, используемым на ОАО «Фатекс»; показывает, что статистическая связь между качеством сортировки хлопкового волокна и вырабатываемой из нее пряжи достаточно слабая. Это позволяет выявить новые направления в проектировании качества пряжи, суть которых состоит в изменении дискретной оценки качества пряжи с градацией на сорта, в выявлении дополнительных наиболее информативных единичных показателей качества пряжи, в разработке методики оценки качества пряжи с использованием квалиметрических подходов. Кроме перечисленного необходимо разработать методику оценки качества технологических процессов от этапа формирования сортировки до этапа получения пряжи с целью определения уровня влияния технологических процессов на качество пряжи.

ВЫВОДЫ

Разработана методика определения функциональной и статистической взаимосвязи между качеством сортировки хлопкового волокна и вырабатываемой из нее пряжи, а также выявлены направления в совершенствовании методики оценки качества хлопчатобумажной пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты) / И.Г. Борзунов, К.И. Бадалов, В.Г. Гончаров и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Лунькова С.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000. № 5.
3. ОСТ 17-362 – 85. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная суровая кардная одиночная с пневмомеханических прядильных машин для ткацкого производства. Технические условия.
4. Бахмутова Е.Н. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. № 4. С. 10...13.
5. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения ИГТА. Поступила 24.01.01.

УДК 677.21.021

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
РАБОЧЕГО ОРГАНА С ПРЯДКОЙ ВОЛОКНА
В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ**

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.В. ШИРЯЕВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Рассмотрим движение сорной частицы, находящейся в волокне, под ударами рабочего органа очистительной машины (зубьев, ножей отбойного органа, бил и др.).

ны отбойного органа; ω_1 – угловая частота вращения отбойного органа; ρ_1 – радиус отбойных лопастей.

При составлении модели приняты следующие допущения:

- так как скорость подачи волокна питающим валиком мала по сравнению со скоростью вращения отбойных ножей, то изменением длины пряжки пренебрегаем;
- коэффициенты жесткости и демпфирования считаем постоянными;
- удар отбойного ножа по сорной частице будем считать неупругим;
- силой трения пряжки волокна о питающий столик пренебрегаем.

Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний изображенной на схеме динамической системы будет иметь вид:

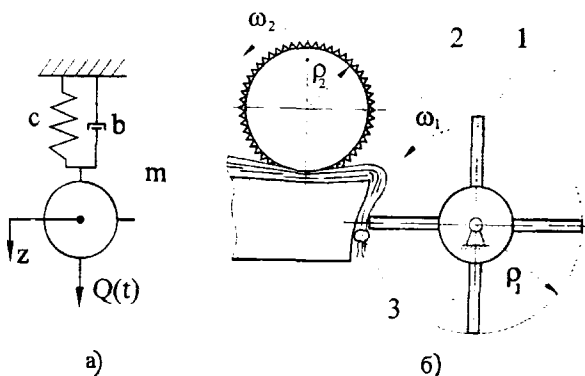


Рис. 1

На рис 1-а показан случай взаимодействия вращающегося отбойного органа 1 с бородкой волокна 2, включающей сорную примесь 3. Это вариант очистителя волокна с зажимным устройством, например, с питающим столиком.

На рис. 1-б представлена динамическая модель (система) рассматриваемого процесса, где c – коэффициент жесткости пряжки волокна; b – коэффициент демпфирования; m – масса сорной частицы; z – координата движения центра масс; $Q(t)$ – периодическая сила, действующая со сторо-

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + k^2z = \frac{1}{m}Q(t), \quad (1)$$

где n – коэффициент затухания; $2n=b/m$; k – круговая частота собственных колебаний системы; $k^2=c/m$; $Q(t_1)$ – возмущающая сила, действующая с момента времени t_1 .

Решение дифференциального уравнения (1) при малом сопротивлении $n < k$ при начальных условиях $z_0=0$; $\dot{z}_0 = 0$ [1]:

$$z = \frac{1}{mk_1} \int_0^t Q(t_1) e^{-n(t-t_1)} \sin k_1(t-t_1) dt_1, \quad (2)$$

где $k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$ – частота затухающих колебаний.

$$z = \frac{Q}{c} \left\{ e^{-n(t-\tau)} \left[\frac{n}{k_1} \sin k_1(t-\tau) + \cos k_1(t-\tau) \right] - e^{-nt} \left(\frac{n}{k_1} \sin k_1 t + \cos k_1 t \right) \right\} \text{ при } t \geq \tau. \quad (3)$$

Пренебрегая сопротивлением, получаем

$$z = \frac{Q}{c} \{ \cos k(t-\tau) - \cos kt \} = \frac{2Q}{c} \sin \frac{k\tau}{2} \sin k \left(t - \frac{\tau}{2} \right), \quad (4)$$

$$z_{\max} = \frac{2Q}{c} \sin \frac{k\tau}{2} \quad (5)$$

при $t_m = \frac{\tau}{2} + \frac{\pi}{2k}$.

Отбойные ножи воздействуют на волокно в течение малого промежутка времени τ , поэтому их действия можно считать импульсами мгновенных сил:

$$S = \lim_{\tau \rightarrow 0} (Q\tau). \quad (6)$$

Для того, чтобы перейти к колебаниям от импульса мгновенной силы S по формуле (6), выражение (3) следует умножить и разделить на τ и, раскрывая неопределенность вида $0/0$ по правилу Лопиталья, записать

$$z = \frac{S}{mk_1} e^{-nt} \sin k_1 t. \quad (7)$$

Максимальное значение z будет при $t = \frac{T}{4}$, когда $\sin k_1 t = 1$:

Если считать, что сила Q постоянная и приложена к системе в момент времени $t_1=0$ внезапно, и действует в течение промежутка времени τ , то уравнение вынужденных колебаний прядки при $t \geq \tau$ [1]:

$$z_{\max} = \frac{S}{mk_1} e^{-\frac{nT}{4}} = \frac{S}{mk} e^{-\frac{\pi n}{2k}}, \quad (8)$$

где T – период колебаний системы без затухания, при малых значениях n можно считать $k_1 \approx k$.

$$t \approx \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2k}. \quad (9)$$

При $n=0$

$$z = \frac{S}{mk} \sin kt = \frac{Sk}{c} \sin kt, \quad (10)$$

$$z_{\max} = \frac{Sk}{c}. \quad (11)$$

В случае, когда колебания вызываются несколькими ударами, если импульсы возникают через промежуток времени t_j ($j=1, 2, \dots, \rho$) ($t_1=0$), где ρ – число импульсов, уравнение принимает вид при $t > t_j$ [1]:

$$z = \frac{1}{mk_1} \sum_{j=1}^{\rho} S_j e^{-n(t-t_j)} \sin k_1(t-t_j). \quad (12)$$

Для случая $n=0$:

$$z = \frac{1}{mk} \sum_1^p S_j \sin k(t-t_j) = \frac{1}{mk} [S_0 \sin kt + S_1 \sin k(t-T_1) + S_2 \sin k(t-2T_1) + \dots + S_p \sin k(t-pT_1)] \quad (13)$$

где T_1 – период воздействия отбойных ножей.

При неупругом ударе импульс можно определить из известного выражения:

$$S_j = \frac{m_{np}m(V - V_j)}{m_{np} + m} \quad (j = 0, 1, 2, \dots, p), \quad (14)$$

где m_{np} – масса отбойного органа, приведенная к точке удара; V_j – скорость массы m в начале каждого удара; V – скорость отбойного органа, $V = \omega_1 \rho_1$ (согласно схеме рис. 1-а).

Продифференцировав (13), получим уравнение для определения скорости массы в начале каждого удара.

Ограничимся рассмотрением двух импульсов.

Определим импульсы мгновенных сил при первом и втором ударе.

Так, при первом ударе импульс мгновенных сил будет:

$$S_0 = \frac{m_{np}m(V - V_0)}{m_{np} + m} = \frac{m_{np}mV}{m_{np} + m}, \quad (15)$$

где V_0 – скорость массы перед первым ударом.

Из начальных условий перед первым ударом масса неподвижна, то есть $V_0 = 0$.

При втором ударе

$$S_1 = \frac{m_{np}m(V - V_1)}{m_{np} + m}, \quad (16)$$

где V_1 – скорость массы в начале второго удара определится из выражения:

$$V_1 = \dot{z} = \frac{S_0}{m} \cos kt, \quad (17)$$

$$V_{1\max} = \frac{S_0}{m}. \quad (18)$$

Подставляя в (16) выражения (18) и (15), получаем

$$S_1 = S_0 \frac{m}{m_{np} + m}. \quad (19)$$

Выражение (19) свидетельствует о том, что последующий импульс мгновенных сил значительно меньше первого, поэтому им можно пренебречь.

Тогда уравнение колебаний массы будет

$$z = \frac{S_0}{mk} \sin kt. \quad (20)$$

Скорость ее определится как

$$\dot{z} = \frac{S_0}{m} \cos kt. \quad (21)$$

Поскольку $m_{np} \gg m$, запишем, что

$$S_0 = mV. \quad (22)$$

Амплитуда колебаний сорной частицы составит

$$A = \frac{S_0}{mk} = \frac{V}{k} = \frac{\omega_1 \rho_1}{k} = \omega_1 \rho_1 \sqrt{\frac{m}{c}}, \quad (23)$$

а наибольшая скорость ее определится следующим образом:

$$\dot{z}_{\max} = \frac{S_0}{m} = V = \omega_1 \rho_1. \quad (24)$$

Из выражений (23) и (24) следует, что масса отбойного органа не влияет на амплитуду и скорость колебаний системы.

Из (23) можно заключить, что на амплитуду колебаний в значительной степени влияет скорость отбойного органа, жесткость прядки и масса сорной частицы. В любом случае максимальная скорость рав-

на скорости отбойного органа согласно (24).

Сорная частица отделяется от волокна при условии, когда упругая сила достигает значения, равного силе сцепления ее с волокном, то есть

$$P_y = A_s \geq P_c \quad (25)$$

или

$$P_y = \omega_1 \rho_1 \sqrt{m c} \geq P_c \quad (26)$$

Зная среднее значение силы сцепления сорных частиц с волокном, а также среднее значение m и c , можно выбрать рациональные значения скорости отбойного органа.

Сорная частица отделится от волокна также при условии, если ударная сила будет превосходить силу ее сцепления с волокном:

$$Q = \frac{mV}{\tau} \geq P_c, \quad (27)$$

где Q – ударная сила.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика теоретического исследования процесса взаимодействия рабочего органа с прядкой волокна в процессе очистки.

2. Установлено, что на характер движения прядки волокна с сорной частицей в первую очередь влияет скорость отбойного органа и не влияет его приведенная масса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. – М.: Высшая школа, 1975.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 29.03.01.

УДК 677.022.66:058-2

**КРУЧЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НЕПОДВИЖНЫМИ КРУТИЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ
В ФОРМЕ КОСОГО ГЕЛИКОИДА**

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

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

Ложная крутка, возникающая в продукте при его движении по поверхности неподвижного крутильного устройства, имеющего форму косого геликоида, связана с кручением кривых линий, с которыми совпадает ось волокнистого продукта. В [1] проведено математическое исследование рабочих поверхностей уплотнителей геликоидной формы, а также получены уравнения косого геликоида и его частных случаев – прямого и эвольвентного.

Настоящая работа посвящена изучению кривизны и геометрического кручения текстильного продукта, возникающих при его движении по криволинейной поверхности крутильного устройства.

Пусть поверхность S задана векторным уравнением [2]:

$$S: \bar{r}(u,v) = (x(u,v), y(u,v), z(u,v)). \quad (1)$$

Тогда $\bar{r} = \bar{r}(t)$ – кривизна поверхности $S: \bar{r} = \bar{r}(u, v)$, а

$$\bar{n} = \frac{\bar{r}_u \times \bar{r}_v}{|\bar{r}_u \times \bar{r}_v|} \quad (2)$$

– единичный вектор нормали к поверхности.

Геодезическая кривизна вычисляется по формуле

$$k_g = \frac{\bar{r}'_t, \bar{r}''_{tt}, \bar{n}}{|\bar{r}'_t|^3}. \quad (3)$$

(В [3, с.118] эта формула дана с ошибкой.)

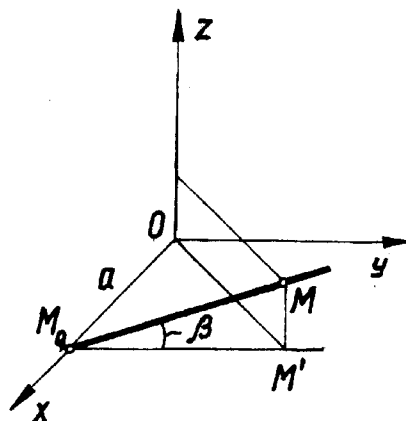


Рис. 1

Определим единичный вектор нормали к косому геликоиду (рис.1) [1, (6)]:

$$\bar{r} = \bar{r}(u,v) = (a \cos v - u \sin v, a \sin v + u \cos v, hv + utg\beta), \quad (4)$$

где a – расстояние от образующей геликоида (прямой M_0M) до начала координат; t – длина отрезка M_0M образующей геликоида ($t = |M_0M|$); β – угол между образующей геликоида и плоскостью Oxy ; h – приведенный шаг; v – угол поворота подвижной системы координат вокруг оси

Oz ; $u = t \cos \beta = |M_0M'|$ – расстояние от точки геликоида M до плоскости Oxz . Только для прямого геликоида $u = t$.

В результате геометрических вычислений и элементарных преобразований [4] получаем:

$$\bar{n} = \frac{((h - a \operatorname{tg} \beta) \cos v + u \operatorname{tg} \beta \sin v, (h - a \operatorname{tg} \beta) \sin v - u \operatorname{tg} \beta \cos v, u)}{\sqrt{u^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) + (h - a \operatorname{tg} \beta)^2}}. \quad (5)$$

Рассмотрим на геликоиде (4) винтовую линию $u = u_0 = t_0 \cos \beta = \text{const}$. В качестве параметра t будет выступать параметр v :

$$\bar{r}(v) = (a \cos v - u_0 \sin v, a \sin v + u_0 \cos v, hv + u_0 \operatorname{tg} \beta). \quad (6)$$

Выражение для геодезической кривизны винтовой линии на геликоиде можно записать в виде

$$k_g = \frac{1}{|\bar{r}'_v|^3} (\bar{r}'_v \times \bar{r}''_{vv}) \cdot \bar{n}. \quad (7)$$

Определив производные $\bar{r}'_v, \bar{r}''_{vv}, |\bar{r}'_v|^2, |\bar{r}'_v|^3$ [4], найдем векторное произведение:

$$\begin{aligned} \bar{r}'_v \times \bar{r}''_{vv} &= \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ -a \sin v - u_0 \cos v & a \cos v - u_0 \sin v & h \\ -a \cos v + u_0 \sin v & -a \sin v - u_0 \cos v & 0 \end{vmatrix} = \\ &= \bar{i}(ah \sin v + u_0 h \cos v) + \bar{j}(-ah \cos v + u_0 h \sin v) + \\ &+ \bar{k} \left[(-a \sin v - u_0 \cos v)^2 + (a \cos v - u_0 \sin v)^2 \right]; \\ \bar{r}'_v \times \bar{r}''_{vv} &= (ah \sin v + u_0 h \cos v, -ah \cos v + u_0 h \sin v, a^2 + u_0^2). \end{aligned} \quad (8)$$

В результате подстановки необходимых выражений в формулу (7) и после элементарных преобразований получим

формулу для вычисления геодезической кривизны винтовой линии на геликоиде (4):

$$k_g = \frac{u_0}{\sqrt{(a^2 + h^2 + u_0^2) [u_0^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) + (h - a \operatorname{tg} \beta)^2]}}. \quad (9)$$

В частности, для прямого геликоида ($\beta=0$):

но, что винтовые линии на геликоиде не являются геодезическими. Исключением является винтовая линия с параметром $u_0=0$, то есть линия пересечения геликоида с цилиндром радиуса a и осью симметрии Oz .

$$k_g = \frac{u_0}{\sqrt{(a^2 + h^2 + u_0^2) (h^2 + u_0^2)}}. \quad (10)$$

Кручение пространственной кривой $\bar{r} = \bar{r}(t)$ вычисляется по формуле

Кривая на поверхности называется геодезической, если ее геодезическая кривизна в каждой точке равна нулю. Из (9) вид-

$$\chi = \frac{(\bar{r}', \bar{r}'', \bar{r}''')}{(\bar{r}' \times \bar{r}'')^2}. \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \bar{r}''' = & (a \sin v + u_0 \cos v, \\ & -a \cos v + u_0 \sin v, 0). \end{aligned} \quad (12)$$

Найдем кручение винтовой линии (6), где в качестве параметра выступает v . Производные \bar{r}' и \bar{r}'' известны [4]. Вычислим третью производную:

Векторное произведение $\bar{r}' \times \bar{r}''$ уже известно (формула (8)). Далее

$$\begin{aligned} (\bar{r}' \times \bar{r}'')^2 &= (ah \sin v + u_0 h \cos v)^2 + (-ah \cos v + u_0 h \sin v)^2 + (a^2 + u_0^2)^2 = \\ &= a^2 h^2 + u_0^2 h^2 + a^4 + 2a^2 u_0^2 + u_0^4; \end{aligned}$$

$$(\bar{r}' \times \bar{r}''')^2 = (a^2 + u_0^2) h^2 + (a^2 + u_0^2)^2 = (a^2 + u_0^2) (h^2 + a^2 + u_0^2). \quad (13)$$

Найдем смешанное произведение:

$$\begin{aligned} (\bar{r}', \bar{r}'', \bar{r}''') &= (\bar{r}' \times \bar{r}'') \bar{r}''' = (ah \sin v + u_0 h \cos v) (a \sin v + u_0 \cos v) + \\ &+ (-ah \cos v + u_0 h \sin v) (-a \cos v + u_0 \sin v) = h (a^2 + u_0^2). \end{aligned} \quad (14)$$

Подставляя (14) и (13) в (11), получаем формулу для геометрического кручения винтовой линии (6), с которой совпадает ось волокнистого продукта:

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{h}{h^2 + a^2 + u_0^2} = \\ &= \frac{h}{h^2 + a^2 + (t_0 \cos \beta)^2}. \end{aligned} \quad (15)$$

Таким образом, имеем математическую зависимость, связывающую геометрические параметры крутильного устройства в форме косоугольного геликоида с величиной кручения, возникающего в текстильном продукте при движении по устройству.

Следовательно, ложная крутка продукта, вызванная его геометрическим кручением, определяется по формуле

$$K = \frac{\chi}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \frac{h}{h^2 + a^2 + (t_0 \cos \beta)^2}. \quad (16)$$

ВЫВОДЫ

1. Получена математическая модель процесса кручения текстильного материала при его движении через класс уплотнителей в форме косоугольного геликоида.

2. Результаты исследований рекомендуются для выбора оптимальных конструктивных параметров крутильных устройств геликоидной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистобородов Г.И. и др. // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – Иваново, ИГТА, 2000.

2. Чистобородов Г.И. и др. Математическое моделирование рабочих поверхностей крутильных органов. Деп. в ООО «Легпроминформ» 04.12.00, № 3968-ЛП.

3. Позняк Э.Г., Шикин Е.В. Дифференциальная геометрия: Первое знакомство. – М.: МГУ, 1990.

4. Чистобородов Г.И. и др. Кручение текстильных материалов неподвижными крутильными органами. Деп. в ООО «Легпроминформ» 04.12.00, № 3967-ЛП.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения ИГТА. Поступила 01.03.01.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНА В МАШИНЕ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОДНОРОДНЫХ ОТХОДОВ

В.М. ЗАРУБИН, А.А. ВИНОГРАДОВ, Д.А. УЛЬБЕВ, Т.В. ШМЕЛЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для возвращения в технологическую цепочку части волокна, находящегося в отходах прядильного производства, предложена машина для регенерации однородных отходов (МРО) [1]. Машина состоит из двух независимых частей, в которых и происходит обработка волокна (рис. 1). Каждая часть включает приемную, разрабатывающую и сепарирующую секции. Питание осуществляется двухпоточным бункером 1. Волокновыводные пневмоканалы машины объединены в единый пневмоканал. Волокно разрабатывается в нескольких зонах: приемный барабан 2 – пыльчатые валики 3, расчесывающий барабан 4 – пыльчатые валики 5, сепарирующий барабан 6 – колосниковая решетка 7.

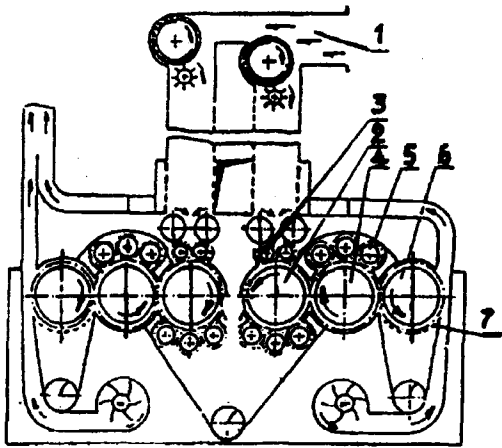


Рис. 1

В питающем канале бункера происходит рассортировка клочков волокон по массе. Более крупные и тяжелые движутся в нижней части воздуховода и попадают в

правую секцию машины; легкие клочки передвигаются в верхней части и поступают в левую секцию машины. Такое разделение волокна дает возможность применить более агрессивную разработку (повышенный скоростной режим рабочих органов) к клочкам, поступающим в правую секцию.

Конструкция машины такова, что расстояния от питания до выхода из машины неодинаковы для двух ее частей. В результате происходит смещение частей потока. Аналогично [2, 3] рассмотрим движение волокна в МРО как линейную динамическую систему.

На входе имеем два потока: $x(t)$ – линейная плотность потока в момент времени t на входе (то есть на приемной паре); V_1 – линейная скорость питающего валика 2 (рис.2); V_2 – линейная скорость приемного барабана 1.

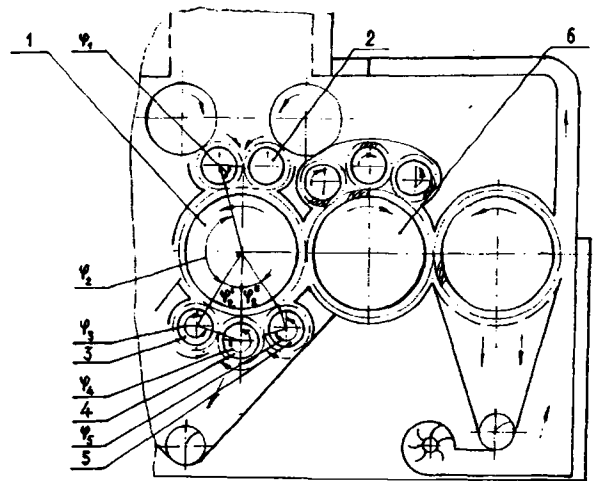


Рис. 2

Тогда линейная плотность потока в начале приемного барабана

$$x_2(t) = \frac{V_1}{V_2} x(t - \tau_1), \quad (1)$$

где $\tau_1 = \frac{\varphi_1 R_1}{V_1}$; φ_1 – центральный угол дуги приемного валика, занятой потоком, рад; R_1 – радиус питающего валика.

У первого рабочего валика 3 поток разделяется на две части: одна из них поступает на рабочий валик, вторая движется по приемному барабану:

$$x_3(t) = k_3 \frac{V_2}{V_3} x_2(t - \tau_2), \quad (2)$$

$$x'_3(t) = \bar{k}_3 x_2(t - \tau_2), \quad (3)$$

где $\bar{k}_3 = 1 - k_3$, k_3 – коэффициент съема;

$\tau_2 = \frac{\varphi_2 R_2}{V_2}$ – задержка на приемном барабане до первого рабочего валика 3; φ_2 – центральный угол дуги приемного барабана от питающего до первого рабочего валика, рад.

Линейная плотность части потока, пришедшего с первого рабочего 3 и чистительного 4 валиков:

$$x_4(t) = x_3(t - \tau_3 - \tau_4) \frac{V_3 V_4}{V_4 V_2}, \quad (4)$$

где $\tau_3 = \frac{\varphi_3 k_3}{V_3}$ – задержка на первом рабочем валике;

$\tau_4 = \frac{\varphi_4 k_4}{V_4}$ – задержка на чистительном валике.

В этом случае линейная плотность части потока, пришедшего по приемному барабану под чистительный валик

$$x'_4(t) = x'_3(t - \tau'_2), \quad (5)$$

где $\tau'_2 = \frac{\varphi'_2 R_2}{V_2}$ – задержка на этом пути;

φ'_2 – центральный угол дуги приемного барабана от первого рабочего до чистительного валика.

Линейная плотность потока на приемном барабане после чистительного валика выражается с помощью формулы

$$x_5(t) = x_4(t) + x'_4(t) + x_6(t), \quad (6)$$

где $x_6(t)$ – линейная плотность потока, пришедшего со второго рабочего 5 и чистительного 4 валиков.

Линейная плотность под приемным барабаном

$$x_7(t) = x_5(t - \tau''_2), \quad (7)$$

где $\tau''_2 = \frac{\varphi''_2 R_2}{V_2}$ – задержка на пути от чистительного валика до приемного барабана.

Поток x_7 под приемным барабаном разделяется на два потока:

$$x_8(t) = k_5 \frac{V_2}{V_5} x_7(t), \quad (8)$$

где k_5 – коэффициент съема в зоне приемный барабан – второй рабочий валик;

$$x'_7(t) = \bar{k}_5 x_7(t). \quad (9)$$

Тогда

$$x_6(t) = \frac{V_5}{V_4} x_8(t - \tau_5 - \tau'_4) \frac{V_4}{V_2}, \quad (10)$$

где $\tau_5 = \frac{\varphi_5 R_5}{V_5}$ – задержка на втором рабочем валике;

$\tau'_4 = \frac{\varphi'_4 R_4}{V_4}$ – задержка на чистительном валике; φ'_4 – центральный

угол дуги чистительного валика от второго рабочего до приемного барабана.

Пусть $X_i(p)$ – изображение по Лапласу оригинала $x_i(t)$. В результате в соответствии с формулами (1...5) имеем

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{V_1}{V_2} X e^{-\tau_1 p}, \\ X_2 &= k_3 \frac{V_2}{V_3} X_2 e^{-\tau_2 p}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} X'_3 &= \bar{k}_3 X_2 e^{-\tau_2 p}, \\ X_4 &= \frac{V_3}{V_2} X_3 e^{-(\tau_3 + \tau_4) p}, \\ X'_4 &= X'_3 e^{-\tau'_2 p}. \end{aligned} \quad (12)$$

Выражение (6) дает

$$X_5 = X_4 + X'_4 + X_6. \quad (13)$$

Формулы (7...10):

$$\begin{aligned} X_7 &= X_5 e^{-\tau''_2 p}, \\ X_8 &= k_5 \frac{V_2}{V_5} X_7, \\ X'_7 &= \bar{k}_5 X_7, \\ X_6 &= \frac{V_5}{V_4} \frac{V_4}{V_2} X_8 e^{-(\tau_5 + \tau'_4) p}. \end{aligned} \quad (15)$$

Уравнения (11...15) можно преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{V_1}{V_2} X e^{-\tau_1 p}, \\ X_2 &= k_3 \frac{V_1}{V_3} X e^{-(\tau_1 + \tau_2) p}, \\ X'_3 &= \bar{k}_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2) p}, \end{aligned} \quad (16)$$

$$X_4 = \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) p}, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} X'_4 &= \bar{k}_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2) p}, \\ X_5 &= k_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) p} + \\ &+ \bar{k}_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2) p} + X_6, \end{aligned} \quad (18)$$

$$X_7 = X_5 e^{-\tau''_2 p},$$

$$X_8 = k_5 \frac{V_2}{V_5} X_5 e^{-\tau''_2 p}, \quad (19)$$

$$X'_7 = \bar{k}_5 X_5 e^{-\tau''_2 p},$$

$$X_6 = k_5 X_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4) p}. \quad (20)$$

Формулы (18) и (20) дают равенство

$$\begin{aligned} X_5 &= \frac{V_1}{V_2} (k_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) p} + \\ &+ \bar{k}_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2) p}) X / \\ &/ (1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_3 + \tau'_4) p}). \end{aligned} \quad (21)$$

Выход с приемного барабана

$$y(t) = x'_7(t - \tau_2'''),$$

где $\tau_2''' = \frac{\varphi_2 R_2}{V_2}$; φ_2''' – центральный угол дуги приемного барабана от второго рабочего валика до перехода потока на расчесывающий (6). Его изображение

С учетом (19), (21) получим

$$Y(p) = X' \gamma e^{-\tau_2 p}$$

$$Y(p) = \frac{\bar{k}_5 \frac{V_1}{V_2} (k_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4)p} + \bar{k}_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2)p}) e^{-(\tau''_2 + \tau'''_2)p} X}{1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)p}} \quad (22)$$

Передаточная функция от входа на приемный барабан к выходу с него равна

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}, \text{ то есть}$$

$$W_1(p) = \frac{\bar{k}_5 \frac{V_1}{V_2} (e^{-(\tau''_2 + \tau'''_2)p} (k_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4)p} + \bar{k}_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2)p})}{1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)p}} \quad (23)$$

Поток $y(t)$ входит на расчесывающий барабан, где аналогично преобразуется в поток $Z(t)$, выходящий с барабана со скоростью $V_{\text{вых}}$ (скорость расчесывающего барабана считаем равной скорости при-

емного и все их геометрические параметры одинаковыми). Тогда передаточная функция, соответствующая прохождению по расчесывающему барабану:

$$W_2(p) = \frac{\bar{k}_5 \frac{V_2}{V_{\text{вых}}} (k_3 e^{-(\tau_2 + \tau_3 + \tau_4)p} + \bar{k}_3 e^{-(\tau_2 + \tau'_2)p}) e^{-(\tau''_2 + \tau'''_2)p}}{1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)p}} \quad (24)$$

Пусть U – доля выпавших угаров по всему пути. В этом случае передаточная функция от входа к выходу

$$W(p) = (1 - U) W_1(p) W_2(p). \quad (25)$$

Аналогичная передаточная функция $\tilde{W}(p)$ для второго входного потока $\tilde{W}(p) = W(p)$. Пусть τ – транспортное запаздывание одного потока относительно

другого и тогда общая передаточная функция от входа ($2X$) к выходу

$$W^0(p) = W(p)(1 + e^{-\tau p})/2. \quad (26)$$

Амплитудно-частотная характеристика для (23)

$$АЧХ_1(\omega) = |W_1(i\omega)| = \bar{k}_5 \frac{V_1}{V_2} \frac{\sqrt{(k_3 \cos(\tau_3 + \tau_4)\omega + \bar{k}_3 \cos \tau'_2 \omega)^2 + (k_3 \sin(\tau_3 + \tau_4)\omega + \bar{k}_3 \sin \tau'_2 \omega)^2}}{\sqrt{(1 - k_5 \cos(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)\omega)^2 + (k_5 \sin(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)\omega)^2}}$$

$$AЧX_1(\omega) = \bar{k}_5 \frac{V_1 \sqrt{k_3^2 + \bar{k}_3^2 + 2k_3\bar{k}_3 \cos(\tau_3 + \tau_4 - \tau_2)\omega}}{V_2 \sqrt{1 + k_5^2 - 2k_5 \cos(\tau_2 + \tau_5 + \tau_4)\omega}}$$

АЧХ для (25)

$$AЧХ(\omega) = |1 - U|(\bar{k}_5)^2 \frac{V_1}{V_{\text{ВЫХ}}}$$

$$\frac{k_3^2 + \bar{k}_3^2 + 2k_3\bar{k}_3 \cos(\tau_3 + \tau_4 - \tau_2)\omega}{1 + k_5^2 - 2k_5 \cos(\tau_2 + \tau_5 + \tau_4)\omega} \quad (27)$$

АЧХ для (26)

$$AЧХ^0(\omega) = (\sqrt{(1 + \cos \tau \omega)^2 + \sin^2 \tau \omega} /$$

/2) АЧХ(ω)

или

$$AЧХ^0(\omega) = AЧХ(\omega) \left| \cos\left(\frac{\tau}{2}\omega\right) \right| \quad (28)$$

ВЫВОДЫ

1. В результате представления движения волокна как линейной динамической

УДК 677.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ КЛОЧКОВ ШЕРСТИ

Н.В. НИФТУЛИНА, А.Ф. КАПИТАНОВ

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

Несмотря на то, что изменение характеристик волокнистых клочков в результате процесса рыхления ранее исследовалось [1], изменения геометрической формы и размеров клочков изучены недостаточно.

В эксперименте использовали шерсть 60-64 качества 1 длины сорно-репейную пожелтевшую, образцы которой отбирали из раскрытой кипы (вариант 1) и из меха-

системы получены передаточные функции (25), (26) от входов к выходу для МРО.

2. Определены амплитудно-частотные характеристики (27), (28) для обеих частей машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2146731. Машина для регенерации однородных отходов /Зарубин В.М., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Дрягина Л.В., Ульев Д.А., Кельман И.Б., Тунгалаг Дархижавын, Латышев А.А. – Опубликовано. 2000. Бюл. № 8.

2. Гисматуллин Р.М. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 4. С. 110...113.

3. Белоголовцев С.Д. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 6. С. 27...31.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 02.02.01.

низированного лабаза ЛРМ-40-Ш после обработки на трепальной машине периодического действия ТП-90-Ш и щипально-замасливающей машине ЩЗ-140-ШЗ (вариант 2).

Метод исследования клочков шерсти состоял в следующем. Клочки шерсти поштучно помещали между двумя прозрачными пластинами, направляли поток света

через пластины и получали на листе миллиметровой бумаги проекцию клочка в сжатом состоянии. Далее границы проекции фиксировали и затем вырезали проекции из листа, с целью использования их для определения геометрических характеристик клочков шерсти. Типичные проекции клочков шерсти представлены на рис.1, где а) – до и б) – после обработки на трепальной и шипальной машине.

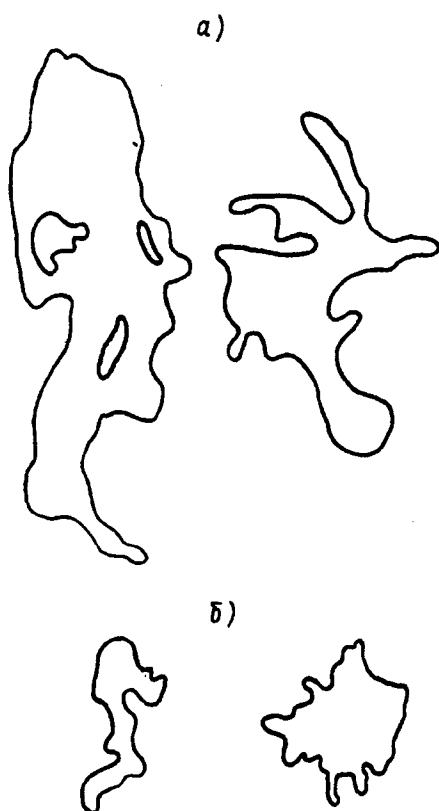


Рис. 1

Визуальная оценка проекций клочков шерсти в сжатом состоянии показывает:

- проекции клочков бесформенны;
- клочки имеют ответвления (рис.1), протяженность которых до обработки на машинах больше, чем после обработки;
- размеры клочков после обработки существенно меньше размеров до обработки.

В проекциях клочков шерсти известным методом определяли центр тяжести плоской геометрической фигуры, из которого проводили 12 лучей, смещенных относительно друг друга на 30° , а также измеряли условный радиус – расстояние от центра проекции до ее границы по каждому из лучей R_i (с точностью ± 1 мм). Эти данные использовались для расчета среднего значения радиуса проекции клочка \bar{R}_j , среднего квадратического отклонения σ_j по условному радиусу R_i , коэффициента вариации C_j по условному радиусу R_i . Кроме того, рассчитывали площадь проекции клочка S_j и определяли массу m_j клочка шерсти на весах с точностью $\pm 0,05$ мг. Число клочков j , обследованных этим способом в каждом из вариантов, превышало 100, что обеспечивало относительную статистическую ошибку выборки параметров в самом неблагоприятном случае не более 4,7 % при доверительной вероятности 0,95.

Таблица 1

Вариант	Минимальное значение	Максимальное значение	Размахи варьирования	Модальное значение	Средние значения	
$\bar{R}_j, \text{мм}$	1	27	72	45	38	44
	2	13	47	34	25	26
$\sigma_j, \text{мм}$	1	5	34	29	10	14
	2	3	25	22	8	9
$C_j, \text{мм}$	1	12,2	69,4	57,2	20,8	31,5
	2	11,4	94,9	83,5	40,6	36,1
$m_j, \text{мм}$	1	250,0	3420,0	3170,0	726,0	1010,80
	2	10,00	650,00	640,00	106,50	168,53
$S_j, \text{мм}$	1	2537	15970	13433	4552	5775
	2	597	6418	5821	2052	2500

В табл.1 приведены результаты определения и расчетов статистических характеристик клочков шерсти, показывающие, что в результате обработки клочков волокон их характеристики изменяются, причем эти изменения согласуются с целью и сущностью процессов рыхления. Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении после обработки среднего условного радиуса, среднего квадратического

го отклонения по условному радиусу. Из табл.1 также следует, что коэффициент вариации по R_i после обработки больше, чем до обработки, что свидетельствует о несовершенстве процессов трепания и рыхления.

Для определения статистических взаимосвязей между изученными характеристиками рассчитаны коэффициенты парной корреляции (табл.2).

Таблица 2

Вариант	$\bar{R}_j - m_j^*$	$\bar{R}_j - \sigma_j^*$	$\bar{R}_j - C_j$	$R_j - S_j^*$	$\sigma_j - m_j^*$
1	0,743	0,354	-0,157	0,898	0,170
2	0,775	0,500	-0,070	0,915	0,435
Вариант	$\sigma_j - C_j^*$	$\sigma_j - S_j^*$	$C_j - m_j$	$C_j - S_j$	$S_j - m_j^*$
1	0,848	0,358	-0,177	-0,077	0,796
2	0,792	0,572	0,002	0,058	0,839

Расчет статистической ошибки коэффициента парной корреляции [2] позволил выделить значимые взаимосвязи (в табл.2 отмечены знаком *). Не обнаружены статистические различия в уровне тесноты связей между соответствующими парами характеристик до и после обработки: средний условный радиус – масса клочка, средний условный радиус – площадь проекции клочка, среднее квадратическое отклонение по условному радиусу – коэффициент вариации по условному радиусу, площадь проекции клочка – масса клочка. Обработка влияет на тесноту связей следующих характеристик: средний условный радиус – среднее квадратическое отклонение по условному радиусу, среднее квадратическое отклонение по условному ра-

диусу – масса клочка, среднее квадратическое отклонение по условному радиусу – площадь проекции клочка. Установлено, что корреляционные связи между характеристиками клочков после обработки более сильные. Не наблюдается связи между следующими характеристиками: средний условный радиус – коэффициент вариации по условному радиусу, коэффициент вариации по условному радиусу – масса клочка, коэффициент вариации по условному радиусу – площадь проекции клочка.

В табл.3 представлены регрессионные зависимости между парами характеристик клочков шерсти с сильными статистическими связями. Эти зависимости описываются линейными и экспоненциальными функциями.

Таблица 3

Вариант	$m_j - \bar{R}_j$	$S_j - \bar{R}_j$
1	$m_j = 391,13e^{0,2082R_j}$	$S_j = 2652,4e^{0,1697R_j}$
2	$m_j = 41,366e^{0,2656R_j}$	$S_j = 874,98e^{0,2081R_j}$
Вариант	$\sigma_j - C_j$	$S_j - m_j$
1	$\sigma_j = 5,5468C_j + 14,135$	$S_j = 3259,4e^{0,1832m_j}$
2	$\sigma_j = 5,3375C_j + 17,04$	$S_j = 510,42m_j + 976,22$

Существенно, что для обоих вариантов обнаружены взаимные связи трех характеристик: массы клочков, условного радиуса и площади проекции клочка. Взаимосвязь $\sigma_j - C_j$ обусловлена детерминированной зависимостью между этими характеристиками и позволяет утверждать, что рост коэффициента вариации по величине R_j сопровождается более высоким темпом изменения среднего квадратического отклонения по этой характеристике.

ВЫВОДЫ

1. Разработан метод, позволяющий оценить характеристики клочков волокон и их изменения в процессе рыхления.

2. Получены зависимости, которые отражают влияние механической обработки на результаты процессов рыхления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлопчатобумажная промышленность // ОИ. / Куликова З.И., Куликова Л.Ф. –М.: ЦНИИТЭИлегпром. Вып. 6, 1990. С.3...5.
2. Ракицкий Н.Ф. Биологическая статистика. – Минск, 1967. С.327.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.
Поступила 03.10.00.

УДК 677.051.16/052:658.527

ПОДГОТОВКА ВОЛОКНОСМЕСИ К ПРЯДЕНИЮ

Н.Л. УШАКОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

С целью улучшения качества подготовки волокносмеси к прядению необходимо выявить минимальный характерный диаметр $d_{сор_i}$ i -й соринки, имеющей массу $M_{сор_i}$, объем $V_{сор_i}$, плотность $\rho_{сор}=0,8$ г/см³ [1] и выделяемой из смеси клочков волокна с массой $M_{кл}$, объемом $V_{кл}$ и плотностью $\rho_{кл}$.

Будем считать, что $M_{сор_i} = M_{кл} = 0,025$ г [2]. Тогда $\rho_{сор} = \rho_{кл}$ и, полагая $V_{кл} \leq V_{сор_i}$, имеем

$$d_{сор_i} \geq \sqrt[3]{6M_{кл} / \pi \rho_{кл}} \geq 3,9[\text{мм}]. \quad (1)$$

С учетом [3] следует, что при $M_{кл}=0,025$ г из волокносмеси возможно выделение частиц сора с размерами от 5 до 3,9 мм.

Очевидно, что при выделении сора удаляются и непосредственно связанные с ним волокна. Выявим возможность выпадения

в отходы наименьшего количества прядогого волокна. При взаимодействии клочка с рабочими органами кипоразборщика, разрыхлительной и очистительной машинами $\rho_{кл}$ уменьшается. Например, после машины АПК-3 $\rho_{кл}=0,1$ г/см³. Тогда при $M_{кл}=0,025$ г и поступающей на вход очистительной машины по (1) имеем $d_{сор_i} \geq 7,8$ мм. На основании этого с учетом максимального размера соринки считаем, что отделение последней от клочка возможно при расположении примеси у его поверхности и выполнении условия

$$V_{сор_i} < 0,5 V_{кл}. \quad (2)$$

В случае расположения соринки внутри клочка и

$$V_{сор_i} \geq 0,5 V_{кл} \quad (3)$$

считаем, что в отходы выпадает весь клочок перерабатываемого волокна.

Когда соринка отделяется от клочка, также принимаем, что последний делится приблизительно на одинаковые по объему части. Тогда при перемещении клочка внутри машины и увеличении посредством аэродинамического воздействия на клочок его объема в отходы вместе с соринкой будет выпадать большее количество прядомого волокна. Вследствие этого деление клочка лучше осуществлять сразу же при поступлении его в машину, для чего клочок необходимо направить в первую очередь в зону колосниковой решетки. Поскольку в перерабатываемых клочках присутствует примесь с различным характерным размером и в машинах типа ЧО, AFC, UNIClean B1 волокнистый материал перемещается по спиралевидной траектории, для увеличения эффективности очистки колосниковую решетку лучше выполнить эксцентричной относительно диаметра и длины колкового барабана.

При разработке структуры поточной линии следует также учитывать особенности машин разрыхлительно-очистительных агрегатов для хлопка, выпускаемых в последние годы зарубежными фирмами, анализ которых показывает, что оборудование совершенствуется в следующих направлениях: устраняются игольчатые решетки; в зонах очистки волокнистого материала не используются воздушные потоки, направленные навстречу выпадающим сорным примесям; сокращается число треплющих органов; уменьшается размер клочков, отделяемых от кип кипоразрыхлителями; улучшается эффективность устройств для удаления пыли; сокращается длина очистительных линий; повышается уровень согласованности в работе машин одной линии; в процесс очистки волокна включаются чесальные машины; в состав очистительной линии должны входить машины, обеспечивающие удаление из волокон разных по размеру и происхождению сорных примесей, особенно мелких.

С целью улучшения качества смешивания определим рациональное количество смешивающих машин в поточной линии.

В [2] показано, что фирмой Trutzschler проанализировано влияние на качество смешивания трех факторов: числа одновременно разрыхляемых кип хлопка; числа разрыхляющих фрез в отбирающем устройстве кипоразрыхлителя Blendomat BDT 019; типа и способа включения в поточную линию смесовых машин.

Число одновременно разрыхляемых кип изменялось от 1 до 5 путем установки под отбирающим устройством кипного рыхлителя Blendomat BDT 019 всей ставки кип соответственно в 1, 2, 3, 4 и 5 рядов; общее число кип в ставке во всех случаях составляло 35. Для смешивания волокон использовались многокамерные смесовые машины: либо одна восьмикамерная машина, либо две четырехкамерные, устанавливаемые в агрегате последовательно. Качество смешивания оценивалось числом кип, представленных в контрольном слое смеси, отбираемом после смесовых машин.

Результаты исследования показывают, что качество смешивания значительно повышается с увеличением числа одновременно разрыхляемых кип хлопка с одной до трех; дальнейшее увеличение числа одновременно разрыхляемых кип нецелесообразно, так как это резко увеличивает ширину ставки. Применение кипного рыхлителя с двумя разрыхляющими фрезами во всех случаях оказывается более эффективным, чем использование машин с одной рыхлительной фрезой.

Особенно резкое повышение качества смешивания (в 1,5...2 раза) наблюдается при замене одной восьмикамерной смесовой машины двумя последовательно установленными четырехкамерными. Только в этом случае можно получить в исследуемом слое клочки волокна от всех кип ставки.

Таким образом, из вышесказанного следует: при разработке новой конструкции кипного рыхлителя необходимо увеличить число одновременно разрыхляемых кип хлопка при сохранении или уменьшении ширины ставки; наличие двух разрыхляющих фрез у кипного рыхлителя увеличивает рабочую зону последнего – этим и объясняется его эффективность.

Допустим, что переработке подвергается ставка из N кип; одновременно в рабочей зоне кипоразрыхлителя находится n_p кип; смесовая машина имеет $M_{см1}$ число камер; в поточную линию включено $k_{см}$ последовательно установленных смесовых машин. В этом случае для получения на выходе из последней смесовой машины (по ходу технологического процесса линии) слоя, в котором находятся клочки волокон от всех кип ставки, необходимо выполнить условие

$$N \leq n_p \prod_{i=1}^{k_{см}} M_{смi}, \quad (4)$$

где i – порядковый номер машины в линии.

При одинаковом числе камер во всех смешивающих машинах, равном $M_{см}$, должно соблюдаться условие

$$k_{см} \geq \log_{M_{см}} (N/n_p). \quad (5)$$

Таблица 1

N	$k_{см}$	$n_p=2$		$n_p=3$		$n_p=4$	
		$M_{см1}$	$M_{см2}$	$M_{см1}$	$M_{см2}$	$M_{см1}$	$M_{см2}$
35	2	4	5	3	4	3	3
36	2	3	6	3	4	3	3
48	2	4	6	4	4	3	4
64	2	4	8	4	6	4	4
72	2	4	9	4	6	3	6

В табл. 1 приведен расчет числа смешивающих машин типа МРМ для зависимости $k_{см}(N, n_p)$, из анализа которого следует, что с увеличением числа кип в ставке также увеличивается количество камер либо в одной, либо в обеих машинах; с увеличением числа одновременно разрабатываемых кип количество камер в машинах уменьшается. При $n_p=4$ для переработки ставки из 35 или 36 кип в поточную линию можно включать одну десятикамерную машину МРМ; при $n_p=4$ и $N=48$ кип – одну двенадцатикамерную машину МРМ.

С учетом изложенного в целях сокращения технологической цепочки хлопкопрядильного производства предлагается: одновременно разрабатывать четыре кипы, размещенные в два ряда наибольшей стороной, на которую они укладываются, вдоль фронта перемещения кипоразрыхлителя; в поточную линию включать не более двух последовательно соединенных многокамерных смесовых машин типа МРМ, поскольку они являются лучшим

вариантом; разрабатывать кипоразрыхлителем ставку из 36 кип, при этом с учетом нахождения в рабочей зоне рыхлительной головки четырех кип в поточной линии устанавливать одну смешивающую машину, имеющую девять камер; конструкцию многокамерной смесовой машины выполнить с учетом возможного присоединения (по требованию заказчика) к эксплуатируемой машине дополнительного необходимого количества камер, а также установки нового вентилятора и его электродвигателя с большей мощностью (взамен прежних); освоить выпуск отдельных камер для многокамерной смесовой машины; при разработке новой конструкции кипоразрыхлителя стремиться к выполнению условия $n_p \rightarrow N$; при этом возможно или уменьшение числа смесовых машин до одной, или исключение их из структуры поточной линии.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при массе отбираемого кипоразборщиком клочка, соот-

ветствующей 0,025г, из последнего возможно выделение частиц сора с размерами от 5 до 3,9 мм.

2. С целью уменьшения в отходах количества прядогого волокна деление клочка лучше производить сразу при поступлении его в разрыхлительную или очистительную машину, для чего поступивший клочок необходимо направить в зону колосниковой решетки. Чтобы увеличить эффективность очистки, колосниковую решетку в машинах типа AFC рекомендуется выполнять эксцентричной относительно диаметра и длины колкового барабана.

3. Разработку структуры поточной линии следует выполнять с учетом анализа машин разрыхлительно-очистительных агрегатов для хлопка, а в новой конструкции кипного рыхлителя с поступательным верхним отбором волокна следует увеличить число одновременно разрыхляемых кип хлопка при сохранении или уменьшении ширины ставки.

4. Определена зависимость между числом кип в ставке, количеством одно-

временно разрабатываемых кип, числом камер смесовой машины и количеством последних в линии. При этом в слое на выходе из последней смесовой машины находятся клочки волокон от всех кип ставки.

5. Предложены рекомендации по сокращению технологической цепочки хлопкопрядильного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бытько Н.Д.* Физика. Ч. 1 и 2. – М.: Высшая школа, 1967.

2. Направления совершенствования технологии и оборудования для разрыхления кип, дозирования и смешивания хлопкового волокна // ОИ. Хлопчатобумажная промышленность. – М., ЦНИИТЭИ-легпром, 1991, № 6.

3. *Плеханов А.Ф.* Безотходная технология в пневмопрядении. – М.: Легпромбытиздат, 1994.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 20.04.00.

УДК 677.024.001.18

**АНАЛИЗ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕБЕЛЬНО-ДЕКОРАТИВНОЙ ТКАНИ
НА ОСНОВЕ БИНАРНОЙ
ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ**

С.Д.НИКОЛАЕВ, Ж.В. МЕЛЬЯЧЕНКО

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

В настоящей статье решалась задача установления влияния технологических параметров, физико-механических свойств и параметров строения ткани на прочность закрепления ворса и взаимодействие всех этих факторов между собой.

В качестве исследуемых факторов выбраны следующие: X_1 и X_2 – разрывная нагрузка ткани по основе и утку соответственно, кН; X_3 и X_4 – разрывное удлинение ткани соответственно по основе и утку, мм; X_5 и X_6 – уработка коренной и прижимной основы соответственно, %; X_7 – потеря ворса при истирании по плоскости; X_8 и X_9 – натяжение прижимной основы при прибое (без прутка и с прутком соответственно), сН; X_{10} и X_{11} – натяжение коренной основы при прибое (с прутком и без прутка соответственно), сН; X_{12} – прочность закрепления ворса, сН.

Была поставлена задача выяснить причинно-следственную связь между данными параметрами и оценить тесноту связи между ними.

Результаты расчета энтропии, значений информации между факторами и коэффициентов причинного влияния приведены ниже:

$$H_1=1,840; H_2=1,645; H_3=1,899; H_4=1,677;$$

$$H_5=1,968; H_6=2,112; H_7=1,972; H_8=2,132;$$

$$H_9=2,290; H_{10}=2,259; H_{11}=2,299; H_{12}=2,107.$$

Согласно расчетам $H_{11} > H_9 > H_{10} > H_8 > H_6 > H_{12} > H_7 > H_5 > H_3 > H_1 > H_4 > H_2$.

Для расчетов коэффициентов причинного влияния необходимо составить столько нелинейных алгебраических уравнений, сколько парных коэффициентов причинного влияния, то есть 66. Не представляя эти уравнения (методика их написания приведена ранее [1]), представим выходные значения параметров (табл.1 – значения коэффициентов Γ_{ij} , g_{ij} и информации I_{ij}).

Направление связи	I_{ij}	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
3→1	1.596	0.841	0.841	0
5→1	1.705	0.866	0.205	0.661
7→1	1.576	0.796	0	0.796
6→1	1.633	0.866	0.013	0.753
8→1	1.633	0.766	0.004	0.762
9→1	1.541	0.673	0.009	0.664
10→1	1.585	0.702	0	0.702
11→1	1.576	0.687	0	0.687
12→1	1.609	0.764	0.079	0.685
1→2	1.197	0.650	0.077	0.573
3→2	1.181	0.622	0.009	0.613
4→2	1.477	0.881	0.881	0
5→2	1.148	0.583	0.039	0.544
6→2	1.091	0.512	0.001	0.511
7→2	1.139	0.578	0.032	0.546
8→2	1.091	0.512	0	0.512
9→2	1.130	0.495	0.006	0.489
10→2	1.043	0.462	0.002	0.460
11→2	1.034	0.450	0	0.450
12→2	1.067	0.506	0	0.506
5→3	1.548	0.786	0.786	0
6→3	1.476	0.692	0	0.692
7→3	1.633	0.828	0.177	0.651
8→3	1.476	0.692	0	0.692
9→3	1.384	0.604	0.033	0.571
10→3	1.428	0.632	0	0.632
11→3	1.419	0.618	0	0.618
12→3	1.452	0.689	0	0.689
1→4	1.196	0.650	0.650	0
3→4	1.181	0.622	0.075	0.547
5→4	1.181	0.622	0	0.622
6→4	1.091	0.512	0	0.512
7→4	1.139	0.578	0	0.578
8→4	1.098	0.512	0	0.512
9→4	1.130	0.495	0.048	0.447
10→4	1.043	0.462	0	0.462
11→4	1.034	0.450	0	0.450

Направление связи	I_{ij}	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
12→4	1.067	0.506	0	0.506
6→5	1.697	0.796	0.039	0.757
7→5	1.633	0.828	0.828	0
8→5	1.697	0.796	0.011	0.785
9→5	1.605	0.701	0.009	0.692
10→5	1.761	0.779	0.055	0.724
11→5	1.751	0.763	0	0.763
12→5	1.673	0.794	0.113	0.681
8→6	1.514	0.710	0.710	0
9→6	1.728	0.755	0.137	0.618
10→6	1.689	0.748	0.182	0.566
11→6	1.568	0.683	0	0.683
6→7	1.713	0.804	0.143	0.661
8→7	1.713	0.804	0.042	0.762
9→7	1.470	0.642	0	0.642
10→7	1.626	0.720	0	0.720
11→7	1.811	0.789	0.068	0.721
12→7	1.732	0.822	0.822	0
9→8	1.533	0.670	0.046	0.623
10→8	1.801	0.797	0.797	0
11→9	1.573	0.686	0.686	0
11→10	1.842	0.802	0.266	0.536
9→10	1.792	0.782	0.782	0
6→12	1.713	0.804	0.804	0
8→12	1.713	0.804	0.233	0.571
9→12	1.621	0.708	0	0.708
10→12	1.776	0.787	0	0.787
11→12	1.837	0.800	0.089	0.711

Анализ полученной информационной структурной модели процесса позволил обнаружить ряд новых фактов, на основании чего можно заключить следующее.

Основными факторами, влияющими на прочность закрепления ворса являются: уработка прижимной основы, натяжение прижимной основы при прибое с прутком и без прутка, натяжение коренной основы при прибое с прутком и без прутка.

Натяжение коренной основы при прибое без прутка непосредственного влияния

на прочность закрепления ворса не оказывает ($g_{1210}=0$). Оно только косвенно влияет на прочность закрепления ворса.

Наиболее существенное влияние на прочность закрепления ворса оказывает натяжение коренной и прижимной основ при прибое (без прутка). Однако общее влияние этих факторов отличается несущественно ($\Gamma_{128}=0,804$; $\Gamma_{1211}=0,800$), а их непосредственное влияние на прочность закрепления ворса составляет 29 и 11% от общего влияния ($g_{128}=0,233$; $g_{1211}=0,088$).

Парный коэффициент причинного влияния уработки прижимной основы на прочность закрепления ворса равен частному коэффициенту причинного влияния этого фактора на прочность закрепления ворса ($\Gamma_{126}=g_{126}$). Этот случай статистически независимых взаимодополняющих причин.

В свою очередь, натяжение коренной основы при прибое (с прутком и без прутка) оказывает влияние на натяжение прижимной основы при прибое (без прутка). Натяжение коренной основы без прутка и с прутком непосредственно влияют друг на друга ($g_{911}=\Gamma_{911}$).

Натяжение прижимной основы при прибое (с прутком и без прутка) оказывает влияние на уработку прижимной основы. Хотя парные коэффициенты причинного влияния отличаются несущественно ($\Gamma_{68}=0,71$; $\Gamma_{69}=0,755$), следует отметить, что непосредственное влияние фактора X_9 на уработку прижимной основы составляет 18% от общего влияния этого фактора. А факторы X_{48} и X_{46} – это две взаимодополняющие друг друга причины ($\Gamma_{86}=g_{86}=0,710$).

Бинарная теория информации позволяет также установить причинно-следственные связи между всеми исследуемыми факторами и количественно оценить их интенсивность.

Среди факторов, так или иначе влияющих на потерю ворса при истирании, выделим следующие: уработку прижимной основы; натяжение прижимной основы при прибое (с прутком и без прутка); натяжение коренной основы при прибое (с прутком и без прутка); прочность закрепления ворса.

Натяжение прижимной и коренной основы при прибое (с прутком) непосредственного влияния на потерю ворса при истирании не оказывают ($g_{79}=g_{710}=0$). Они лишь косвенно влияют на фактор X_7 . Непосредственное влияние натяжения коренной основы при прибое (без прутка) на потерю ворса при истирании составляет 8,6% от общего влияния этого фактора. Хотя общее влияние факторов X_6 и X_8 на поте-

рю ворса при истирании составляет 8,6% от общего влияния этого фактора.

Несмотря на то, что общее влияние факторов X_6 и X_8 на потерю ворса при истирании совсем не отличается ($\Gamma_{76}=0,804$; $\Gamma_{78}=0,804$), непосредственное влияние каждого из этих факторов на потерю ворса при истирании составляет соответственно 17,8 и 5,09% от общего влияния этих факторов.

Факторы X_{12} – прочность закрепления ворса и X_7 – потеря ворса при истирании являются взаимодополняющими причинами, так как $\Gamma_{127}=g_{712}=0,822$.

Основными факторами, влияющими на уработку прижимной основы, являются: натяжение прижимной основы при прибое (с прутком и без прутка) и натяжение коренной основы при прибое (с прутком и без прутка).

Необходимо отметить, что фактор X_{11} непосредственного влияния на уработку прижимной основы не оказывает ($g_{611}=0$), влияя только косвенно.

Непосредственное влияние натяжения коренной основы при прибое (с прутком) на уработку прижимной основы составляет 24,3% от общего влияния этого фактора. Парные коэффициенты причинного влияния натяжения прижимной основы при прибое (с прутком и без прутка) отличаются несущественно, однако непосредственное влияние фактора X_9 составляет 18,2% от общего влияния этого фактора.

Общее влияние факторов X_6 – уработка прижимной основы и X_8 , X_9 – натяжение прижимной основы без прутка и с прутком; X_{10} , X_{11} – натяжение коренной основы при прибое с прутком и без прутка отличаются незначительно ($\Gamma_{56}=0,796$; $\Gamma_{58}=0,796$; $\Gamma_{59}=0,701$; $\Gamma_{510}=0,779$; $\Gamma_{511}=0,763$).

Натяжение коренной основы при прибое (без прутка) непосредственного влияния на уработку коренной основы не оказывает, а непосредственное влияние фактора X_{10} на уработку коренной основы составляет 7% от общего влияния этого фактора.

Непосредственное влияние факторов X_9 и X_{10} на уработку коренной основы очень

мало и составляет соответственно 1,3 и 7% от общего влияния этих факторов.

Потеря ворса при истирании и уработка коренной основы являются взаимодополняющими друг друга причинами.

Разрывная нагрузка ткани по основе зависит от уработки коренной и прижимной основ X_5 , X_6 . Непосредственное влияние каждого из этих факторов на разрывную нагрузку ткани по основе составляет соответственно 23,7 и 1,7% от общего каждого из этих факторов.

Итак, на основе бинарной причинно-следственной теории информации установлено, что изменение натяжения прижимной основы при прибое (без прутка) приводит к изменению прочности закрепления ворса.

ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние технологических параметров ткачества, физико-механических свойств ткани, параметров

строения на прочность закрепления ворса мебельно-декоративной ворсовой ткани с позиций бинарной информационной причинно-следственной теории информации.

2. Основными параметрами, влияющими на прочность закрепления ворса мебельно-декоративной ворсовой ткани, является натяжение прижимной основы при прибое (без прутка) и уработка прижимной основы.

3. Определены факторы, влияющие на потерю ворса при истирании, а также на уработку прижимной и коренной основ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №2, 2000. С.43...46.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 06.03.00.

УДК 677.024.1

МЕТОД РАСЧЕТА РАПОРТОВ ТКАНЕЙ СЛОЖНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

В.А. СИНИЦЫН, Г.И. МУРАТОВА, С.М. КУЗНЕЦОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

При определении раппортов переплетений полутораслойных и двухслойных тканей с соединением слоев нитями слоев способами сверху-вниз, снизу-вверх, комбинированным, прижимной основой или прижимным утком в литературе рассматриваются две методики определения раппортов [1...3].

Рассматриваются два возможных случая:

– ткани, у которых соотношение между раппортами базовых переплетений слоев равно соотношению плотности нитей ткани в слоях, то есть соотношению чередо-

ваний числа нитей верхней и нижней основ (или утков):

$$\frac{R_{ОВ}}{R_{ОН}} = \frac{n_{ОВ}}{n_{ОН}} \quad (1)$$

или

$$\frac{R_{УВ}}{R_{УН}} = \frac{n_{УВ}}{n_{УН}}, \quad (2)$$

где $R_{ОВ}$, $R_{УВ}$, $R_{ОН}$, $R_{УН}$ – раппорты по основе и по утку базовых переплетений верхнего

и нижнего слоев ткани; $n_{ОВ}$, $n_{ОН}$ – соотношение нитей верхней и нижней основ; $n_{УВ}$, $n_{УН}$ – соотношение нитей верхнего и нижнего утков;

– ткани, у которых соотношение между раппортами базовых переплетений слоев не равно соотношению плотности нитей ткани в слоях, то есть соотношению чередований числа нитей верхней и нижней основ (или утков):

$$\frac{R_{ОВ}}{R_{ОН}} \neq \frac{n_{ОВ}}{n_{ОН}} \quad (3)$$

или

$$\frac{R_{УВ}}{R_{УН}} \neq \frac{n_{УВ}}{n_{УН}} \quad (4)$$

Нами предлагается универсальный алгоритм решения этой задачи для всех случаев, предусмотренных равенствами (1) и (2) и неравенствами (3) и (4).

Раппорт по основе или по утку неоднослойной ткани определяется как

$$R = \text{НОК} \left(\frac{R_i}{n_i} \right)_{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (5)$$

где i – порядковый номер системы нитей основы (или утка), изменяется от единицы до общего количества систем нитей m основы (утка); R_i – раппорт по основе (или по утку) базового переплетения i -й системы нитей; n_i – соотношение нитей основы (или утка) в i -м слое.

Из (5) следует, что число нитей каждого слоя в раппорте находится из выражения

$$N_i = \text{НОК} \left(\frac{R_i}{n_i} \right) n_i \quad (6)$$

Ко всем переменным добавляется второй индекс, обозначающий нити основы (о) или утка (у).

Рассмотрим определение раппортов для двухслойных тканей с соединением слоев

нитей слоев способами сверху-вниз, снизу-вверх и комбинированным. В этом случае $m=2$, $i=1, 2$.

В качестве исходных данных принимаем переплетения верхнего и нижнего слоев ткани, а следовательно, значения $R_{ОВ}$, $R_{УВ}$, $R_{ОН}$ и $R_{УН}$, а также соотношения $n_{ОВ}:n_{ОН}$ и $n_{УВ}:n_{УН}$. С учетом того, что $R_{ОВ}=R_{О1}$, $R_{ОН}=R_{О2}$, $R_{УВ}=R_{У1}$ и $R_{УН}=R_{У2}$, формула (5) для определения раппорта ткани по основе примет вид

$$R_О = \text{НОК} \left(\frac{R_{ОВ}}{n_{ОВ}}, \frac{R_{ОН}}{n_{ОН}} \right) (n_{ОВ} + n_{ОН}). \quad (7)$$

Число основных нитей верхнего слоя в раппорте

$$N_{ОВ} = \text{НОК} \left(\frac{R_{ОВ}}{n_{ОВ}}, \frac{R_{ОН}}{n_{ОН}} \right) n_{ОВ}. \quad (8)$$

Число основных нитей нижнего слоя в раппорте

$$N_{ОН} = \text{НОК} \left(\frac{R_{ОВ}}{n_{ОВ}}, \frac{R_{ОН}}{n_{ОН}} \right) n_{ОН}. \quad (9)$$

Раппорт ткани по утку с учетом формулы (5) определится как

$$R_У = \text{НОК} \left(\frac{R_{УВ}}{n_{УВ}}, \frac{R_{УН}}{n_{УН}} \right) (n_{УВ} + n_{УН}). \quad (10)$$

Раппорты верхнего и нижнего утков в формуле (10) и далее принимаются по разрезам ткани вдоль соединяемых основных нитей. Иногда в целях увеличения рыхлости и уменьшения жесткости ткани соединение слоев отдельными нитями производят на длине двух раппортов по утку [1, рис.38, с.59].

Число уточных нитей верхнего слоя в раппорте

$$N_{УВ} = \text{НОК} \left(\frac{R_{УВ}}{n_{УВ}}, \frac{R_{УН}}{n_{УН}} \right) n_{УВ}. \quad (11)$$

Число уточных нитей нижнего слоя в раппорте

$$N_{\text{ун}} = \text{НОК}\left(\frac{R_{\text{ув}}}{n_{\text{ув}}}, \frac{R_{\text{ун}}}{n_{\text{ун}}}\right) n_{\text{ун}}. \quad (12)$$

Пример 1. Требуется определить раппорты переплетения для заправочного рисунка двухсторонней двухслойной ткани с соединением слоев нитями слоев способом сверху-вниз. Переплетение верхнего слоя – саржа 2/2 и нижнего – полотняное, то есть $R_{\text{ов}}=R_{\text{ув}}=4$; $R_{\text{он}}=R_{\text{ун}}=2$. Соотношение $n_{\text{ов}}:n_{\text{он}}=2:1$. Соотношение $n_{\text{ув}}:n_{\text{ун}}=1:1$. Переплетение данной ткани соответствует случаю, предусмотренному равенствами (1) и (2). Выполним расчет раппортов по новой методике.

Вычислим раппорт ткани по основе с помощью (7):

$$R_{\text{о}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}\right)(2+1) = 6(\text{нитей}).$$

Определим число основных нитей верхнего слоя в раппорте, используя (8)

$$N_{\text{ов}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}\right) \cdot 2 = 4(\text{нити}).$$

Найдем число основных нитей нижнего слоя по формуле (9):

$$N_{\text{он}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}\right) \cdot 1 = 2(\text{нити}).$$

Раппорт ткани по утку рассчитаем, применяя (10):

$$R_{\text{у}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}\right)(2+1) = 6(\text{нитей}).$$

По формуле (11) подсчитаем число уточных нитей верхнего слоя:

$$N_{\text{ув}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}\right) \cdot 2 = 4(\text{нити}).$$

Найдем число уточных нитей нижнего слоя с помощью (12):

$$N_{\text{ун}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}\right) \cdot 1 = 2(\text{нити}).$$

Построение полного заправочного рисунка для выработки данной ткани приведено в [2, рис.53, с.128...130].

Рассмотрим определение раппортов для полутораслойных тканей. Раппорт по основе полутораслойной ткани с дополнительной основой определяется по формуле (7), а по утку с дополнительной утком – по формуле (10).

Пример 2. Требуется вычислить раппорты переплетения для заправочного рисунка для выработки двухсторонней полутораслойной ткани с дополнительной основой. Переплетение верхней основы с утком – саржа 2/1, переплетение внутренней стороны нижней основы с утком – сатин 9/2, то есть $R_{\text{ов}}=R_{\text{ув}}=3$; $R_{\text{он}}=R_{\text{ун}}=9$. Соотношение $n_{\text{ов}}:n_{\text{он}}=2:1$. Переплетение данной ткани соответствует случаю, предусмотренному неравенством (3).

Найдем раппорт ткани по основе по формуле (7):

$$R_{\text{о}} = \text{НОК}\left(\frac{3}{2}, \frac{9}{1}\right)(2+1) =$$

$$= \text{НОК}\left(\frac{3}{2}, \frac{18}{2}\right)(2+1) = 9 \cdot 3 = 27(\text{нитей}).$$

Вычислим число основных нитей верхнего слоя в раппорте, используя (8):

$$N_{\text{ов}} = \text{НОК}\left(\frac{3}{2}, \frac{9}{1}\right) \cdot 2 = 9 \cdot 2 = 18(\text{нитей}).$$

Определим число основных нитей нижнего слоя с помощью (9):

$$N_{\text{он}} = \text{НОК}\left(\frac{3}{2}, \frac{9}{1}\right) \cdot 1 = 9 \cdot 1 = 9(\text{нитей}).$$

Раппорт по утку определяется по известной методике.

Построение полного заправочного рисунка для выработки данной ткани приведено в [3, рис.128, с.174...176].

Рассмотрим методику расчета раппортов переплетения двухслойных тканей с соединением слоев дополнительными (прижимными) нитями. Обозначим: $R_{o\text{ пр}}$, $R_{y\text{ пр}}$ – раппорты по основе и утку переплетения прижимной основы или прижимного утка с нитями верхнего и нижнего слоев; $n_{o\text{ пр}}$ – соотношение нитей прижимной основы; $n_{y\text{ пр}}$ – соотношение нитей прижимного утка.

В качестве исходных данных принимаем переплетения верхнего и нижнего слоев ткани, а следовательно, значения $R_{ов}$, $R_{ув}$, $R_{он}$ и $R_{ун}$. Для ткани с прижимной основой принимаем соотношения $n_{ов} : n_{o\text{ пр}} : n_{он}$ и $n_{ув} : n_{ун}$, для ткани с прижимным утком $n_{ов} : n_{он}$ и $n_{ув} : n_{y\text{ пр}} : n_{ун}$.

При этом соотношение прижимных нитей не должно быть больше соотношений нитей верхнего и нижнего слоев ткани, то есть $n_{o\text{ пр}} \leq n_{ов}$, $n_{o\text{ пр}} \leq n_{он}$ и $n_{y\text{ пр}} \leq n_{ув}$, $n_{y\text{ пр}} \leq n_{ун}$.

Рассмотрим определение раппортов для тканей с прижимной основой.

В формуле (5) при определении раппорта по основе $m=3$, $i=1$ (верхняя основа), 2 (прижимная основа), 3 (нижняя основа).

Раппорт ткани по основе с учетом (5) определится как

$$R_o = \text{НОК} \left(\frac{R_{ов}}{n_{ов}}, \frac{R_{o\text{ пр}}}{n_{o\text{ пр}}}, \frac{R_{он}}{n_{он}} \right) \cdot (n_{ов} + n_{o\text{ пр}} + n_{он}), \quad (13)$$

где $R_{o\text{ пр}}$ – количество прижимных основных нитей в раппорте переплетения ткани

$$R_{o\text{ пр}} = \text{НОК} \left(\frac{R_{ов}}{n_{ов}}, \frac{R_{он}}{n_{он}} \right) n_{o\text{ пр}}. \quad (14)$$

Число основных нитей верхнего слоя в раппорте

$$N_{ов} = \text{НОК} \left(\frac{R_{ов}}{n_{ов}}, \frac{R_{o\text{ пр}}}{n_{o\text{ пр}}}, \frac{R_{он}}{n_{он}} \right) n_{ов}. \quad (15)$$

Число основных прижимных нитей в раппорте

$$N_{o\text{ пр}} = \text{НОК} \left(\frac{R_{ов}}{n_{ов}}, \frac{R_{o\text{ пр}}}{n_{o\text{ пр}}}, \frac{R_{он}}{n_{он}} \right) n_{o\text{ пр}}. \quad (16)$$

Число основных нитей нижнего слоя в раппорте

$$N_{он} = \text{НОК} \left(\frac{R_{ов}}{n_{ов}}, \frac{R_{o\text{ пр}}}{n_{o\text{ пр}}}, \frac{R_{он}}{n_{он}} \right) n_{он}. \quad (17)$$

В формуле (5) при определении раппорта по утку $m=2$, $i=1$ (верхний уток), 2 (нижний уток).

Раппорт ткани по утку определяют по формуле (10), число уточных нитей верхнего слоя в раппорте – по формуле (11), число уточных нитей нижнего слоя в раппорте – по формуле (12).

Пример 3. Требуется определить раппорты переплетения для построения заправочного рисунка двулицевой двухслойной ткани с соединением слоев прижимной основой. Переплетение верхнего и нижнего слоя – саржа 2/2, то есть $R_{ов}=R_{ув}=4$; $R_{он}=R_{ун}=4$. Соотношение $n_{ов} : n_{o\text{ пр}} : n_{он}=2:1:2$. Соотношение $n_{ув} : n_{ун}=1:1$. Переплетение данной ткани соответствует случаю, предусмотренному равенствами (1) и (2). Выполним расчет раппортов по приведенной методике.

Определим раппорт прижимных основных нитей $R_{o\text{ пр}}$ по формуле (14):

$$R_{o\text{ пр}} = \text{НОК} \left(\frac{4}{2}, \frac{4}{2} \right) \cdot 1 = 2 \text{ (нити)}.$$

Найдем раппорт ткани по основе с помощью (13):

$$R_o = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}, \frac{4}{2}\right)(2+1+2) = 10(\text{нитей}).$$

Рассчитаем число основных нитей верхнего слоя в раппорте, применив (15):

$$N_{\text{об}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}, \frac{4}{2}\right) \cdot 2 = 4(\text{нити}).$$

Вычислим число основных прижимных нитей по формуле (16):

$$N_{\text{опр}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}, \frac{4}{2}\right) \cdot 2 = 4(\text{нити}).$$

Подсчитаем число основных нитей нижнего слоя, используя (17):

$$N_{\text{он}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{2}, \frac{2}{1}, \frac{4}{2}\right) \cdot 2 = 4(\text{нити}).$$

Найдем раппорт ткани по утку по формуле (10):

$$R_y = \text{НОК}\left(\frac{4}{1}, \frac{4}{1}\right)(1+1) = 8(\text{нитей}).$$

Вычислим число уточных нитей верхнего слоя с помощью (11):

$$N_{\text{ув}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{1}, \frac{4}{1}\right) \cdot 1 = 4(\text{нити}).$$

Определим число уточных нитей нижнего слоя по формуле (12):

$$N_{\text{ун}} = \text{НОК}\left(\frac{4}{1}, \frac{4}{1}\right) \cdot 1 = 4(\text{нити}).$$

Построение заправочного рисунка для выработки данной ткани приведено в [3, рис.156, с.208...212].

Раппорты двухслойных тканей с прижимным утком находятся аналогично.

Определим количество прижимных уточных нитей в раппорте переплетения ткани $R_{\text{упр}}$:

$$R_{\text{упр}} = \text{НОК}\left(\frac{R_{\text{ув}}}{n_{\text{ув}}}, \frac{R_{\text{ун}}}{n_{\text{ун}}}\right) n_{\text{упр}}. \quad (18)$$

Раппорт ткани по утку

$$R_y = \text{НОК}\left(\frac{R_{\text{ув}}}{n_{\text{ув}}}, \frac{R_{\text{упр}}}{n_{\text{упр}}}, \frac{R_{\text{ун}}}{n_{\text{ун}}}\right) \cdot (n_{\text{ув}} + n_{\text{упр}} + n_{\text{ун}}). \quad (19)$$

Число уточных нитей верхнего слоя в раппорте

$$N_{\text{ув}} = \text{НОК}\left(\frac{R_{\text{ув}}}{n_{\text{ув}}}, \frac{R_{\text{упр}}}{n_{\text{упр}}}, \frac{R_{\text{ун}}}{n_{\text{ун}}}\right) n_{\text{ув}}. \quad (20)$$

Число уточных прижимных нитей в раппорте

$$N_{\text{упр}} = \text{НОК}\left(\frac{R_{\text{ув}}}{n_{\text{ув}}}, \frac{R_{\text{упр}}}{n_{\text{упр}}}, \frac{R_{\text{ун}}}{n_{\text{ун}}}\right) n_{\text{упр}}. \quad (21)$$

Число уточных нитей нижнего слоя в раппорте

$$N_{\text{ун}} = \text{НОК}\left(\frac{R_{\text{ув}}}{n_{\text{ув}}}, \frac{R_{\text{упр}}}{n_{\text{упр}}}, \frac{R_{\text{ун}}}{n_{\text{ун}}}\right) n_{\text{ун}}. \quad (22)$$

Раппорт ткани по основе определяют по формуле (7), число основных нитей верхнего слоя в раппорте – по формуле (8), число основных нитей нижнего слоя в раппорте – по формуле (9).

ВЫВОДЫ

Предложен метод расчета раппортов переплетений, имеющих в структуре несколько систем нитей основы и утка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дамянов Г.Б., Бачев Ц.З., Сурнина Н.Ф. Строение ткани и современные методы ее проекти-

рования. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

2. Мартынова А.А., Слотина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999.

3. Розанов Ф.М. и др. Строение и проектирование тканей. – М.: Гос.науч.-техн. изд-во Министер-

ства промышленных товаров широкого потребления СССР, 1953.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 17.01.01.

УДК 677.024

НАТЯЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ НИТЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТКАНИ С ПЕРЕМЕННЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ ОСЕЙ НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ТКАЧЕСТВА

Т.Ю. КАРЕВА

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

В процессе формирования элемента ткани нити основы испытывают натяжение, зависящее от работы механизмов ткацкого станка. Для получения тканей новых структур могут быть использованы станки типа СТБ и АТПР, выравнивание натяжения основных нитей на которых осуществляется с помощью негативного основного регулятора с фрикционной передачей. На рис.1 изображена схема подвижной системы скала основного регулятора станка АТПР.

В процессе ткачества нити основы 1, действуя на скало 2, выполняющее роль датчика основного регулятора, регулируют величину отпуска основы с ткацкого станка и посредством перемещения скала компенсируют натяжение основы от зевобразования. Для вывода уравнения общего натяжения основных нитей воспользуемся исследованием [1].

При срабатывании основы с ткацкого навоя натяжение основных нитей в статических условиях изменяется от $K_{ст}$ до $K_{ст} + \Delta K$, где $K_{ст}$ – статическое (заправочное) натяжение при полном ткацком навое; ΔK – приращение натяжения в процессе срабатывания ткацкого навоя.

Уравнение для определения натяжения в статических условиях при полном ткацком навое, пренебрегая трением в цапфе скала и оси подскарины, запишем следующим образом:

$$K_{ст} = \frac{2F_0 OA OB \sin \beta_0 - G l_1 AB}{AB((2a + d + r) \cos v - l_2)}, \quad (1)$$

где F_0 – затяжка пружины при полном ткацком навое, Н; OA , OB – стороны треугольника AOB , мм; G – суммарный вес подвижной системы, Н; AB – длина пружины при полном навое, мм; β_0 – угол между сторонами OA и OB треугольника

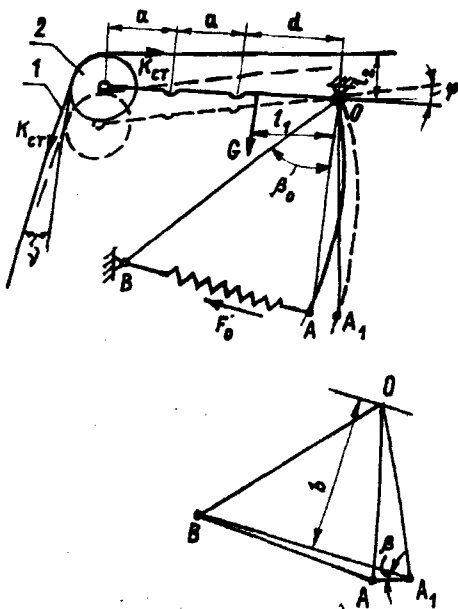


Рис. 1

ОАВ, рад; ν – угол сматывания основы с ткацкого навоя, рад; r – радиус качающегося скала, мм.

Определим общее натяжение нитей основы на ткацком станке. Предположим, что при определенном радиусе сматывания основы с ткацкого навоя подскалина в процессе зевообразования повернулась на некоторый угол φ , преодолевая сопротивление момента инерции, силы трения и затяжки пружин. В этот момент общее натяжение можно записать так:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{ст}} + \frac{\varphi'' I_{\text{пр}} + 2\Delta F_1 b + M_{\text{тр}}}{((2a + d + r)\cos \nu - \ell_2)}, \quad (2)$$

где $I_{\text{пр}}$ – приведенный к оси подскалины суммарный момент инерции подвижной системы регулятора, Н·мм·с²; φ'' – угловое ускорение подскалины, 1/с²; $M_{\text{тр}}$ – момент трения, возникающий при повороте подскалины, Н·мм; ΔF_1 – затяжка пружины при отклонении системы на угол φ , Н:

$$\Delta F_1 = C_1 \varphi O A_1 \cos \beta,$$

где C_1 – коэффициент жесткости пружины, Н/мм.

В то же время общее натяжение нитей основы в этот момент времени можно записать и таким образом:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{ст}} + K_3 - C\varphi(2a + d + r)\cos \nu, \quad (3)$$

$$A_n = \sqrt{\left(N \int_0^{2/N} \lambda(t) \cos(n\pi t N) dt \right)^2 + \left(N \int_0^{2/N} \lambda(t) \sin(n\pi t N) dt \right)^2};$$

$n=1, 2, 3, \dots$; ω_1 – частота первой гармоники: $\omega_1 = 2\pi/T = \pi N$, 1/с; ψ_n – фаза n -й гармоники: $\psi_n = -\arctg(b_n/a_n)$.

Произведя необходимые замеры зева и подставив в подынтегральные выражения формулы зависимости деформации от вре-

где K_3 – натяжение основы от зевообразования, Н; C – коэффициент жесткости упругой системы заправки, Н/мм.

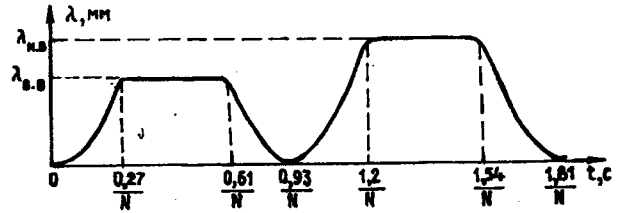


Рис. 2

Натяжение основы от зевообразования – величина переменная, зависящая от высоты подъема ремиз и параметров зева. На рис.2, где представлена диаграмма изменения деформации основных нитей при выработке ткани с переменным направлением осей в процессе ткачества, видно, что деформация нитей основы от зевообразования периодически изменяется с периодом $T=2/N$ (N – частота вращения главного вала станка) в условиях разнонатянутого зева и может быть разложена в ряды Фурье [2]. Для удобства разложения за 0° оборота главного вала станка принят угол поворота, при котором деформация λ от зевообразования равна нулю.

Таким образом:

$$\lambda(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \psi_n), \quad (4)$$

$$\text{где } A_0 = \frac{N}{2} \int_0^{2/N} \lambda(t) dt;$$

мени, получим уравнения для определения коэффициентов ряда Фурье:

$$a_0 = 2,31 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned}
a_n &= \frac{1,383}{n^3} \sin 0,872n + \frac{0,907}{n^2} \cos 0,872n + \left(\frac{1,383}{n^3} - \frac{0,0016}{n} \right) \sin 2,269n + \\
&+ \left(\frac{0,005}{n} - \frac{1,383}{n^3} \right) \sin 4,014n + \left(\frac{1,383}{n^3} - \frac{0,025}{n} \right) \sin 5,41n + \frac{1,508}{n^2} \cos 4,014n + \\
&\quad + \frac{0,905}{n^2} \cos 2,269n + \frac{1,5}{n^2} \cos 5,41n + \frac{0,004}{n^2}; \\
b_n &= \frac{0,907}{n^2} \sin 0,872n + \frac{1,508}{n^2} \sin 4,014n + \frac{0,905}{n^2} \sin 2,269n + \frac{1,5}{n^2} \sin 5,41n + \\
&+ \frac{1,383}{n^3} \cos 0,872n - \left(\frac{1,383}{n^3} - \frac{0,0016}{n} \right) \cos 2,269n - \left(\frac{0,005}{n} - \frac{1,383}{n^3} \right) \cos 4,014n - \\
&\quad - \left(\frac{1,383}{n^3} - \frac{0,025}{n} \right) \cos 5,41n - \frac{0,027}{n}.
\end{aligned}$$

Приравняем (2) и (3):

$$\begin{aligned}
&\frac{\varphi' I_{\text{пр}} + 2\Delta F_1 b + M_{\text{ГР}}}{((2a + d + r) \cos v - \ell_2)} = \\
&= CA_0 + C \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \psi_n) - \\
&- C\varphi(2a + d + r) \cos v.
\end{aligned}$$

Сделаем допущения. В связи с тем, что при формировании нескольких раппортов ткани по утку величина плеча b и угол β изменяются в пределах 5%, будем считать их постоянными величинами при данном радиусе намотки основы на навой.

Осуществив ряд преобразований и введя обозначения

$$\frac{2C_1 O A_1 \cos \beta b + C \left(((2a + d + r) \cos v)^2 - ((2a + d + r) \cos v - \ell_2) \right)}{I_{\text{пр}}} = D^2,$$

$$\frac{CA_0 ((2a + d + r) \cos v - \ell_2) - M_{\text{ГР}}}{I_{\text{пр}}} = E,$$

$$\frac{CA_n ((2a + d + r) \cos v - \ell_2)}{I_{\text{пр}}} = F,$$

получим линейное неоднородное уравнение второго порядка:

$$\varphi'' + D^2 \varphi = E + \sum_{n=1}^{\infty} F \cos(n\omega_1 t + \psi_n),$$

решив которое будем иметь

$$\varphi = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} F \cos(n\omega_1 t + \psi_n)}{D^2 - (n\omega_1)^2} + \frac{E}{D^2} +$$

$$C_1 = -\frac{E}{D^2} - \frac{\sum_{n=1}^{\infty} F \cos \psi_n}{D^2 - (n\omega_1)^2};$$

$$+ C_1 \cos Dt + C_2 \sin Dt, \quad (5)$$

где (согласно рис.2) из граничных условий

$$\varphi(0) = \varphi(0,93/N) = 0:$$

$$C_2 = \frac{\left(\frac{E}{D^2} + \frac{\sum_{n=1}^{\infty} F \cos \psi_n}{D^2 - (n\omega_1)^2} \right) \cos(D0,93/N) - \frac{E}{D^2} - \frac{\sum_{n=1}^{\infty} F \cos(n\pi 0,93 + \psi_n)}{D^2 - (n\omega_1)^2}}{\sin(D0,93/N)}.$$

Подставив выражения для F, E, D² в (5), получим

$$\varphi = \frac{C((2a+d+r)\cos v - \ell_2) \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \psi_n)}{2C_1 OA_1 \cos \beta b + C(((2a+d+r)\cos v)^2 - ((2a+d+r)\cos v \ell_2)) - I_{np} (n\omega_1)^2} +$$

$$+ \frac{CA_0((2a+d+r)\cos v - \ell_2) - M_{rp}}{2C_1 OA_1 \cos \beta b + C(((2a+d+r)\cos v)^2 - ((2a+d+r)\cos v \ell_2))} + C_1 \cos Dt + C_2 \sin Dt. \quad (6)$$

При подстановке (6) в (3) получим окончательную формулу для определения общего натяжения при формировании эле-

мента ткани с переменным направлением осей в процессе ткачества:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{ст}} + K_3 - C(2a+d+r)\cos v.$$

$$\left(\frac{C((2a+d+r)\cos v - \ell_2) \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \psi_n)}{2C_1 OA_1 \cos \beta b + C(((2a+d+r)\cos v)^2 - ((2a+d+r)\cos v \ell_2)) - I_{np} (n\omega_1)^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{CA_0((2a+d+r)\cos v - \ell_2) - M_{rp}}{2C_1 OA_1 \cos \beta b + C(((2a+d+r)\cos v)^2 - ((2a+d+r)\cos v \ell_2))} + C_1 \cos Dt + C_2 \sin Dt \right)$$

ВЫВОДЫ

Выведена формула для определения общего натяжения нитей основы при формировании элемента ткани с переменным направлением осей в процессе ткачества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерохин Ю.Ф. Исследование и совершенствование процесса ткачества в хлопчатобумажном

производстве: Дис...докт. техн. наук. – Иваново, 1978.

2. Руководство к решению задач по высшей математике: Учебное пособие в 2-х ч. Ч.2 /Под общ. ред. Е.И. Гурского. – Минск: Высшая школа, 1990.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 04.04.01.

УДК 677.064:51

ПОСТРОЕНИЕ ЗАПРАВОЧНОГО РИСУНКА РЕМИЗНОЙ ТКАНИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ EXCEL

В.М. СУРКОВА, В.Ф. БУЛГАКОВ, А.В. СУРКОВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Нами предлагается способ построения заправочного рисунка ремизной ткани с помощью электронных таблиц типа Excel, Quattro Pro, SuperCalc и других, имеющих в своем арсенале средства обработки матриц.

В настоящее время известны несколько программных продуктов, позволяющих автоматизировать процесс построения заправочного рисунка ремизных тканей. Например, пакеты Weave Point 5.0 (Финляндия), Design 3 (Германия), Weave (США), Prozarі (Витебский технологический институт, Беларусь), а также программы на языке Паскаль, разработанные на кафедрах МТВМ и ткачества СПбГУТД.

Предлагаемый способ отличается доступностью, так как реализуется с помощью обычного табличного процессора, широко используемого для решения научных и инженерных задач, и не требует дорогостоящих специальных программ. Основан способ на представлении элементов заправочного рисунка в виде матриц и проведении операций их преобразования.

Пусть проборка представлена в виде матрицы P размерности $n_{осн} \times n_{рем}$, картон – матрицы K размерности $n_{рем} \times n_{ут}$,

рисунок переплетения – матрицы R размерности $n_{осн} \times n_{ут}$, где $n_{осн}$ – число нитей основы в раппорте переплетения; $n_{рем}$ – число ремизок в проборке; $n_{ут}$ – число нитей утка в раппорте переплетения ткани.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									
32																									
33																									
34																									
35																									
36																									
37																									

Рис. 1

Обозначим единицей основные перекрытия в матрице рисунка переплетения, проборку нити основы в галево соответствующей ремизки в матрице проборки и подъем ремизки в соответствующем зеве в матрице картона. Остальные элементы матриц обозначим 0 (рис. 1-а, б, в).

Покажем, что матрицу рисунка можно представить в виде

$$R=KP.$$

Пусть j -я нить пробрана в m -ю ремизку. Тогда элемент матрицы KP имеет вид

$$(KP)_{ij} = \sum_{k=1}^{n_{\text{рем}}} K_{ik} P_{kj} = K_{im} P_{mj}.$$

Если m -я ремизка поднята в i -м зеве, то есть $K_{im} = 1$, то этот элемент равен 1, а в противном случае 0, то есть значения элементов матрицы произведения K на P полностью совпадают со значениями соответствующих элементов матрицы рисунка R . Таким образом, матрица рисунка есть произведение матрицы картона на матрицу переплетения: $R=KP$.

Рассмотрим матрицу K^I (рис. 1-д) – результат произведения матрицы рисунка R (рис. 1-б) на транспонированную матрицу P^T проборки (рис. 1-г). Ее элемент

$$\begin{aligned} (RP^T)_{ij} &= \sum_{k=1}^{n_{\text{осн}}} R_{ik} P_{kj}^T = \\ &= \sum_{k=1}^{n_{\text{осн}}} K_{im} P_{mk} P_{jk} = K_{im} \delta_{mj} N_{ij}, \end{aligned}$$

где N_{ij} – элемент диагональной матрицы N (рис. 1-е), диагональные элементы которой равны количеству нитей, пробранных в соответствующую ремизку в пределах раппорта проборки; δ_{ij} – символ Кронекера:

ра: $\delta_{ij} = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$, в нашем случае, при правильном построении рисунка $\delta_{im} = 1$. По-

скольку матрица N неособенная, следовательно, существует обратная матрица N^{-1} . Тогда окончательно получаем $K_{im} = (RP^T)_{ij} (N^{-1})_{jj}$ или $K = RP^T N^{-1}$, то есть матрица картона K (рис. 1-в) – это произведение матрицы R рисунка переплетения, транспонированной матрицы P^T проборки и обратной диагональной матрицы N^{-1} (рис. 1-ж).

При построении заправочного рисунка ткани практический интерес представляют задачи двух типов [1]: построение картона по рисунку переплетения и рисунку проборки; построение рисунка переплетения по рисунку проборки и картону.

Рассмотрим построение заправочного рисунка ткани с помощью электронных таблиц Excel.

При решении задачи первого типа введем в рабочий лист Excel матрицы проборки P и рисунка переплетения R (рис. 1-а, б). Для расположения матриц в пределах экрана необходимо предварительно уменьшить размеры ячеек рабочего листа. Затем транспонируем матрицу проборки, в результате чего получим матрицу P^T (рис. 1-г). Команда транспонирования матриц расположена в меню Правка – Специальная вставка.

Умножив матрицу переплетения на транспонированную матрицу проборки, получим матрицу K^I (рис. 1-д). Функция умножения матриц задается при помощи Мастера функций и реализуется как формула массива [2].

Если в ремизку пробрано более одной нити в пределах раппорта проборки, то на полученной матрице K^I вместо единиц появятся числа, соответствующие количеству пробранных нитей. Матрица K^I представляет собой картон, на котором подъемы ремизок в соответствующих зевовообразованиях обозначены числами, отличными от единицы. Эта информация позволяет оценить равномерность распределения галев по ремизкам.

Для получения картона, в котором подъемы и опускания ремизок обозначаются 1 и 0 соответственно, проведем до-

полнительные операции. Создадим вспомогательную квадратную диагональную матрицу N (рис.1-е) размерности, равной количеству ремизок. На главной диагонали этой матрицы расположены числа, равные количеству нитей, пробранных в соответствующие ремизки в пределах раппорта проборки. Остальные элементы матрицы 0. Обратим матрицу N при помощи функции МОБР обращения матриц и умножим полученную ранее матрицу K^I картона на обратную матрицу N^{-1} (рис.1-ж). В результате картон примет вид, изображенный на рис.1-в.

Для решения задачи второго типа необходимо ввести в рабочий лист Excel матрицы K картона и проборки P , затем умножить матрицу картона на матрицу проборки. Результатом умножения является рисунок переплетения R (рис.1-б).

Рассмотренный способ, автоматизирующий построение заправочного рисунка ткани, позволяет одинаково легко решать задачи обоих типов, тогда как некоторые из вышеперечисленных специализирован-

ных пакетов позволяют решать только один из двух типов задач.

ВЫВОДЫ

1. Дано математическое обоснование использования матричных операций для построения элементов заправочного рисунка.

2. Рассмотрен принцип построения заправочного рисунка ремизной ткани с помощью электронных таблиц Excel, позволяющий автоматизировать этот процесс без использования специализированных пакетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутепов О.С. Строение и проектирование тканей. – М., 1988.

2. Николь Н., Альбрехт Р. Excel 5.0. – М., 1996.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 01.03.01.

УДК 677.053.001.5:621.01

НАМОТКА НИТЕЙ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОГО КЛИНОРЕМЕННОГО ВАРИАТОРА СНОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ТИПА СП

К.Д. ДЖАМАНКУЛОВ, Г.В. АРХАНГЕЛЬСКИЙ, А.К. ДЖАМАНКУЛОВ

**(Кыргызский технический университет им. И. Раззакова,
Одесский технологический институт им. М.В. Ломоносова)**

Наматывание текстильных нитей в рулоны осуществляется при соблюдении определенных скоростных и силовых режимов намотки, которые обеспечиваются регулируемыми электродвигателями, гидравлическими передачами и управляемыми механическими вариаторами [1...3].

В [3] исследована динамика намотки с помощью вариаторного привода, который для получения требуемого скоростного

режима должен иметь систему автоматического управления. Представляется возможным осуществлять намотку при помощи автоматического клиноременного вариатора для сновальной машины типа СП [4] достаточно простого по конструкции (обладающего внутренним автоматизмом) и не требующего специальной электронной системы автоматического управления.

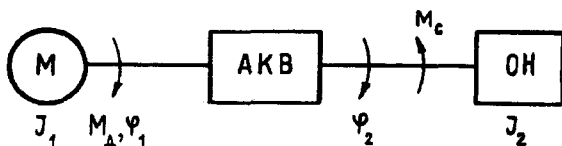


Рис. 1

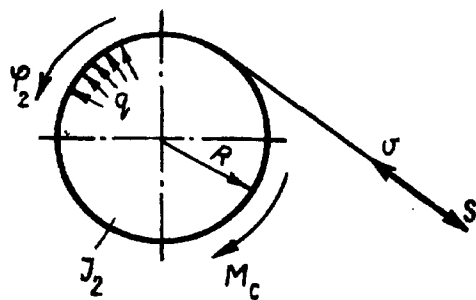


Рис. 2

Схема агрегата для намотки представлена на рис.1, где М – асинхронный электродвигатель; АКВ – автоматический клиноременный вариатор; ОН – объект намотки. Вариатор делит агрегат на две части: ведущую и ведомую с моментами инерции J_1 и J_2 . К ведущей системе приложен движущий момент M_d , а к ведомой – момент сил сопротивления M_c . Положение ведущей и ведомой систем агрегата определяется углами φ_1 и φ_2 .

Объект намотки ОН – рис.2 имеет переменный радиус R и к нему приложено усилие натяжения S , создающее момент сопротивления $M_c = SR$. Большинство процессов намотки осуществляется при постоянной линейной скорости v нитей и постоянном усилии натяжения S . Таким образом, в период намотки обеспечивается постоянство мощности

$$N = vS = \text{const.} \quad (1)$$

Поскольку $S = \text{const}$, при намотке за счет увеличения R увеличивается момент сил сопротивления M_c . В то же время (с учетом $v = \text{const}$) происходит уменьшение угловой скорости $\dot{\varphi}_2 = v/R$ за счет возрастания R . Следовательно, для намотки нитей и обеспечения условия (1) в качестве привода необходимо использовать автоматический трансформатор вращающего момента, которым является автоматический

клиноременный вариатор [5] с регулятором по моменту на ведомом шкиве. Данный тип вариатора при помощи регулятора по моменту обеспечивает стабилизацию мощности при меняющейся нагрузке, являясь трансформатором вращающего момента.

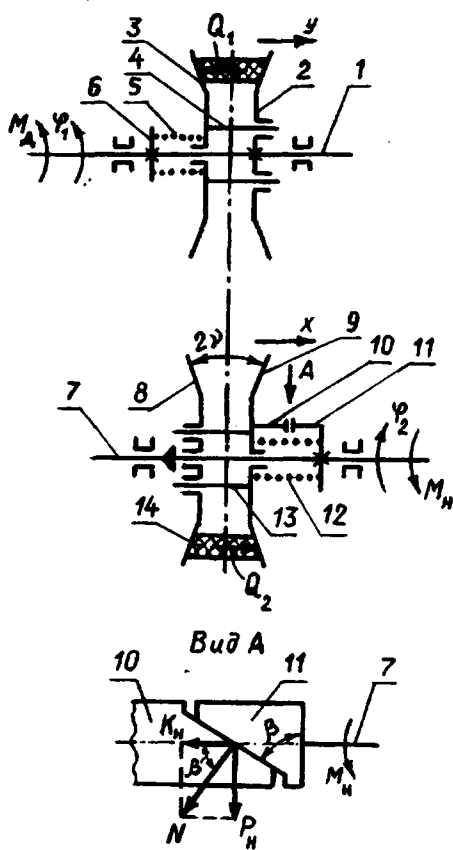


Рис. 3

На рис.3 изображена схема автоматического клиноременного вариатора. На ведущем валу 1 закреплен неподвижный диск 2. Подвижный диск 3 может совершать осевое перемещение y вдоль оси вала 1. Пальцы 4 предназначены для передачи вращающего момента на диск 3. Пружина сжатия 5 с одной стороны упирается на опорный диск 6, а с другой – на диск 3, прижимая таким образом диск вправо. На ведомом валу 7 установлены диски 8 и 9. С последним жестко связана кулачковая полумуфта 10, взаимодействующая с кулачковой полумуфтой 11, закрепленной на ведомом валу. Пружина сжатия 12 стремится сблизить диски. Вращающий момент от вала 7 передается через кулачковую муфту на диск 9 и далее через пальцы 13 на диск 8. Передача движения между шкивами совершается при помощи клинового ремня 14. Принцип действия вариатора основан на том, что распорные усилия Q_1 и Q_2 , создаваемые ремнем на ведущем и ведомом шкивах, уравниваются соответственно усилием пружины ведущего шкива и осевой силой K_H , создаваемой кулачковой муфтой, выполняющей функции регулятора по моменту, а также силой пружины ведомого шкива.

Возрастание момента нагрузки M_H , приложенного к ведомому валу, вызывает увеличение усилия $K_H = (M_H/r)\text{ctg}\beta$, где r – радиус взаимодействия кулачков полумуфт; β – угол наклона кулачков по отношению к плоскости вращения шкива (рис.3). При этом усилие K_H и сила пружины становятся больше Q_2 и подвижный диск 9 совершает осевое перемещение x , при котором клиновой ремень 14 переходит на ведомом шкиве на больший диаметр, а на ведущем, преодолевая усилие пружины, на меньший диаметр, что вызывает увеличение передаточного отношения и до тех пор, пока не устанавливается равновесие

$$M_H = M_{Дu}. \quad (2)$$

Рассмотрим динамику работы агрегата для намотки с автоматическим клиноре-

менным вариатором. Приведенный момент инерции ведущей системы $J_1 = \text{const}$, а ведомой J_2 состоит из постоянной J_0 (момент инерции пустого сновального вала) и переменной составляющих объекта намотки $J(\varphi_2)$:

$$J_2 = J(\varphi_2) + J_0,$$

$$\text{где} \quad J(\varphi_2) = C\varphi_2^2 + D\varphi_2^3 + E\varphi_2^4. \quad (3)$$

Здесь C, D, E – величины постоянные, вычисляемые согласно [6].

Рассматриваемый вариатор представляет неголономную систему, в которой между ведущим и ведомым шкивами имеется связь

$$\dot{\varphi}_1 = u\dot{\varphi}_2. \quad (4)$$

Используя [7] и [8], получим дифференциальные уравнения движения агрегата для намотки с данным типом вариатора:

$$\begin{aligned} & \ddot{\varphi}_{ш} (J_1 u^2 + J_2^0) + \dot{\varphi}_{ш} \ddot{y} J_1 u u^1 - \\ & - \ddot{y} b J_2 - \dot{y}^2 b^1 J_2 = M_{Дu} - M_c, \quad (5) \\ & - \ddot{\varphi}_{ш} b J_2 + \ddot{y} (J_2 b^2 + m_1 + m_2 a^2) + \\ & + \dot{y}^2 (J_2 b b^1 + m_2 a a^1) - C_1 (\lambda_1 - y) + \\ & + C_2 [\lambda_2 - C_0(y)] a(y) = \\ & = M_c b - (Q_1 - Q_2 a), \end{aligned}$$

где $\varphi_{ш}$ – угол поворота ведомого шкива; $x = C_0(y)$; $a = a(y) = -dx/dy$; $b = b(y) = (-a/r)\text{ctg}\beta/r$; C_1, C_2, λ_1 ; λ_2 – коэффициенты жесткости и предварительные деформации пружин ведущего и ведомого шкивов; m_1, m_2 – массы подвижных дисков ведущего и ведомого шки-

вов; $J_2^0 = J_2 + J_{ш}$; $J_{ш}$ – момент инерции ведомого шкива.

Первое уравнение системы (5) описывает поведение агрегата во вращательном движении, а второе – перемещение системы подвижных дисков шкивов. Зависимости $x = C_0(y)$, $a = a(y)$, $u = u(y)$ приведены в [5]. Момент сил сопротивления $M_c = SR$, где R в первом приближении изменяется при намотке в зависимости от угла φ_2 поворота объекта намотки (сновальной паковки) по закону [6]:

$$R = R_H + a_2\varphi_2,$$

где $R_H = R(0)$; a_2 – константа.

При изучении процессов намотки движущий момент можно задавать по статической характеристике приводного электродвигателя. Необходимо отметить, что усилия Q_1 и Q_2 являются реакциями связей, которые не удовлетворяют условию идеальности и поэтому входят в дифференциальные уравнения. Вследствие работы регулятора по моменту имеет место поворот ведомого шкива относительно вала:

$$\dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_{ш} - b\dot{y}. \quad (6)$$

Так как $(m_1 + m_2 a^2) \ll J_0 b^2$, то слагаемыми, пропорциональными m_1 и m_2 , для практических расчетов можно пренебречь. Тогда второе уравнение системы (5) запишется так:

$$-\ddot{\varphi}_{ш} b J_2 + \ddot{y} b^2 J_2 + \dot{y}^2 b b^1 J_2 - P_1 + P_2 a = M_c b - (Q_1 - Q_2 a), \quad (7)$$

где $P_1 = C_1(\lambda_1 - y)$; $P_2 = C_2[\lambda_2 - C_0(y)]$.

В выражении (7) слагаемые $-\ddot{\varphi}_{ш} b J_2 + \ddot{y} b^2 J_2 + \dot{y}^2 b b^1 J_2 = -b\ddot{\varphi}_2 J_2$ и тогда члены $(M_c + J_2 \ddot{\varphi}_2) \text{ctg} \beta / r = K_H$ представляют собой осевое усилие K_H , развиваемое регулятором по моменту под действием момента нагрузки:

$$M_H = M_c + J_2 \ddot{\varphi}_2.$$

С учетом вышеизложенного (7) будет иметь вид

$$(K_H + P_2 - Q_2)a = P_1 - Q_1. \quad (8)$$

Уравнение (8) свидетельствует о связи между усилиями K_H, P_1, P_2, Q_1, Q_2 , под действием которых происходит автоматическое изменение угловой скорости ведомого шкива в зависимости от нагрузки.

Если же обеспечить давление $q = \text{const}$ (рис.2), то согласно [3] закон усилия натяжения S опишется выражением

$$S = (R_H + a_2\varphi_2)S_H/R_H,$$

где $S_H = S(0)$, и автоматический клиноременный вариатор не позволит создать $v = \text{const}$, так как $S = \text{const}$, и скорость намотки определится с помощью условия (1):

$$v = N/S.$$

Система дифференциальных уравнений (5) является нелинейной. Получить ее решение в общем виде не представляется возможным, поэтому целесообразнее воспользоваться ЭЦВМ.

ВЫВОДЫ

Установлено, что в системе привода намоточных устройств целесообразно использовать автоматические клиноременные вариаторы с регулятором по моменту, обладающие внутренним автоматизмом и позволяющие стабилизировать скоростной режим намотки, так как они являются автоматическими трансформаторами вращающего момента. Динамика намоточного агрегата с данным типом вариатора описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбников С.И. Автоматическое управление намоткой. – М.: Энергия, 1972.
2. Кэмпбелл Д.П. Динамика процессов химической технологии. – М.: Госкомхимиздат, 1982.
3. Архангельский Г.В., Джаманкулов К.Д., Рачек И.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №5. С.87...90.
4. А.с. №1796705 СССР. Сновальная машина / К.Д. Джаманкулов, Г.В. Архангельский, А.К. Джаманкулов. – Оpubл. 1993. Бюл. №7.

5. Архангельский Г.В. / Теория механизмов и машин. – Харьков, 1981, вып.30. С.82...86.
6. Бессонов А.П. Основы динамики механизмов с переменной массой звеньев. – М.: Наука, 1967.
7. Архангельский Г.В. / Теория механизмов и машин. – Харьков, 1982, вып.32. С.72...75.
8. Минчев Н.Д. // Машиноведение. – 1977, №1. С.27...32.

Рекомендована кафедрой основ конструирования машин КТУ им. И. Раззакова. Поступила 26.12.00.

УДК 677.04:667.285

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА ПРОЦЕСС КРАШЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ СЕРНИСТЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

О.И. ОДИНЦОВА, О.В. КОЗЛОВА, Н.А. ВАРЛАМОВА, О.К. СМИРНОВА, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет, АО «Ивхимпром»)

В настоящее время более трети всех выпускаемых текстильными предприятиями нашего региона гладкокрашеных хлопчатобумажных тканей окрашивается сернистыми красителями, что обусловлено их относительной дешевизной и простотой применения. Однако возросшие требования по охране окружающей среды поставили задачу замены используемых ранее в процессах крашения сернистыми красителями биологически жестких диспергаторов (таких как, например, нейтральный контакт Петрова) на более мягкие.

Целью данной работы является оценка возможности и эффективности использования биологически мягких ПАВ различной природы в процессе крашения целлюлозных текстильных материалов сернистыми красителями.

Объектом исследования служила хлопчатобумажная ткань арт. 43, образцы которой пропитывали красильным составом, включающим, г/л: сернистый краситель 50-100, гидроксид натрия 5-10, сульфид натрия 50-150, поверхностно-активное вещество 2-10. Текстильный материал, отжатый до 70%-ного привеса, запаривали в парах воды при температуре 100...102°C в течение 1..2 мин, промывали по традиционно принятой методике и сушили. Техно-

логическую эффективность применения различных препаратов оценивали по изменению интенсивности окраски образцов и показателей устойчивости окрасок текстильных материалов к стиркам, поту и сухому трению.

Влияние природы ПАВ на состояние сернистых красителей в растворе изучали спектрофотометрическим способом. Для получения спектров применяли прибор Спекорд М-40. В качестве анионоактивных ПАВ опробовали фосфоорганические соединения – препараты метекс и фосфол, а также производное сульфоянтарной кислоты – ивегаль. Из ряда неионогенных ПАВ в работе использовали оксиэтилированные алкилфенолы: неолы АФ со степенью оксиэтилирования от 4 до 10 и феноксол 9/10 БВ.

Концентрация поверхностно-активных веществ в изучаемых красильных системах превышала критическую концентрацию мицеллообразования, выше которой в растворе самопроизвольно протекают процессы образования мицелл.

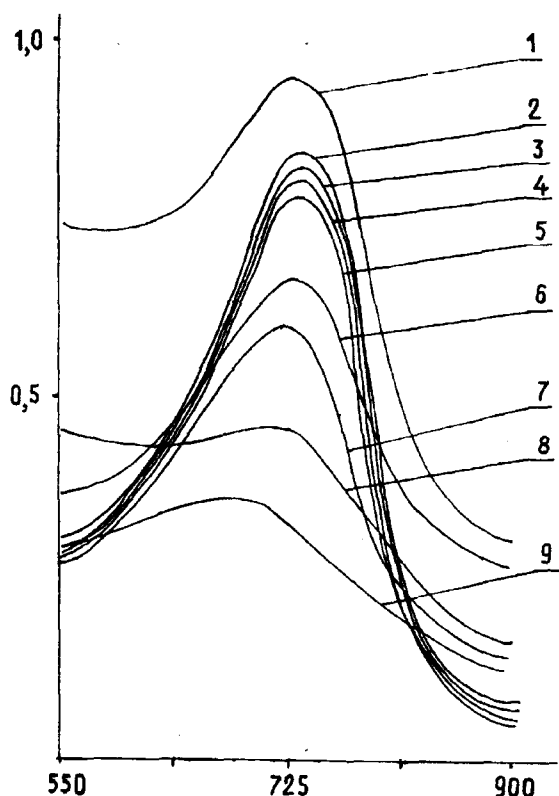


Рис. 1

Сопоставление спектров водных растворов сернистых красителей, содержащих 2 г/л ПАВ (рис. 1, где представлены спек-

тры поглощения сернистого ярко-зеленого Ж; ось ординат – оптическая плотность, ед; ось абсцисс – длина волны, мм; 1 – метекс; 2 – фосфол 10Т, 3 – неонол АФ 9/10, 4 – ивегал, 5 – феноксол 9/10 БВ, 6 – неонол АФ 9/6, 7 – неонол АФ 9/4, 8 – контакт Петрова, 9 – без добавок) показало, что для неионогенных поверхностно-активных веществ неонолов АФ и феноксола БВ 9/10 наблюдается смещение характеристического пика ($\lambda=625$ нм) в длинноволновую область на 16...20 нм. Одновременно происходит увеличение оптической плотности растворов на 10...41%, что характеризует увеличение растворимости полимолекулярного сернистого красителя. Прирост растворимости оценен по увеличению оптической плотности раствора:

$$P = 100(D - D_{\text{хол}}) / D_{\text{хол}}, \%$$

где D , $D_{\text{хол}}$ – оптическая плотность исследуемого и холостого раствора при характеристической длине волны.

Таблица 1

Наименование препарата	Особенности структуры ПАВ	Строение гидрофильной части молекулы ПАВ	Строение гидрофобной части молекулы ПАВ	Смещение пика в длинноволновую (+), коротковолновую (-) область, нм	Увеличение оптической плотности, %
Контакт Петрова	линейная	$-\text{OSO}_3\text{Na}$	переменная	19.5	11.2
Метекс	линейная с бензольным кольцом	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_6\text{-ONa}$	$\text{C}_{15}\text{-C}_{20}$	9.2	79.1
Фосфол 10Т	линейная с бензольным кольцом	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{10}\text{-ONa}$	C_9	9.5	55.9
Ивегал	линейная	$-\text{OSO}_3\text{Na}$ $-\text{COONa}$	$\text{C}_{12}\text{-C}_{14}$	19.3	35.9
Неонол 9/4 АФ	линейная с бензольным кольцом	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_4$	C_9	16	9.9
Неонол 9/6 АФ	линейная с бензольным кольцом	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_6$	C_9	16	30.5
Неонол 9/10 АФ	линейная с бензольным кольцом	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{10}$	C_9	16	41.0
Феноксол 9/10 АФ	разветвленная с бензольным кольцом	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{10}$	C_9 $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{-OC}_4\text{H}_9$	19.3	33.5

При введении в состав красильной ванны неонов (табл. 1, где показано влияние природы ПАВ на состояние красителя в растворе*) с увеличением степени окисэтилирования неиногенного препарата от 4 до 10 резко возрастает оптическая плотность раствора, то есть прирост растворимости красителя пропорционален объему гидрофильной части молекулы неиногенного ПАВ. Соответственно взаимодействие красящего вещества с неонами АФ 9/4, 9/6, 9/10 и феноксолом БВ 9/10 происходит по гидрофильной части данных соединений. При использовании феноксола БВ прирост растворимости красителя несколько ниже, чем при применении неонла АФ 9/10. Это объясняется наличием в структуре феноксола БВ на конце гидрофильной цепочки разветвленного гидрофобного окончания $-CH(CH_3-OC_4H_9)$, которое образует на поверхности мицеллы гидрофобный "застил", частично экранирующий продвижение молекул красителя в гидрофильную часть молекулы ПАВ к окисэтильным группам.

Более эффективно увеличивают растворимость сернистых красителей (табл. 1) анионоактивные фосфоорганические ПАВ. Эти препараты одновременно со-

держат группы, характерные для неиногенных (оксиэтиленовая цепочка) и анионоактивных ($-ONa$) ПАВ. Введение в красильный состав фосфола и метекса обуславливает максимальный прирост растворимости красителя, соответственно 55...79%. Увеличение растворимости красящего вещества при использовании анионоактивного препарата ивегалья, содержащего в своем составе две сульфогруппы, составляет только 35%. Очевидно, что у ПАВ, совмещающих свойства анионоактивных и неиногенных препаратов, диспергирующее действие по отношению к сернистым красителям наиболее ярко выражено.

Полученные данные спектрофотометрического анализа подтверждаются техническими результатами крашения хлопчатобумажной ткани сернистыми красителями (табл. 2 – влияние добавок ПАВ на технические результаты крашения хлопчатобумажных тканей сернистым ярко-зеленым Ж и табл. 3 – влияние добавок ПАВ на технические результаты крашения хлопчатобумажных тканей сернистым синим З).

Т а б л и ц а 2

Наименование ПАВ	Интенсивность окраски K/S, ед	Устойчивость окрасок образцов до закрепления ДЦУ, балл к			Устойчивость окрасок образцов, закрепленных препаратом ДЦУ, балл к		
		стирке №1	поту	сухому трению	стирке №1	поту	сухому трению
Контакт Петрова	15.1	2-3/4	2-3/4	2-3	4/4	4/4	3-4
Метекс	19.0	3/4	3/4	3	4/4	4/4	4
Неонол 9/4 АФ	21.7	2-3/4	2-3/4	2	3/4	2-3/4	3
Неонол 9/6 АФ	20.4	2-3/4	2/4	2	3-4/4	2-3/4	3-4
Неонол 9/10 АФ	19.0	2-3/4	2-3/4	3	3/4	3/4	3-4
Феноксол 9/10 БВ	19.8	2-3/4	2/4	4	4/4	3/4	4
Фосфол 10Т	16.9	3/4	3/4	3	4/4	4/4	5
Ивегаль	17.5	2-3/4	2/4	4-5	3/4	3-4/4	5

Наименование ПАВ	Интенсивность окраски K/S, ед	Устойчивость окрасок образцов до закрепления ДЦУ, балл к			Устойчивость окрасок образцов, закрепленных препаратом ДЦУ, балл к			Наличие эффекта «бронзоватости»
		стирке №1	поту	сухому трению	стирке №1	поту	сухому трению	
Контакт Петрова	15,1	2-3/4	2-3/4	2-3	4/4	4/4	3-4	-
Метекс	24,0	3/4	3/4	3	4/4	3-4/4	4	-
Неонол 9/4 АФ	24,0	3/4	2-3/4	1-2	3/4	2-3/4	3	+
Неонол 9/6 АФ	20,7	3/4	2/4	1-2	3-4/4	2-3/4	3	+
Неонол 9/10 АФ	20,3	2/4	2-3/4	2	3/4	3/4	3	+
Феноксол 9/10 БВ	20,7	2/4	2-3/4	3	4/4	3/4	4	+
Фосфол 10Т	20,7	3/4	3/4	3	4/4	3-4/4	4-5	-
Ивегаль	25,3	2-3/4	2-3/4	3	3/4	3-4/4	3-4	+

Введение в красильную ванну на основе сернистого ярко-зеленого метекса и фосфола 10Т позволяет увеличить интенсивность получаемых окрасок текстильных материалов на 2...5 единиц по сравнению с традиционным способом. Устойчивость окрасок образцов ткани к стирке, поту и сухому трению при этом увеличивается в среднем на один балл.

Использование фосфоорганических препаратов при крашении текстильных материалов сернистым синим 3 также способствует повышению интенсивности получаемых окрасок и достижению хорошей устойчивости их ко всем видам физико-химического воздействия.

Важным показателем качества текстильных материалов, окрашенных сернистыми красителями синего и черного цветов, является эффект «бронзоватости» окраски, то есть наличие на ткани поверхностно-сорбированного красящего вещества. В случае применения фосфоорганических препаратов этот порок отсутствует.

На основании проведенных исследований в качестве замены Kontakta Петрова

при крашении хлопчатобумажных тканей сернистыми красителями можно рекомендовать новые биологически мягкие ПАВ-фосфол и метекс.

ВЫВОДЫ

1. Спектрофотометрическим методом оценено влияние природы поверхностно-активных веществ на состояние сернистых красителей в красильной ванне. Установлено, что введение неионогенных и анионоактивных ПАВ приводит к увеличению растворимости сернистых красителей.

2. Максимальный прирост растворимости красящего вещества и высокие технические результаты крашения текстильных материалов достигаются при использовании фосфоорганических препаратов метекса и фосфола, которые рекомендуются к промышленному применению.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 24.01.01.

ИЗУЧЕНИЕ ТОПОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОМЫВКИ ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА*

С.Л. МИХАЙЛОВА, А.В. ЧЕШКОВА, С.Ю. ШИБАШОВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Качественная промывка шерстяного волокна на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) имеет большое значение, так как при этом требуется сохранить ценные свойства волокна для обеспечения эффективной работы прядильного и ткацкого производств. Промытая шерсть должна содержать определенное количество природных жировых веществ, сохранять прочностные свойства и белизну волокна. Применяемые на фабриках ПОШ водные методы промывки не всегда обеспечивают требуемое качество шерстяного волокна: оно часто желтеет и теряет прочность вследствие деструкции [1].

В настоящей работе исследован процесс промывки шерстяного волокна с использованием ферментов, обладающих селективной активностью к жировым веществам (липолаза 100 L и липоризин ГЗХ) или протеолитической активностью (протосубтилин ГЗХ, щелочная протеаза, алкалаза 2,5 L, савиназа 16 L, эверлаза 16 L). Первичным критерием при поиске наиболее эффективных липаз для удаления жировых веществ и протеаз для модификации кератина шерсти явилась их высокая активность и стабильность в нейтральной среде. Однако уже на начальных этапах исследования «нейтральных» ферментов было определено, что далеко не каждый из них во временных рамках, заданных действующим оборудованием, способен соответствующим образом воздействовать на поверхность субстрата.

Эксперименты проводили на невытом шерстяном волокне. Промывку осуществляли в среде, близкой к нейтральной, при температуре 40...43°C. Условия эксперимента моделировали процесс промывки в первых двух барках шерстемойной машины МП-5Ш [2]. Сравнение эффективности действия ферментов осуществляли с образцами шерсти, промытыми мыльно-содовыми моющими растворами и растворами бинарных смесей ПАВ.

На рис. 1 и 2 представлены диаграммы свойств невыттой и мытой шерсти в зависимости от различной природы текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ) моющего раствора (рис. 1 – изменение белизны (а) и потери массы (б) шерстяного волокна при промывке различными ферментами и ТВВ: 1 – алкалаза 2,5 L DX, 2 – савиназа 16L EX, 3 – щелочная протеаза, 4 – липолаза 100 L EX, 5 – протосубтилин ГЗХ, 6 – эверлаза 16L DX, 7 – липоризин ГЗХ, 8 – ПАВ (сульфонат + превоцелл WOF), 9 – мыльно-содовый раствор, 10 – невыттая шерсть; рис. 2 – влияние промывки на растворимость шерстяного волокна в едком натре (а) и мочевиногидросульфитном реагенте (б): 1 – алкалаза 2,5 LDX, 2 – савиназа 16L EX, 3 – щелочная протеаза, 4 – липолаза 100 L EX, 5 – протосубтилин ГЗХ, 6 – эверлаза 16L DX, 7 – липоризин ГЗХ, 8 – ПАВ (сульфонат + превоцелл WOF), 9 – мыльно-содовый раствор, 10 – невыттая шерсть).

* Работа выполнена по гранту Министерства образования Российской Федерации.

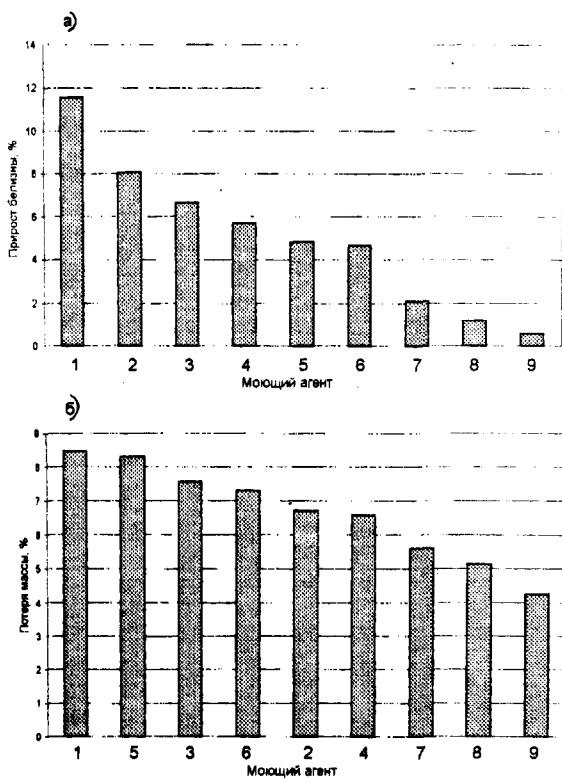


Рис. 1

Повышение белизны в процессе мойки шерсти обусловлено удалением с поверхности волокон жировосковых веществ липопротеинов, минеральных и базовых загрязнений, искажающих ее натуральный цвет и придающих волокну желтый оттенок. Показателю белизны уделяют особое внимание, так как наиболее ценной с технологической точки зрения является белая шерсть из-за возможности окрасить ее в любой цвет [2]. Из представленных результатов на рис. 1-а видно, что максимальный прирост белизны волокна наблюдается после промывки с использованием протеолитических ферментов алкалазы – 11,54% и савиназы – 8,06%, что в 2 раза превосходит результаты промывки липолазой – 5,72% и новозимом – 4,4%. Видимо, этот эффект обусловлен не только удалением жировосковых веществ, но и сглаживанием чешуйчатого слоя шерстяного волокна, изменением пористости поверхности. При обработке мыльно-содовыми растворами и растворами бинарных смесей ПАВ прирост белизны составляет не более 0,58 и 1,2% соответственно, что обуслов-

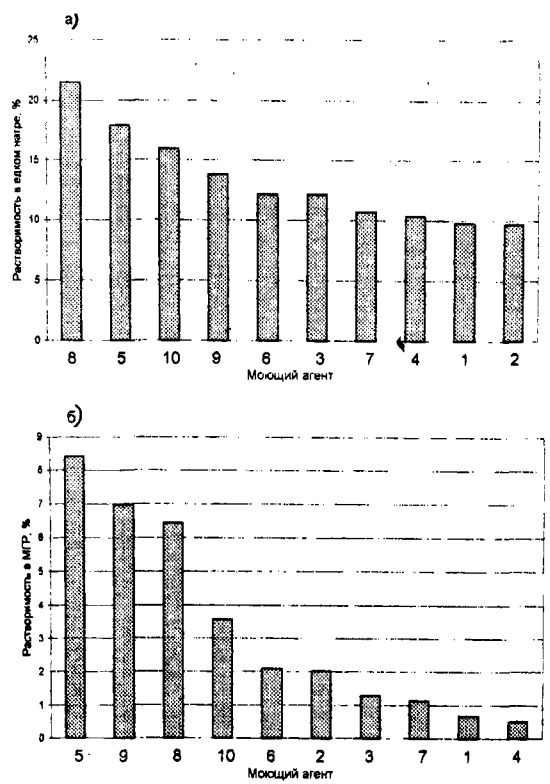


Рис. 2

лено специфическими процессами деструкции шерсти, происходящими в щелочной среде [3].

Показатель потери массы в процессе обработки является комплексной характеристикой удаления минеральных и базовых загрязнений, а также потерь шерстяного волокна за счет частичной деструкции мембраны клеток чешуйчатого слоя (эпикутикулы), находящейся на поверхности волокна. Из представленных на рис. 1-б диаграмм видно, что потеря массы при обработке ферментами составляет более 5,5-6%. Высокие потери массы (свыше 6,5%) получены при обработке протеолитическими ферментами. Всего скорее, это связано как с удалением жировосковых веществ за счет нарушения бимолекулярных липидных прослоек и гидрофобных липопротеинов в процессе поверхностного протеолиза шерсти, так и с удалением эпикутикулярных слоев и некоторых слоев экзокутикулы.

С целью оценки степени модификации шерстяного волокна в процессе промывки проводили крашение красителями различ-

ных классов. В табл. 1 представлены результаты по влиянию промывки различными ферментами на крашиваемость грубого шерстяного волокна сафранином, метиленовым голубым и вафаланом ЗБЛ. При крашении сафранином [4], относящимся к классу кислотных красителей, наблюдается наибольшая интенсивность ок-

раски после промывки мыльно-содовыми растворами (позиция 9). Это свидетельствует о глубокой деструкции шерстяного волокна, что коррелирует с результатами высокой растворимости в мочевиногидросульфитном реагенте (МГР) и в растворах едкого натра 6,97 и 13,76% соответственно (рис. 2).

Таблица 1

№ п/п	Моющий агент	Интенсивность окраски, %		
		сафранин	метиленовый голубой	вафалан ЗБЛ
1	Алкалаза 2,5 L DX	6,72	4,96	15,9
2	Савиназа 16 L EX	6,27	8,07	39,0
3	Щелочная протеаза	7,14	4,32	34,7
4	Липолаза 100 L EX	7,47	3,35	19,7
5	Протосубтилин ГЗХ	5,66	3,5	15,16
6	Эверлаза 16 L DX	6,49	8,17	15,5
7	Липоризин ГЗХ	4,14	2,89	33,5
8	ПАВ (сульфанол + превоцелл WOF)	5,68	4,12	15,73
9	Мыльно-содовый раствор	12,37	4,98	20,74
10	Немытая шерсть	9,22	28,76	28,67

При крашении метиленовым голубым [4], являющимся основным красителем, наибольшая интенсивность окраски наблюдается у необработанной шерсти. Этот эффект может быть обусловлен тем, что при крашении связывание красителя происходит как с кислотными группами, так и с гидрофобными примесями шерстяного волокна. Низкие показатели интенсивности окраски метиленовым голубым получены в результате промывки с использованием растворов липаз (позиции 4 и 7, табл. 1), что свидетельствует об эффективном селективном удалении жировосковых веществ без нарушения нативной структуры кератина шерсти. Использование ферментативной промывки савиназой и эверлазой (позиции 2 и 6, табл. 1), вероятно, приводит к модификации шерстяного волокна, на что указывает более высокая крашиваемость в сравнении с промывкой

ПАВ и мыльно-содовыми растворами (позиции 8 и 9, табл. 1).

На рис. 2 показано влияние промывки на растворимость шерстяного волокна в едком натре (а) и мочевиногидросульфитном реагенте (б). Эти методы основаны на разрушении дисульфидных поперечных связей в волокне, в результате чего высвобождаются отдельные фрагменты полипептидных цепей. После такой обработки количество протеина, способного растворяться, зависит от степени гидролиза основных полипептидных цепей; более короткие участки цепей имеют более высокую растворимость. Принимают, что растворимость нормальной шерсти в едком натре составляет 12...13%, если эта величина более 18%, то можно предположить, что образец поврежден. Растворимость шерсти в мочевиногидросульфитном реагенте

обусловлена разрушением мочевиной водородных связей, на дисульфидные связи действует бисульфит. Наблюдаемые низкие показатели растворимости в смеси мочевины и бисульфита при использовании ферментов можно объяснить образованием дополнительных прочных поперечных не гидролизующихся в МГР связей [5] или, в случае промывки протеазами (позиции 1...3 и 6, рис. 2-б), специфическим протеолизом, сосредоточенным на периферийных участках поверхности экзокутикулы шерсти. Высокой растворимостью в МГР отличаются образцы, промытые раствором протосубтилина ГЗХ, характеризующегося высокой активностью к серину и цистеину (позиция 5, рис. 2-б), что подтверждает явления глубокой деструкции шерстяного волокна. Глубокий протеолиз может инициироваться действием сопутствующих ферментов, в частности амилазы, воздействующей на гликопротеины, что способствует инфильтрации протеаз в макромолекулярные части волокна.

Комплексный технический анализ результатов по приросту белизны, потерь массы в процессе обработки, колористических тестов и растворимости шерстяного волокна в МГР и в растворе едкого натра показал, что ферментативная обработка алкалазой (позиция 1) обеспечивает модификацию, связанную либо с протеолизом шерсти, не приводящим к трансформации дисульфидных мостиков в отрицательно заряженную цистиновую кислоту, либо образованием прочных не гидролизующихся в МГР поперечных связей. Очевидно, происходит модификация коркового слоя, находящегося непосредственно под кутикулой, без существенного нарушения эндокутикулы (мостики между макромолекулами) и не затрагивая экзокутикулу.

ВЫВОДЫ

Получены результаты, позволяющие осуществить выбор ферментов, пригодных для создания "шадящего" режима промывки. Из исследуемых ферментов с целью

повышения белизны и крашиваемости кислотными красителями, в результате изменения доступности основных групп, без существенного нарушения структуры волокна можно рекомендовать использование препаратов протеолитической активности (алкалаза 2,5 L, савиназа 16 L, щелочная протеаза) и липолазы 100 L.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколова М.В., Садова С.Ф. // Текстильная промышленность. – 1997, № 6. С.32...33.
2. Первичная обработка шерсти: Учебник для средн. спец. учебн. заведений / Л.С. Горбунова, Н.В. Рогачев, Л.Г. Васильева, В.М. Колдаев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. С.185, 203.
3. Новорадовская Т.С., Садова С.Ф. Химия и химическая технология шерсти. – М.: Легпромбыт-издат, 1986. С. 67.
4. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: Учебное пособие для вузов (Т.С. Новорадовская и др./ Под ред. Г.Е. Кричевского). – М., 1994. С.14.
5. Петерс Р.Х. Текстильная химия (Очистка текстильных материалов от загрязнений)/ Пер. с англ. Г.Е. Кричевского. – М.: Легкая индустрия, 1973. С.168.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 30.03.01.

О КОЭФФИЦИЕНТЕ СКОРОСТИ МАССОПЕРЕНОСА ПРИ ПРОМЫВКЕ ТКАНЕЙ*

М.И. ДАВИДЗОН

(Ивановский государственный университет)

Для математического описания массопереноса при жидкостных обработках текстильных материалов можно использовать систему из двух дифференциальных уравнений в частных производных [1...4]. Одним из них является уравнение кинетики

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\gamma(n - \alpha\beta), \quad (1)$$

где (в случае промывки) β – безразмерная концентрация вымываемого вещества в объеме капилляра; n – безразмерная концентрация вымываемого вещества на поверхности капилляра; α – величина, характеризующая равновесие (постоянная равновесия); γ – величина, характеризующая скорость десорбции; t – время.

Анализ показал [5], что длительность процесса промывки в наибольшей степени зависит от времени десорбции $\tau_c = 1/\gamma$. В то же время в научно-технической литературе отсутствуют какие-либо данные о численном значении величины γ , которую можно назвать коэффициентом скорости процесса массопереноса.

В настоящей работе предложен метод и определены численные значения коэффициента скорости процесса массопереноса γ при десорбции щелочи в результате промывки хлопчатобумажной ткани.

В основу метода положено использование упрощенного уравнения (1) и кривых кинетики промывки тканей. Уравнение (1) можно свести к форме

$$\gamma = \left| \frac{\partial n}{\partial t} \right|, \quad (2)$$

если предположить, что $\alpha\beta \ll n$ и $n=1$.

Поверхностная концентрация удаляемого вещества n меняется от единицы в самом начале процесса до величины, близкой к нулю, в конце промывки. Если принять [6], что в первом периоде промывки происходит замещение раствора в капиллярах промывной жидкостью, то концентрация удаляемого вещества в объеме капилляров материала близка к нулю в конце первого периода промывки. Таким образом, в конце первого периода промывки соблюдаются необходимые условия:

$$\alpha\beta \ll n \text{ и } n \approx 1.$$

При обработке экспериментальных данных вместо n обычно используется концентрация удаляемого вещества в ткани C' , отнесенная к массе сухой ткани, то есть

$$C' = m_3 / m_c, \quad (3)$$

где m_3 – масса удаляемого из ткани вещества; m_c – масса сухой ткани.

Необходимо найти связь между величинами, измеряемыми в экспериментах и входящими в уравнение (2) – прежде всего – между C' и n .

* Публикуется в порядке обсуждения

Безразмерную поверхностную концентрацию n можно выразить [4] в виде

$$n = m_n / m_0, \quad (4)$$

где m_n – масса удаляемого вещества на поверхности; m_0 – масса удаляемого вещества на поверхности в начальный момент времени промывки.

Равенство (3) можно записать как

$$C' = m_3 / m_c = (m_n + m_v) / m_c, \quad (5)$$

где m_v – масса удаляемого вещества в объеме капилляра.

В конце первого периода промывки, когда произошло замещение пропиточного раствора промывным, $m_v \cong 0$, и следовательно,

$$C' = m_n / m_c. \quad (6)$$

Соответственно

$$m_n = C' m_c. \quad (7)$$

С учетом (7) равенство (4) можно записать в форме

$$n = C' \frac{m_c}{m_0}. \quad (8)$$

Подставив (8) в (2) и продифференцировав, найдем

$$\gamma = \left| \frac{\partial n}{\partial t} \right| = \frac{m_c}{m_0} \left| \frac{\partial C'}{\partial t} \right|. \quad (9)$$

Покажем, что отношение $\frac{m_c}{m_0}$ можно выразить через начальную концентрацию вещества, удаляемого из ткани.

Ткань поступает на промывку (например, от щелочи) после выдержки в щелочном растворе до равновесного состояния (так принято при проведении экспериментов). Это означает, что начальное содер-

жание в ткани вымываемого вещества C'_0 можно определить следующим образом:

$$\begin{aligned} C'_0 &= (m_0 + m_v) / m_c = \\ &= (m_0 + m_0 / \alpha) m_c = \\ &= (m_0 / m_c) [(1 + \alpha) / \alpha], \quad (10) \end{aligned}$$

где постоянная равновесия $\alpha = m_n / m_v$.

При комнатной температуре ($t=22^\circ\text{C}$) по экспериментальным данным [7, 8] $\alpha=0,65$. Воспользовавшись приведенным значением α , из (10) найдем m_0 и подставим его в (9). Выражение для γ примет вид

$$\gamma = \frac{2,54}{C'_0} \left| \frac{\partial C'}{\partial t} \right|. \quad (11)$$

Зная начальную концентрацию удаляемого вещества в ткани C'_0 и скорость изменения C' в первом периоде, по экспериментальным данным можно вычислить коэффициент скорости процесса γ .

Очевидно, что как и α , коэффициент скорости процесса удаления вещества с поверхности γ зависит от температуры. Какие-либо данные (экспериментальные или теоретические) по определению функции $\gamma(T)$ скорее всего отсутствуют. Попытаемся предсказать вид функции $\gamma(T)$.

Переход частицы с поверхности в раствор можно представить в виде двух стадий. На первой стадии на поверхности образуется зародыш будущей частицы. На второй – частица переходит в раствор. На каждую из этих стадий требуется энергия перехода (энергия активации): энергия образования зародыша – E_1 и энергия перехода в раствор – E_2 . Процессы образования зародыша и перехода в раствор при данной температуре T независимы.

Вероятность образования зародыша W_1 равна

$$W_1 = A_1 \exp(-E_1/kT), \quad (12)$$

где k – постоянная Больцмана.

Вероятность перехода в раствор

$$W_2 = A_2 \exp(-E_2/kT). \quad (13)$$

Вероятности для независимых событий перемножаются, то есть вероятность того, что образовался зародыш и перешел в раствор, равна

$$W = A_1 A_2 \exp(-E_1/kT) \cdot \exp(-E_2/kT). \quad (14)$$

Учтем малость показателей экспонент. В этом случае экспоненты можно разложить в ряд, ограничившись линейным приближением. Выражение (14) можно упростить

$$W \cong A \{1 - (E_1 + E_2)/kT\} - [(E_1 + E_2)/2kT]^2, \quad (15)$$

где A – постоянная.

Таким образом, вероятность, а соответственно и $\gamma(T)$, имеет вид

$$\gamma = A + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^2}, \quad (16)$$

где B и C – постоянные.

Для определения функции $\gamma(T)$ необходимо из эксперимента или каких-либо соображений найти три значения γ при соответствующих температурах. Из (16) следует, что при $T \rightarrow \infty$ γ стремится к некоторому асимптотическому значению.

В реальных технологиях температура изменяется в относительно узком диапазоне. При промывках водными растворами область изменения температуры ограничена 300...373°K.

Предположим, что при атмосферном давлении и температурах вблизи 273°K процесс промывки почти прекращается, а

именно $\gamma=0$ (вследствие недостаточности энергий для образования зародышей и их перехода в раствор). При температурах, близких к кипению воды (373°K), скорость процесса десорбции должна стремиться к некоторому предельному значению. Вероятно, это связано с тем, что с одной стороны, энергия в системе достаточна для образования множества зародышей и их перехода в раствор. С другой стороны, повышение температуры приводит к образованию в растворе зародышей с энергией, достаточной для того, чтобы достичь поверхности материала и сорбироваться на ней. То есть с ростом температуры увеличивается не только поток частиц от стенки (десорбция), но и поток частиц на стенку. И, если не отводить из ткани эти частицы, то процесс придет в равновесие и промывка станет невозможной. Мы приходим к выводу о существовании некоторого предельного значения у коэффициента скорости промывки γ при температурах, близких к кипению.

Для определения функции (16) в явном виде обратим внимание, что относительно $1/T$ уравнение (16) представляет собой параболу. Для параболы в точке экстремума

$$\frac{\partial \gamma}{\partial (1/T)} = 0, \text{ а при } T = 273^\circ\text{K } \gamma = 0. \text{ Тогда для}$$

определения численных значений постоянных A , B и C запишем три уравнения:

$$0 = A + B(1/T_1) + C(1/T_1)^2, \quad (17)$$

$$0 = B + 2C(1/T_2), \quad (18)$$

$$\gamma_2 = A + B(1/T_2) + C(1/T_2)^2, \quad (19)$$

где T_1 – температура, при которой $\gamma=0$; T_2 – температура, при которой γ принимает экстремальное (максимальное) значение.

Достаточно из экспериментов или каких-либо соображений найти одно значение γ_2 при температуре T_2 , чтобы решив систему (17...19), найти численные значения постоянных A , B и C .

Вычисления показали, что в явном виде функцию (16) можно записать так:

$$\gamma = 2430(1/T) - 450000(1/T)^2 - 2.83. \quad (20)$$

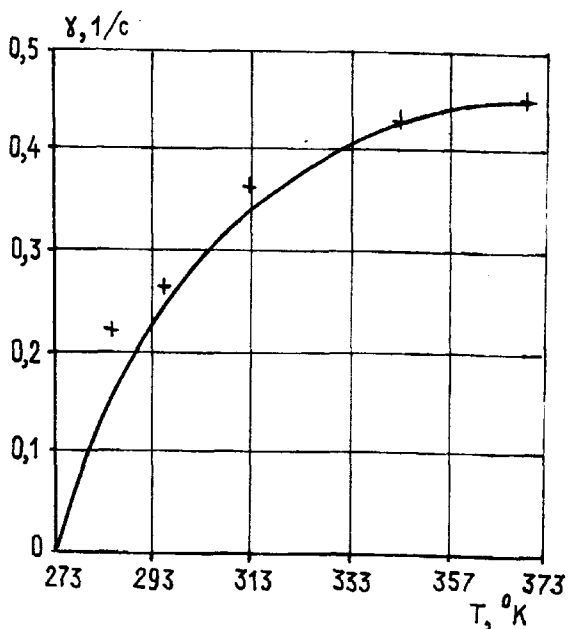


Рис. 1

На рис. 1 представлено сопоставление результатов расчета по уравнению (20) (сплошная линия) и значений $\gamma(+)$, полученных из экспериментальных кривых кинетики промывки [7]. По оси ординат отложена величина γ (в 1/с), по оси абсцисс – температура T (°K). Следует отметить хорошее совпадение результатов.

1. Предложен способ определения коэффициента скорости массопереноса γ по кинетическим кривым промывки текстильных материалов.

2. Определена зависимость γ от температуры. Получено достаточно хорошее совпадение с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давидзон М.И., Маурин Л.Н. // Инженерно-физический журнал. – 1986, т.50, № 3.
2. Давидзон М.И., Маурин Л.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1989, № 6.
3. Давидзон М.И., Маурин Л.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, № 3.
4. Давидзон М.И. Массоперенос в капиллярах с поглощающими стенками. – Иваново: ИвГУ, 1992.
5. Давидзон М.И., Ивлиева С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, № 5.
6. Смирнов В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, № 6.
7. Щеголев А.А. Исследование способов интенсификации процесса промывки ткани в высокоскоростных промывных машинах: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МТИ, 1981.
8. Процессы промывки тканей и методы их интенсификации /Под ред. Б.С. Сажина, Ф.Л. Альтер-Песоцкого. – М., 1984.

Рекомендована кафедрой общей физики. Поступила 11.09.00.

УДК 677.08.021.16/22

**ДЕФОРМАЦИЯ ВОЛОКНА
ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ РАССОРТИРОВКЕ
ВОЛОКНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ**

Ф. Р. КАХРАМАНОВ, В. Д. ФРОЛОВ, Е. Н. НИКИФОРОВА, Р. М. ПАРИНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Технологические условия рассортировки волокон хлопка, шерсти, котонизированного льна по длинам предусматривают достаточно полную разрыхленность сырья и возможность управления аэромеханическим процессом [1]. Скоростной поток воздуха, действующий на распрямленное одиночное волокно, влияет на его ориентацию, а эффективность управления связана с диаметром, длиной и извитостью волокна [2].

Рассмотрим волокно как бесконечно длинное тело вращения цилиндрической формы (рис.1-а,б), определяемой уравнением

$$r = a (1 - \varepsilon \sin^2 \theta), \quad (1)$$

где r – радиус волокна; a – радиус цилиндра; ε – параметр завихренности; θ – угол, характеризующий отрыв потока.

Уравнение (1) можно рассматривать как первое приближение для эллипса или, в зависимости от условий технологического процесса, как описание поверхности более сложной кривой.

Малые возмущения в набегающем потоке представляют собой параллельное течение с малой постоянной завихренностью (рис. 1-б), где скорость определяется формулой

$$\psi_{\infty y} = U \left(1 + \varepsilon \frac{y}{a} \right) = U \left(1 + \varepsilon \frac{r}{a} \sin \theta \right). \quad (2)$$

Функция тока равна

$$\begin{aligned} \psi_{\infty} &= U \left(y + \frac{1}{2} \varepsilon \frac{y^2}{a} \right) = \\ &= U \left[r \sin \theta + \frac{1}{4} \varepsilon \frac{r^2}{a} (1 - \cos 2\theta) \right], \quad (3) \end{aligned}$$

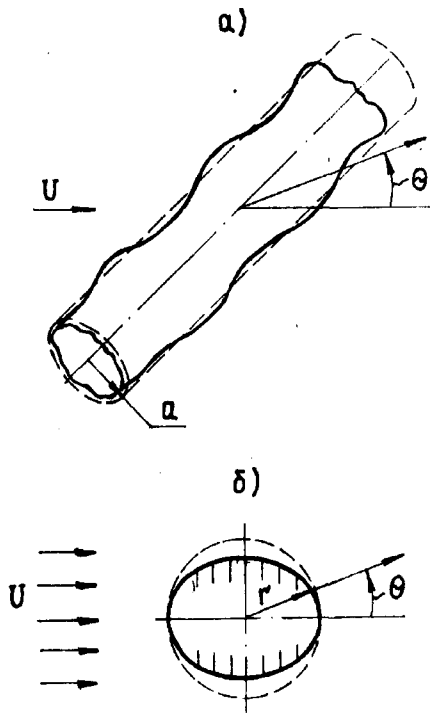


Рис. 1

$$\omega_{\infty} = -\nabla^2 \psi = -\varepsilon \frac{U}{a}. \quad (4)$$

$$\psi_{rr} + \frac{\psi_r}{r} + \frac{\psi_{\theta\theta}}{r^2} = \varepsilon \frac{U}{a}, \quad (5)$$

Уравнение и граничные условия с полным учетом основных факторов техноло-

$$\psi \rightarrow U \left[r \sin \theta + \frac{1}{4} \varepsilon \frac{r^2}{a} (1 - \cos 2\theta) \right] \text{ при } r \rightarrow \infty, \quad (6)$$

$$\psi(a, \theta) = 0. \quad (7)$$

Если безразмерный параметр завихренности ε мал и волокно не вызывает дополнительной циркуляции, то можно утверждать с достаточной вероятностью, что течение воздушного потока и смеси в нем отвечает параметрам безвихревого движения. Следовательно, решение задачи найдем с учетом возмущения на поверхности ψ разложением по степеням:

$$\psi(r, \theta, \varepsilon) = \psi_0(r, \theta) + \varepsilon \psi_1(r, \theta) + \dots, \quad (8)$$

где ψ_0 – основное решение наложением на равномерный поток течения от диполя, помещенного в центре круга:

$$\psi_1 \rightarrow \frac{1}{4} \frac{U}{a} r^2 (1 - \cos 2\theta) \text{ при } r \rightarrow \infty, \quad (11)$$

$$\psi_1(a, \theta) = 0. \quad (12)$$

Если набегающий поток равномерный, то завихренность обращается в нуль и ψ удовлетворяет уравнению движения Лапласа

$$\psi_{rr} + \frac{\psi_r}{r} + \frac{\psi_{\theta\theta}}{r^2} = 0 \quad (13)$$

с граничными условиями:

в набегающем потоке $\psi(r, \theta) \rightarrow U, \sin \theta$ при $r \rightarrow \infty$, $\quad (14)$

на поверхности тела $\psi(a, \theta) = 0. \quad (15)$

Подставив ряд (9) в уравнение (5), с учетом граничных условий (6) и (7), а также сути технологического процесса получим задачу для решения возмущения первого порядка ψ_1 :

$$\psi_{1rr} + \frac{\psi_{1r}}{r} + \frac{\psi_{1\theta\theta}}{r^2} = \frac{U}{a}, \quad (10)$$

Далее приравняем члены с одинаковыми степенями ε и для первых двух членов разложения получим

$$\nabla^2 \psi_0 = 0, \psi_0 \rightarrow U, \sin \theta \text{ при } r \rightarrow \infty, \quad (16)$$

$$\nabla^2 \psi_1 = 0, \psi_1 \rightarrow 0 \text{ при } r \rightarrow \infty. \quad (17)$$

Условия (16) и (17) определяют уравнение вида

$$\psi_0 [a(1 - \varepsilon \sin^2 \theta), \theta] + \varepsilon \psi_1 [a(1 - \varepsilon \sin^2 \theta), \theta] + \dots = 0. \quad (18)$$

В связи с тем, что параметр возмущения ε в первом аргументе функции входит как в явном, так и в неявном виде, приравнять к нулю члены с различными степенями невозможно, следовательно, необходимо провести разложение функции в ряды для получения явной зависимости от ε . Предположим, что функции ψ_0 и ψ_1 являются аналитическими по r . Разложим тогда их в ряды Тейлора вблизи $r = a$. Оставив только линейные члены уравнения, получим

$$\psi_0(a, \theta) - \varepsilon a \sin^2 \theta \psi_{0r}(a, \theta) + \varepsilon \psi_1(a, \theta) + \dots = 0. \quad (19)$$

Сравнив коэффициенты при одинаковых степенях ε и используя уравнения (9) для основного решения ψ_0 , запишем соотношения

$$\psi_0(a, \theta) = 0, \quad (20)$$

$$\psi = U \left[a \left(1 - \varepsilon \sin^2 \theta \right) - \frac{a^2}{a \left(1 - \varepsilon \sin^2 \theta \right)} \right] \sin \theta + \frac{1}{2} \varepsilon U \left[3 \frac{a^2}{a \left(1 - \varepsilon \sin^2 \theta \right)} \right] \sin \theta - \frac{a^4}{a^3 \left(1 - \varepsilon \sin^2 \theta \right)^3} \sin 3\theta + o(\varepsilon^2). \quad (23)$$

После упрощения (23) значение возмущения на поверхности волокна равно

$$\psi = U [a (1 - \varepsilon \sin^2 \theta)] + 3 \sin \theta. \quad (24)$$

В отдельных случаях при нахождении возмущения на поверхности волокна уместно упростить результат без ущерба для решения задачи в технологическом процессе. Для этого отбросим члены высшего порядка как несущественные путем разложения в ряд Тейлора вблизи основного значения $r = a$. При этом частное решение задачи возмущения сведется к нахождению скорости воздуха на поверхности волокна из упрощенного выражения путем подстановки $r = a$ в уравнение (22):

$$\begin{aligned} \psi_1(a, \theta) &= a \sin^2 \theta \psi_{0r}(a, \theta) = \\ &= 1/2 U_a (3 \sin \theta - \sin 3\theta). \end{aligned} \quad (21)$$

Таким образом, решение задачи возмущения (16) и (17) имеет ту же форму, что и основная задача, и ее решение при полном приближении первого порядка будет иметь вид

$$\begin{aligned} \psi &= U \left(r - \frac{a^2}{r} \right) \sin \theta + \frac{1}{2} \varepsilon U \cdot \\ &\cdot \left(3 \frac{a^2}{r} \sin \theta - \frac{a^4}{r^3} \sin 3\theta \right) + o(\varepsilon^2). \end{aligned} \quad (22)$$

Решение задачи возмущения на поверхности волокна получим после подстановки значения r из уравнения (1) в (22):

$$v_s = U (2 \sin \theta + \varepsilon \sin 3\theta + \dots). \quad (25)$$

При наиболее благоприятных технологических условиях решения, полученные методом возмущения (25), приводят в целом к удовлетворительным результатам. Тем не менее, часто ряды явно не являются сходящимися, особенно при возмущении параметра r , но асимптотический характер рядов означает, что некоторые разложения могут иметь достаточную точность в поле течения возмущенного потока при разумно малых ε . Такая точность имеет место в разложениях Рэлея – Янсена при числе Маха, меньших критического, что говорит

о решении задачи регулярных возмущений.

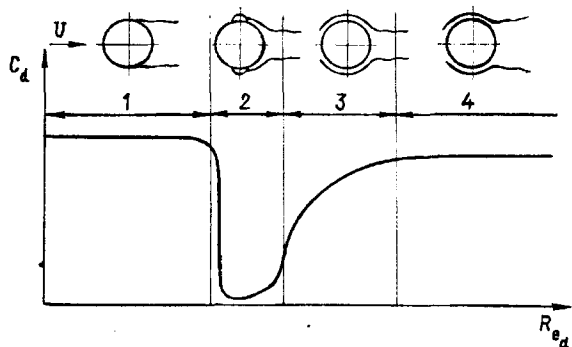


Рис. 2

Влияние числа Рейнольдса, турбулентности, шероховатости поверхности и числа Маха на сопротивление потоку воздуха волокна в виде цилиндра, установленного перпендикулярно потоку, показано на рис.2 для четырех режимов обтекания. Каждому режиму свойственны определенные тип отрыва и соответствующие характеристики сопротивления, предложенные Акенбахом. При докритических значениях числа Рейнольдса (поз.1) пограничный слой – ламинарный и отрыв потока происходит при $\varphi \cong 80 - 90^\circ$. В диапазоне критических значений числа Рейнольдса (поз.2) происходит отрыв ламинарного потока, переход пограничного слоя в турбулентный, а затем – повторное присоединение турбулентного потока. Присоединенный

турбулентный пограничный слой обладает большей энергией, чем ламинарный, и не отрывается до азимутального угла $\varphi \cong 140^\circ$ (поз.3). При этом ширина следа уменьшается, что приводит к значительному снижению сопротивления. И, наконец, в диапазоне больших закритических чисел Рейнольдса (поз.4) отрыв потока происходит в области $\varphi \cong 100^\circ$, а коэффициент сопротивления снова выходит на примерно постоянный уровень.

ВЫВОДЫ

1. Найдено решение задачи возмущения на поверхности одиночного волокна.
2. Рассмотрено влияние числа Рейнольдса на сопротивление потоку воздуха волокна в виде цилиндра, установленного перпендикулярно потоку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролова И.В., Андреев А.Ю., Кахраманов Ф.Р. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №2. С.72 ... 76.
2. Свидетельство на полезную модель №14736 РФ. Устройство для аэромеханической сортировки волокон / И.В. Фролова, Ф.Р. Кахраманов, Максимовская Т.Ю., Чистобородова Н.Г. – Оpubл. 2000. Бюл. №23.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 30.03.01.

УДК [677.025.071.252.4 : 677.53] : 677.071.4

ТЕОРИЯ И КРИТЕРИИ ОБРАЗОВАНИЯ СУКРУТИН ПРИ ВЯЗАНИИ

В. П. ЩЕРБАКОВ, В. А. ЗАВАРУЕВ

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

Особую важность в процессе вязания имеет устойчивость высокомодульных нитей, в частности металлических. Они перерабатываются на основовязальных и кулирных машинах в виде одиночной проволоки или пряжи бесконечных волокон очень малой линейной плотности (до 15 мкм). При этом монопить и прядь ни в каком случае не должны быть скручены как в естественном состоянии, так и при вязании. Формирование паковок, на которые навита нить, система подачи нити исключают возможность ее скручивания, так как вследствие большой жесткости даже небольшой крутящий момент может привести к потере устойчивости нити перед входом в петлеобразующую систему.

Вопрос об устойчивости прямолинейного упругого стержня, находящегося под действием приложенных к его концам сжимающих сил и скручивающих моментов, был рассмотрен еще в 1883г. И до сих пор для оценки устойчивости упругой нити используется условие, полученное в [1]. Однако следует заметить, что уравнения Greenhill являются неполными: в них пропущены дополнительные опорные реакции, направленные перпендикулярно оси стержня. В [2] получено уточненное решение задачи об устойчивости прямолинейной формы равновесия сжатого и скрученного стержня. И хотя в этом исследовании рассмотрен сжатый стержень, исходные дифференциальные уравнения в форме уравнений Кирхгофа и полученное решение может быть распространено и на растянутый стержень. В [2] замечено, что отрицательные значения одного из парамет-

ров трансцендентного уравнения, связанного с определением критической длины, соответствуют отрицательным значениям продольной силы, то есть растяжению стержня. Однако использовать решение [2] для оценки устойчивости скрученной и растянутой упругой нити нельзя, так как условия закрепления концов нити в задачах Николаи не соответствуют условиям переработки нити на трикотажных машинах.

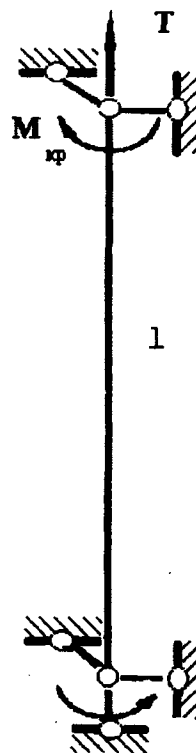


Рис. 1

В настоящей работе дано точное решение задачи определения критического крутящего момента и критической длины

шарнирно закрепленной растянутой нити (рис. 1) в зависимости от растягивающей силы.

Положим, что к концам нити приложены растягивающие силы (натяжение) T и крутящие моменты $M_{кр}$. Будем искать те значения длины нити l , при которых рядом с прямолинейной формой возможна и искривленная форма равновесия нити. Наименьшее из этих значений длины нити и есть критическая длина, за которой прямолинейная форма равновесия нити теряет устойчивость. Те же определения относятся и к крутящему моменту.

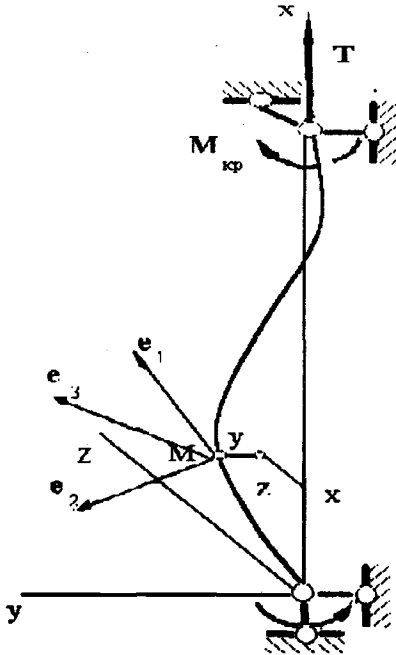


Рис. 2

Под действием внешних сил и моментов возникает искривление оси нити и нить переходит в новую искривленную форму равновесия (рис.2). Положим, что произошло ничтожно малое искривление оси нити и что нить находится в искривленном состоянии равновесия, бесконечно близком к ее первоначальному состоянию. Введем ортогональную систему координат, жестко связанную с осевой линией нити. Направим ось, определяемую единичным вектором e_1 , по касательной к искривленной оси в сторону возрастания дуговой координаты s . В связанных осях компоненты векторов внутренних сил Q и моментов M имеют четкий физический

смысл: Q_1 – осевая сила; Q_2 и Q_3 – перерезывающие силы; M_1 – крутящий момент, M_2 и M_3 – изгибающие моменты.

Проекция осевой линии имеет кривизны κ_2 и κ_3 , которые являются проекциями кривизн пространственной осевой линии. Кроме изгиба в двух взаимно перпендикулярных плоскостях моментами M_2 и M_3 элемент нити скручивается еще моментом M_1 , что приводит к кручению осевой линии нити, которое характеризуется компонентой κ_1 . Моменты пропорциональны изменениям кривизн осевой линии нити:

$$M_1 = A_1 \kappa_1, \quad M_2 = A \kappa_2, \quad M_3 = A \kappa_3. \quad (1)$$

Здесь A_1 – жесткость нити при кручении, A – жесткость нити при изгибе.

При перемещении трехгранника осей по пространственной кривой оси поворачиваются по отношению к первоначальному положению. Новое положение осей определяется с помощью трех независимых углов ϑ_1, ϑ_2 и ϑ_3 . Вектор κ , характеризующий изменение положения осей, связан с этими углами соотношениями

$$\kappa_1 = \frac{d\vartheta_1}{ds}, \quad \kappa_2 = \frac{d\vartheta_2}{ds}, \quad \kappa_3 = \frac{d\vartheta_3}{ds}. \quad (2)$$

Запишем уравнения равновесия нити в проекциях на связанные оси [3]:

$$\frac{dQ_1}{ds} + Q_3 \frac{d\vartheta_2}{ds} - Q_2 \frac{d\vartheta_3}{ds} = 0,$$

$$\frac{dQ_2}{ds} + Q_1 \frac{d\vartheta_3}{ds} - Q_3 \frac{d\vartheta_1}{ds} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{dQ_3}{ds} + Q_2 \frac{d\vartheta_1}{ds} - Q_1 \frac{d\vartheta_2}{ds} = 0;$$

$$\frac{dM_1}{ds} + M_3 \frac{d\vartheta_2}{ds} - M_2 \frac{d\vartheta_3}{ds} = 0,$$

$$\frac{dM_2}{ds} + M_1 \frac{d\vartheta_3}{ds} - M_3 \frac{d\vartheta_1}{ds} - Q_3 = 0, \quad (4)$$

$$\frac{dM_3}{ds} + M_2 \frac{d\vartheta_1}{ds} - M_1 \frac{d\vartheta_2}{ds} + Q_2 = 0.$$

Сосредоточенные силы и моменты, приложенные в конечных сечениях (при $s=\ell$), можно учитывать через краевые условия, поэтому они в уравнения равновесия не входят.

$$\frac{dQ_1}{ds} = 0, \quad \frac{dQ_2}{ds} + T \frac{d\vartheta_3}{ds} = 0, \quad \frac{dQ_3}{ds} - T \frac{d\vartheta_2}{ds};$$

$$\frac{dM_1}{ds} = 0, \quad \frac{dM_2}{ds} + M_1 \frac{d\vartheta_3}{ds} - Q_3 = 0, \quad \frac{dM_3}{ds} - M_1 \frac{d\vartheta_2}{ds} + Q_2 = 0.$$

Из второго и третьего уравнений (6) будем иметь

$$Q_2 = -T\vartheta_3 + Q_A, \quad Q_3 = T\vartheta_2 + Q_B, \quad (7)$$

где Q_A, Q_B – произвольные постоянные, представляющие собой дополнительные опорные реакции. Они существенно зависят от условий закрепления концов нити и должны быть приняты во внимание, когда оба конца нити неподвижно заделаны. Для случая шарнирного опирания концов следует принять $Q_A = Q_B = 0$.

Далее подставим найденные значения Q_2 и Q_3 в последние два уравнения (6), приняв во внимание соотношения (1) и (2). Тогда уравнения упругой линии запишутся следующим образом:

$$A \frac{d^2\vartheta_3}{ds^2} = T\vartheta_3 + M_1 \frac{d\vartheta_2}{ds}, \quad (8)$$

$$A \frac{d^2\vartheta_2}{ds^2} = T\vartheta_2 - M_1 \frac{d\vartheta_3}{ds}.$$

Решение этой системы представим в виде

Углы ϑ_2 и ϑ_3 связаны с перемещениями u_1 и u_2 зависимостями

$$\frac{du_2}{ds} = \vartheta_3, \quad \frac{du_3}{ds} = -\vartheta_2. \quad (5)$$

Отметим, что компоненты сил и моментов Q_1 и M_1 отличаются от величин T и $M_{кр}$ на ничтожно малые величины, компоненты же Q_2, Q_3, M_2, M_3 сами являются ничтожно малыми величинами. Отбросив в уравнениях (3) и (4) малые величины высшего порядка малости, получим

(6)

$$\vartheta_3 = C_1 \cos k_1 s + C_2 \sin k_1 s +$$

$$+ C_3 \cos k_2 s + C_4 \sin k_2 s, \quad (9)$$

$$\vartheta_2 = C_1 \sin k_1 s - C_2 \cos k_1 s +$$

$$+ C_3 \sin k_2 s - C_4 \cos k_2 s.$$

Здесь C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные постоянные; k_1 и k_2 – корни квадратного уравнения

$$k^2 + \frac{M_1}{A} k + \frac{T}{A} = 0: \quad (10)$$

$$k_1 = -\frac{M_1}{2A} + \sqrt{\frac{M_1^2}{4A^2} - \frac{T}{A}}, \quad (11)$$

$$k_2 = -\frac{M_1}{2A} - \sqrt{\frac{M_1^2}{4A^2} - \frac{T}{A}}.$$

Произвольные постоянные определяем из условий равенства нулю перемещений и кривизн изогнутой оси нити на ее концах. Кривизны k_2 и k_3 в соответствующих плоскостях равны производным

$$\begin{aligned} \frac{d\theta_3}{ds} = & -k_1 C_1 \sin k_1 s + \\ & + k_1 C_2 \cos k_1 s - k_2 C_3 \sin k_2 s + \\ & + k_2 C_4 \cos k_2 s; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\theta_2}{ds} = & k_1 C_1 \cos k_1 s + \\ & + k_1 C_2 \sin k_1 s + \\ & + k_2 C_3 \cos k_2 s + k_2 C_4 \sin k_2 s. \end{aligned}$$

В нашем случае шарнирно закрепленной нити на концах $s=0$ и $s=\ell$ изгибающие моменты обращаются в нуль и мы имеем на концах нити кривизны изогнутой оси нити, равные нулю.

$$\text{При } s=0 \quad \frac{d\theta_3}{ds} = k_1 C_2 + k_2 C_4 = 0,$$

$$\frac{d\theta_2}{ds} = k_1 C_1 + k_2 C_3 = 0.$$

При $s=\ell$

$$\frac{d\theta_3}{ds} = k_1 C_1 \sin k_1 \ell - k_1 C_2 \cos k_1 \ell +$$

$$+ k_2 C_3 \sin k_2 \ell - k_2 C_4 \cos k_2 \ell = 0,$$

$$\frac{d\theta_2}{ds} = k_1 C_1 \cos k_1 \ell + k_1 C_2 \sin k_1 \ell +$$

$$+ k_2 C_3 \cos k_2 \ell + k_2 C_4 \sin k_2 \ell = 0.$$

Выразим постоянные C_3 и C_4 через C_1 и C_2 и из последних двух уравнений получим

$$\begin{aligned} & C_1 (\sin k_1 \ell - \sin k_2 \ell) - \\ & - C_2 (\cos k_1 \ell - \cos k_2 \ell) = 0, \\ & C_1 (\cos k_1 \ell - \cos k_2 \ell) + \\ & + C_2 (\sin k_1 \ell - \sin k_2 \ell) = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Система уравнений (13) имеет отличные от нуля решения, если определитель ее будет равен нулю:

$$\det = \begin{vmatrix} \sin k_1 \ell - \sin k_2 \ell - \cos k_1 \ell + \cos k_2 \ell \\ \cos k_1 \ell - \cos k_2 \ell \sin k_1 \ell - \sin k_2 \ell \end{vmatrix} = 0.$$

Отсюда следует, что

$$\cos(k_2 - k_1)\ell = 1 \text{ или } (k_2 - k_1)\ell = 2\pi. \quad (14)$$

Но согласно формулам (11)

$$k_2 - k_1 = 2\sqrt{\frac{M_1^2}{4A^2} - \frac{T}{A}}$$

и, следовательно,

$$\sqrt{\frac{M_1^2}{4A^2} - \frac{T}{A}} = \frac{\pi}{\ell}. \quad (15)$$

Критическая сжимающая сила, соответствующая так называемому основному эйлеровскому случаю, равна

$$P_3 = \frac{\pi^2 A}{\ell^2}. \quad (16)$$

Тогда для критического крутящего момента получаем выражение

$$M_{1\text{кр}} = 2\sqrt{A}\sqrt{P_3 + T}. \quad (17)$$

Таким образом, при увеличении натяжения T критический крутящий момент, при котором происходит потеря устойчивости нити, возрастает. Корректные и точные экспериментальные исследования [1], в которых Е.Б. Беловым установлены новые качественные и количественные зависимости параметров, определяющих напряженно-деформированное состояние нити при кручении, в полной мере подтверждают построенную теорию.

Величина натяжения, при котором возможна подача нити к петлеобразующим

органам без образования сукрутин, определится неравенством

$$T > \frac{M_1^2}{4A} - P_3, \quad (18)$$

где P_3 – эйлерова сила, определяемая соотношением (16).

Как частный случай из общего условия (17) можно получить условие потери устойчивости крученого продукта при отсутствии натяжения. Положим в (17) $T=0$; кроме того учтем, что крутящий момент скрученной нити или пряжи является распределенным, то есть отнесенным к единице длины: $M_{1\text{кр}} = \mu_1 \text{кр} \ell$.

Тогда получаем критерий устойчивости нити в форме

$$\frac{M_{1\text{кр}}}{A} = 2\pi, \quad (19)$$

которым предпочтительнее пользоваться для оценки неравновесности образца в отличие от субъективных методов, обычно применяемых в текстильном материаловедении.

Располагая точным решением задачи об устойчивости формы равновесия растянутой и скрученной упругой нити, дадим оценку решения приближенных дифференциальных уравнений, в которых кривизна принята равной

$$k \approx y''.$$

Составим дифференциальное уравнение изогнутой оси в предположении, что перемещения малы [3]. В сечении x (рис. 2) изгибающие моменты от силы T и крутящего момента M_1 равны

в плоскости xy : Ty и $M_1 z'$;

в плоскости xz : Tz и $-M_1 y'$.

Знак перед моментом здесь взят в соответствии с обычным правилом знаков, применяемым в сопротивлении материалов: «плюс» берется, если момент направлен в сторону увеличения положительной кривизны в соответствующей плоскости;

«минус» – момент уменьшает положительную кривизну.

Теперь уравнения упругой линии запишем в виде

$$Ay'' = Ty + M_1 z', \quad Az'' = Tz - M_1 y'. \quad (20)$$

Решение этой системы представим в виде

$$y = C_1 \cos k_1 x + C_2 \sin k_1 x + C_3 \cos k_2 x + C_4 \sin k_2 x, \quad (21)$$

$$z = C_1 \sin k_1 x - C_2 \cos k_1 x +$$

$$+ C_3 \sin k_2 x - C_4 \cos k_2 x,$$

где k_1 и k_2 – корни квадратного уравнения (10).

В нашем случае имеем граничные условия:

$$\text{при } x=0 \quad y=z=0,$$

$$\text{при } x=\ell \quad y=z=0.$$

С их учетом из системы (21) получаем четыре уравнения

$$C_1 + C_3 = 0,$$

$$C_2 + C_4 = 0,$$

$$C_1 \cos k_1 \ell + C_2 \sin k_1 \ell + C_3 \cos k_2 \ell + C_4 \sin k_2 \ell = 0, \quad (22)$$

$$+ C_3 \cos k_2 \ell + C_4 \sin k_2 \ell = 0,$$

$$C_1 \sin k_1 \ell - C_2 \cos k_1 \ell +$$

$$+ C_3 \sin k_2 \ell - C_4 \cos k_2 \ell = 0.$$

Как уже отмечалось, система уравнений (22) может иметь отличные от нуля решения, если определитель ее будет равен нулю:

$$\det = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ \cos k_1 \ell & \sin k_1 \ell & \cos k_2 \ell & \sin k_2 \ell \\ \sin k_1 \ell & -\cos k_1 \ell & \sin k_2 \ell & -\cos k_2 \ell \end{vmatrix} = 0.$$

При натяжении $T=0$

Раскрывая определитель, получаем $\cos(k_2 - k_1)\ell = 1$, что полностью совпадает с решением (14) точных дифференциальных уравнений нелинейной теории. Вывод, который может быть сделан из только что указанного обстоятельства, состоит в том, что линеаризованное дифференциальное уравнение достаточно для исследования критических состояний скрученной и растянутой нити. Конечно, после достижения нагрузкой критического значения зависимость между нагрузкой и вызываемым ею прогибом не может быть получена из приближенного уравнения изогнутой оси. Но нас интересуют прежде всего условия потери устойчивости нити и, как показали решения по точной и приближенной теориям, обычные линейные уравнения сопротивления материалов пригодны для изучения поведения нити при кручении.

На основе изложенной теории выведем критерий потери устойчивости металлической монопилы. Обозначим через φ угол, на который одно концевое сечение нити закручено по отношению к другому. Имеем

$$\varphi = k_1 \ell = \frac{M_1}{A_1} \ell.$$

Из формулы (15) получаем

$$M_{1 \text{ кр}} = 2 \sqrt{TA + \frac{\pi^2 A^2}{\ell^2}}.$$

Подставляя в формулу для φ , находим

$$\varphi_{\text{кр}} = \frac{2 \sqrt{TA + \frac{\pi^2 A^2}{\ell^2}}}{A_1} \ell. \quad (23)$$

$$\varphi_{\text{кр}} = 2\pi \frac{A}{A_1}. \quad (24)$$

Для нити круглого сечения $A = \frac{\pi d^4}{64} E$, $A_1 = \frac{\pi d^4}{32} G$, где E – модуль упругости, G – модуль сдвига. С учетом $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ (здесь ν – коэффициент Пуассона) окончательно получим

$$\varphi_{\text{кр}} = 2\pi(1+\nu). \quad (25)$$

В [4] приведены данные для постоянных упругости, полученные Кестером и опубликованные им в серии статей, представляющих к настоящему времени главный источник по изучению модулей упругости, определенных из вибрационных испытаний. Так, для молибдена коэффициент Пуассона $\nu=0,31$, для вольфрама – $\nu=0,30$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Е. Б. Разработка технологии получения фасонной пряжи на основе изучения механизма поведения нитей при кручении. Дис. ... канд. техн. наук. – СПбУТД, 1999.
2. Николаи Е.Л. Труды по механике. – М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1955.
3. Феодосьев В. И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1996.
4. Белл Ф. Дж. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел. Ч. 1. – М.: Наука, 1984.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 29.03.01.

ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

И. Г. ЦИТОВИЧ, А. Ф. АНДРЕЕВ, Л. М. ШЕМЯКИНА, Н. В. ГАЛУШКИНА

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

Одним из важнейших показателей трикотажного полотна является его материалоемкость. Оперативная оценка материалоемкости имеет не только экономическую основу – она нередко связана с другими важными производственными ситуациями (задачами), в частности, необходимость в достаточно простых и оперативных вариантных расчетах. Например, зная площадь лекал (изделия) и потребность в изделиях, необходимо сформировать заказ на объемы требующегося сырья или, наоборот, по заданным объемам рассчитать производственную программу. Или чисто бытовые вопросы: по площади изделия – определить потребность в сырье. Важно, что при планировании работ, оценке вариантов не требуются точные решения, так как на предварительных этапах исследования (работы) обычно делаются прикидки и решается вопрос о целесообразности проведения работ и выборе вариантов по сырью, переплетению, срокам.

На практике обычно проводится экспериментальная апробация сырья, наработка опытной партии, после чего определяются качественные показатели полотна и выносится суждение о технологичности сырья, как способности к переработке на данном виде технологического оборудования. Такой метод проб и ошибок приводит к значительным экономическим потерям и затратам времени.

Более эффективный подход связан с некоторой априорной оценкой результата, проведением инженерных расчетов. Технолог в соответствии с ТУ, ГОСТами дол-

жен быстро определять и принимать решения по виду сырья, переплетению и возможности реализации задачи на определенном оборудовании. Современный уровень с помощью ЭВМ позволяет создавать базу данных и ускорять поиск приближительного решения или разрешает ответить на вопрос, что такое решение уже известно и не требует разработки¹.

Представляет интерес методология поиска решений на основе грубых (оценочных) расчетов, если, например, по отношению к толщине нити (как главному структурообразующему управляемому параметру) найти зависимости основных физико-механических свойств, включая поверхностную плотность, для основных (типовых) переплетений трикотажных полотен.

Несмотря на развитие различных моделей строения трикотажа и методов проектирования переплетений и полотен, практически отсутствуют инженерные методы, которые позволяют оперативно выполнять «прикидочные» (ориентировочные) расчеты основных показателей физико-механических свойств давно известных видов переплетений.

Можно считать (хотя это не вполне очевидно), что большинство свойств готового полотна зависят от его поверхностной плотности ($г/м^2$) (или удельной плотности вещества, $г/см^3$), имея в виду, что чем больше материала (вещества) в данной единице объема, тем вполне логично растет разрывная нагрузка, теплофизические свойства, внутреннее трение при деформациях и т.п. В [1], в частности, установлено,

¹ Следует отметить, что такая информатизационная база, во-первых, устаревает и, во-вторых, за время перестройки она почти исчезла, так как стандартизация в своей основе разрушена, а головные НИИ функционально "умерли" в условиях рынка.

что процессы влагопереноса зависят только от толщины материала и его пористости и не зависят от вида волокна и характеристики его слоев.

Такие корреляционные зависимости известны, хотя они неоднозначны, часто закономерность имеет максимум [2]. Более точные расчеты показывают, что при данной поверхностной плотности полотна многие свойства материала зависят от его структуры (в частности, пористости, слоистости, конфигурации, вида и длины элементов – петель, набросков, протяжек).

Из теории трикотажа известно, что важным безразмерным показателем многих свойств является модуль петли $\sigma = \ell/d_y$, как отношение длины нити в петле ℓ к толщине нити d_y . Уменьшение этого показателя означает рост удельной плотности материала, а следовательно, и изменение коррелированных с этим показателем многих других свойств.

Таким образом, изменяя данный показатель, можно регулировать многие свойства, а на стадии выбора проектного решения прогнозировать результат. Недостаток такого подхода заключается в том, что d_y – условный диаметр нити не подлежит контролю (измерению), следовательно, и величина σ также есть неконтролируемый фактический параметр и поэтому основополагающее в теории вязания соотношение $\ell = \sigma d_y$ не подлежит проверке.

Более продуктивным является подход, при котором можно ввести близкий по физической сущности параметр плотности (заполнения трикотажа нитью) k , как отношение длины нити в петле ℓ к линейной плотности нити T (где T – косвенная оценка d_y , но реально подлежащая измерению, следовательно, и контролю), то есть положить $k = \ell/\sqrt{T}$. В зарубежной практике в качестве такой оценки используют обратную величину, полагая параметр $k_J = 10\sqrt{T}/\ell$ [3]. Таким образом, из этого эквивалентного для модуля петли соотношения длину нити в петле определяем из соотношения $\ell = k\sqrt{T}$, где показатели ℓ и T подлежат измерению и контролю, а значение k точно определено. Следовательно

с точки зрения квалиметрии, процесс проектирования контролируем, а величина k есть регулируемый параметр, ответственный за многие показатели качества. Нами установлено, что поверхностная плотность полотна, представляющая интерес как важный параметр эффективности и качества, может быть найдена для основных переплетений как функция только линейной плотности пряжи (нити) [4].

Можно считать, что существует некоторое оптимальное (хотя бы как среднестатистическое) значение k [4], то есть для определенных видов переплетений считаем $k = \text{const}$. Это эквивалентно выводу о $\sigma = \text{const}$ с некоторой ошибкой, так как

$$\ell = \sigma d_y = \sigma 0,0357 \sqrt{T \gamma^{-1}} = k \sqrt{T}, \quad (1)$$

где k – параметр плотности; T – линейная плотность пряжи, текс (в определенной мере, это соотношение соответствует методологии И. И. Шалова, где принято $\ell = m\sqrt{T}/31,6$ [5]).

Полагаем в области, близкой к $k = \text{const}$ ($\ell = k\sqrt{T}$), например, для определенных (существующих) видов сырья параметры структуры трикотажа A и B в виде линейной функции от ℓ : $A = a_1 \ell$ и $B = b_1 \ell$, где a_1 и b_1 – некоторые постоянные величины. Такой подход позволил найти достаточно корректные для основных видов переплетений соотношения для поверхностной плотности полотна ρ , г/м² вида

$$\rho = K \sqrt{T}, \quad (2)$$

где K – некоторая константа, относящаяся к виду переплетения; T – линейная плотность пряжи (грунт), текс.

Решения получены для условно-равновесного состояния полотна ρ_0 , а затем сделаны оценки для значений ρ_ϕ с учетом усадки ϵ_A и ϵ_B соответственно по ширине и длине полотна при $\epsilon_A = 5\%$ и $\epsilon_B = 4\%$.

№ п/п	Вид переплетения	Модуль петли, σ	k ($\ell = k \sqrt{T}$)	K ($\rho = K \sqrt{T}$)	
				Состояние трикотажного полотна	
				равновесное K_0	с учетом усадки K_ϕ
1	Одинарный полуфанг	22	0,696	20,47	18,75
2	Кулирная гладь	20	0,633	27,42	25,11
3	Одинарный фанг	22	0,696	29,26	26,80
4	Двухизнаночное	25	0,791	32,39	29,66
5	Двойной полуфанг	22	0,696	32,84	30,07
6	Гладкое платированное ($T_{пл} = T_{гр}$)	22	0,984	34,35	31,45
7	Жаккардовое одинарное полное двухцветное	21	0,664	37,82	34,63
8	Жаккардовое одинарное полное трехцветное	21	0,664	43,34	39,69
9	Двуластичное (интерлок)	30	0,949	44,60	40,84
10	Ластик 1+1	22	0,696	48,33	44,26
11	Футерованное (1+3) ($T_\phi = 3T_{гр}$)	23	0,727	55,94	51,23
12	Производная гладь	20	0,633	56,72	51,94
13	Жаккардовое двойное полное двухцветное	23	0,727	58,66	53,72
14	Жаккардовое двойное полное трехцветное	23	0,727	71,73	65,69
15	Двойной фанг	22	0,696	72,14	66,06
16	Плюшевое ($T_{пл} = 2T_{гр}$)	23/30	0,727	104,70	98,66

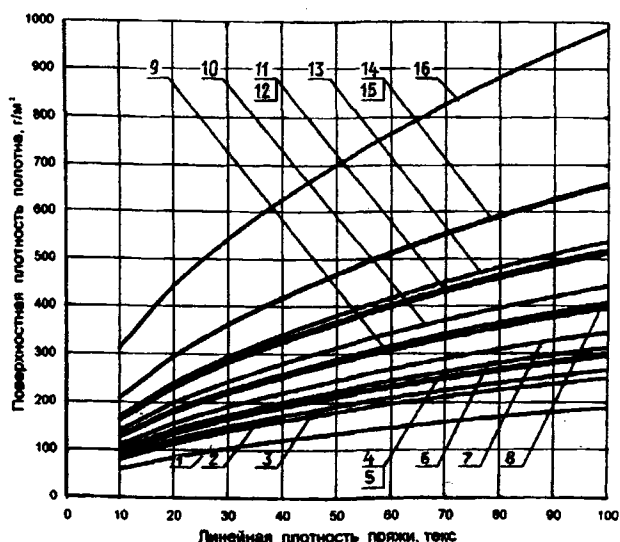


Рис. 1

В табл.1 представлены инженерные расчеты материалоемкости трикотажных изделий, а на рис. 1 – трикотажных полотен. На рис.1: 1 – одинарный полуфанг, 2 – кулирная гладь, 3 – одинарный фанг, 4 – двухизнаночное, 5 – двойной фанг, 6 – гладкое платированное ($T_{пл} = T_{гр}$), 7 – жаккардовое одинарное полное двухцветное, 8 – жаккардовое одинарное полное трехцветное, 9 – двуластичное (интерлок), 10 – ластик 1+1, 11 – футерованное (1+3) ($T_\phi = 3T_{гр}$), 12 – производная гладь, 13 – жаккардовое двойное полное двухцветное, 14 – жаккардовое двойное полное трехцветное, 15 – двойной фанг, 16 – плюшевое ($T_{пл} = 2T_{гр}$).

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что для основных видов структур переплетений трикотажных полотен поверхностная плотность может быть рассчитана из соотношения $\rho = K\sqrt{T}$. Результаты получены на основе геометрических моделей проектируемых трикотажных переплетений, требуют экспериментальной проверки и в «первом приближении» могут быть использованы для ориентировочных расчетов.

2. Существенная значимость различия поверхностной плотности трикотажных полотен позволяет считать способ комбинирования структур переплетений в полотне одним из важных направлений экономного использования сырья.

3. В развитии [4] выполнен переход от модуля петли σ к коэффициенту плотности k .

ЛИТЕРАТУРА

1. *Rita M. Crow, Randal J. Oszcewski*. // Text. Res. J. – 68 (4), 280 ... 288.
2. Albany Jnt. Res. Co Newsl., 1987, XIV, No 1.
3. *Knapton J.J.F.* How to knit spun yarn efficiently // Knitting Times Yearbook. –V. 46. № 18, 1977. P. 111...115.
4. *Цитович И.Г., Сенчило И.И., Орбеладзе Е.Ю.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, №1. С.72 ...75.
5. *Шалов И.И.* Проектирование трикотажного производства. – М., 1977. С. 57.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 02.04.01.

УДК 615.479

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АССОРТИМЕНТА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Н.С. МОКЕЕВА, И.М. КОНОНИНА, В.Г. КАВАРДАКОВА, А.И. ЕМЕЛЬЯНОВА

(Новосибирский технологический институт
Московского государственного университета дизайна и технологии)

В условиях развития рыночных отношений у нас в стране сложилась критическая ситуация, связанная с разработкой, производством и обеспечением работающих новыми средствами защиты от вредных производственных факторов. В основном это произошло вследствие свертывания государственных программ по охране окружающей (и в том числе производственной) среды [1].

Особого внимания заслуживает сектор здравоохранения, от которого во многом зависит здоровье всех граждан. Однако зачастую и деятельность самих медиков подвержена значительному риску профессиональных заболеваний. Это резко повышает роль защитной одежды, которая подразделяется на специальную и санитарную.

Появление идеи специализированной медицинской одежды в ее нынешнем понимании можно отнести к 1867 г. Именно тогда английский хирург Джозеф Листер сумел убедить европейское медицинское сообщество в насущной необходимости проведения антисептических мероприятий в процессе лечения и ухода за больными [1].

В настоящее время степень расширения емкости рынка изделий медицинского назначения определяется, главным образом, увеличением числа новых материалов со специфическими свойствами. Нормативно-

техническая отечественная база (ГОСТы и ТУ) требует пересмотра, совершенствования и увязки с международными стандартами. Необходимость разработки и организации выпуска конкурентоспособной медицинской одежды создали предпосылки для научного поиска, создания научно обоснованных ассортиментных групп и фирменных коллекций этой одежды.

Следует отметить, что разработка медицинской одежды требует особого методологического подхода, поскольку одежда для медиков выполняет определенные функции; она должна соответствовать ряду требований и обладать конкретными свойствами. Основная функция этой одежды – защитная, причем специфика медицинской одежды заключается в некоторой двойственности. С одной стороны, одежда должна свести к минимуму риск возможного проникновения в стерильную атмосферу микробов и бактерий, с другой – предохранить от влияния вредных биологических факторов самих врачей и санитаров [2]. Таким образом, необходимо ввести соответствующие пояснения в классификацию медицинской одежды. Двойственность в назначении этого вида одежды предполагает деление одежды для медицинского персонала на специальную (защищающую самих работников) и санитар-

ную (оберегающую больных от внешних вредных биологических факторов).

На кафедре Дизайна и технологии швейных изделий Новосибирского технологического института на базе областной клинической больницы, включающей более 40 отделений, проведены исследования, позволяющие классифицировать одежду для медицинского персонала на санитарную и специальную (в зависимости от специализации).

Изучение условий труда медицинских работников обязательно при разработке медицинской одежды, так как позволяет разработчику проектировать функциональные конструктивные элементы с учетом вредных производственных факторов и характерных движений.

Важное значение при анализе условий труда имеет четкая классификация рабочего времени для медицинских работников различных специальностей, позволяющая достаточно полно представлять объем обязанностей и выполняемой работы, а также определять количество изделий, входящих в состав ассортимента групп.

Для удобства анализа все рабочее время целесообразно делить на две большие группы: время, непосредственно связанное с лечением, биопрофилактическим обслуживанием населения (больных и здоровых лиц), и время, затраченное на другие виды работ, не связанные непосредственно с оказанием медицинской помощи (например, руководящего персонала). Затраты времени, входящие в первую из перечисленных групп, складываются из осмотров больных в стационаре, работы с медицинской документацией, консультационной деятельностью. Эти данные существенно влияют на структуру коллекций медицинской одежды.

Изучение условий труда работников медицинской сферы тесно связано с исследованием вредных производственных факторов. Особенно остро это зависит от аттестации рабочих мест, поскольку в процессе работы медики нередко подвергают угрозе

не только свое здоровье, но и жизнь. В России профессиональная заболеваемость у медицинских работников растет в среднем на 8,8% в год, что превышает показатели в таких отраслях, как энергетика и нефтеперерабатывающая промышленность [1].

Различные категории и профессиональные группы медицинских работников в процессе своей трудовой деятельности подвергаются воздействию самых различных неблагоприятных факторов производственной среды: нервно-эмоциональное напряжение, вынужденная рабочая поза, чрезмерное напряжение анализаторных систем, дискомфортный микроклимат, недостаточная освещенность рабочих мест, вредные химические вещества, биологические факторы, ультразвук, ионизация, лазерное воздействие. Все эти вредные производственные факторы должны обязательно учитываться и определять защитную функцию медицинской одежды, которая наряду с другими средствами защиты призвана оберегать здоровье медиков.

Согласно специализации медицинские работники делятся на врачей, средний и младший медицинский персонал. Каждая из представленных групп нуждается в выделении соответствующего ассортимента одежды, так как в процессе лечения больных существует определенное разделение труда. Следовательно, характер движений и перечень вредных химических, физических и биологических факторов для старшего, среднего и младшего персонала различны.

На основе такого комплексного анализа медицинская одежда разделена не только на специальную и санитарную, но и выявлен необходимый для каждой специальности и специализации ассортимент одежды.

В результате проведенных маркетинговых исследований сформированы ассортиментные группы спецодежды для сотрудников всех отделений больницы. Полученные данные на примерах нескольких отделений представлены в табл. 1.

Наименование отделения и специализация медицинского персонала	Санитарная одежда				Специальная одежда			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Гнойная хирургия								
Врачи	+	+	+		+	+	+	
Средний персонал		+	+		+	+	+	
Младший персонал		+	+					

Примечание. Ассортимент: 1 – халат, 2 – куртка (блуза), 3 – брюки (юбка), 4 – полукombineзон.

К специальной медицинской одежде следует отнести одежду работников хирургических отделений, инфекционных, патологоанатомических, клинических лабораторий, диагностических кабинетов. Проектированию именно такой одежды следует уделить особое внимание.

При разработке ассортимента медицинской одежды определяющую роль играет ее назначение и условия эксплуатации. Качество медицинской одежды и ее свойства напрямую зависят от качества и свойств материалов, из которых она изготовлена.

Сегодня в соответствии с нормативно-технической документацией (НТД) медицинская одежда должна изготавливаться из материалов с натуральными волокнами (бязь ГОСТ 11680 – 76, ткани миткалевой группы ГОСТ 7138 – 73, сорочечные ткани ГОСТ 12087 – 77) и смесовых материалов (ГОСТ 11578 – 88, ГОСТ 11209 – 85, ГОСТ 29298 – 92), но результаты исследований в Областной клинической больнице (г. Новосибирск) свидетельствуют, что 21% медицинских работников не устраивают материалы, из которых изготовлена их профессиональная одежда, так как эти материалы не обеспечивают защитной функции.

Отечественные текстильные предприятия, принимая во внимание новые тенденции развития ассортимента медицинской одежды, в то же время не изучают

условия труда медицинского персонала и ориентируются на существующую НТД, разработанную для бытовых тканей. Требования к специальной и санитарной одежде должны быть выше, также следует расширить номенклатуру свойств.

При разработке тканей для медицинской одежды разработчики и производители продукции должны прежде всего знать условия обработки загрязненных изделий, которые предусматривают такие процессы, как: дезинфекция, стирка, стерилизация, глажение. В медицинских учреждениях одежду для больных, постельное белье, полотенца, санитарно-гигиеническую одежду обрабатывают следующим образом: стирка в циклическом режиме с моющими средствами, антистатиками и крахмалом, сушка, глажение. Одежда для больных хирургических отделений предварительно дезинфицируется. Операционную одежду после стирки дополнительно стерилизуют. Таким образом, ткани для медицинской одежды должны обладать высокой прочностью не только в сухом, но и во влажном состоянии, устойчивостью к высоким температурам и давлению при автоклавировании, не изменять линейных размеров после стирок, сохранять окраску после многократных воздействий хлора, моющих веществ и температуры.

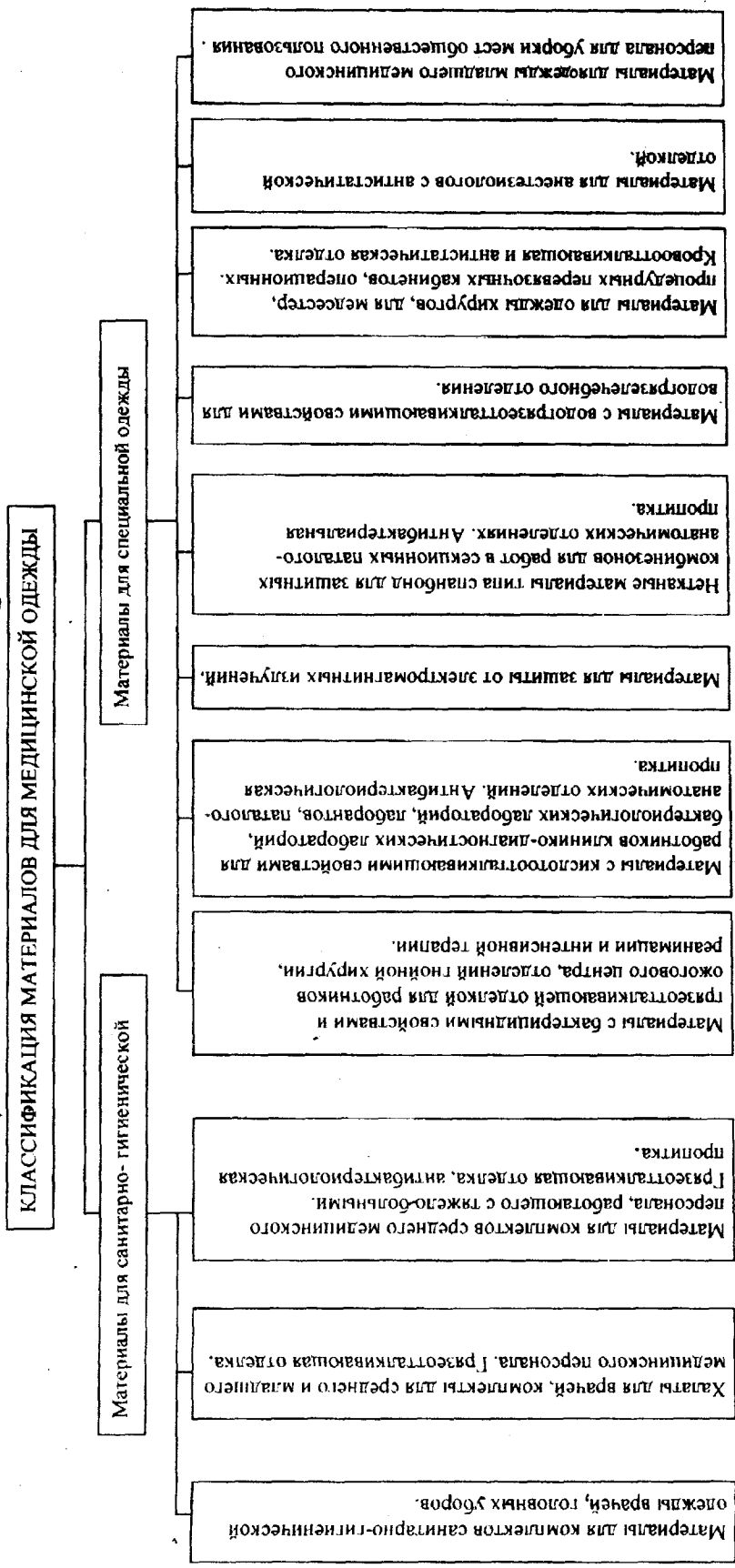


Рис. 1

Для удобства формирования требований нами предлагается разбить материалы на две группы по назначению: материалы для санитарно-гигиенической одежды и материалы для специальной одежды (рис.1).

Исходя из условий эксплуатации общие требования к санитарно-гигиенической одежде следующие: высокие гигиенические свойства, обеспечивающие тепловой комфорт человека в условиях повышенных температур (летом), так и пониженных (до 16°C в помещении зимой). Для этого должны быть предусмотрены материалы для зимнего и летнего времени. Эстетические свойства материала для санитарно-гигиенической одежды по значимости уступают только гигиеническим – хороший внешний вид врача положительно влияет на настроение окружающих, создает требуемую рабочую обстановку и способствует повышению работоспособности.

Показатели износостойкости и прочности материалов для санитарно-гигиенической одежды должны быть высокими, так как существуют множество факторов в процессе работы медицинского персонала, способных механически повредить одежду, вызвать ее истирание как по плоскости, так и на сгибах.

Для специальной медицинской одежды необходимы материалы, обладающие защитными свойствами. Такая одежда требуется медицинскому персоналу (медсестрам, санитарам), работающему с больными, которые не в состоянии обслуживать себя сами или тем, чья работа связана с постоянным риском попадания на одежду вредных биологических и химических веществ.

Защитные свойства материалов во многом определяются волокнистым составом, а также специальными пропитками. Причем требования, которые предъявляются к тканям для специальной одежды, должны иметь адресную направленность: зависеть от специальности и специализации.

Например, в пакете операционной одежды основные защитные свойства должен

обеспечивать внешний слой, то есть халат. Ткань для халата должна иметь **большую** поверхностную плотность. Поэтому для операционного комплекта достаточно грязеотталкивающей отделки, а халат должен иметь кровоотталкивающую пропитку, независимо от того, применяется фартук или нет.

Для обеспечения комфортного состояния хирургов необходимы высокие показатели гигиенических свойств: воздухопроницаемости (не менее 330 дм³/м²·с), гигроскопичности (не менее 7%), паропроницаемости (не менее 50%) [3]. Большое количество электроприборов в операционной, низкая влажность воздуха, фоновый уровень ионизирующих излучений способствует возникновению статических зарядов на одежде. Следовательно, для хирургических комплектов более всего подходят ткани с хлопчатобумажными волокнами. Хлопчатобумажная ткань имеет низкое удельное сопротивление и высокую скорость стекания зарядов, которая увеличивается при увлажнении материала. В операционной врач передвигается мало, поэтому вероятность разрыва или раздира ткани мала. Разрывная нагрузка и стойкость к истиранию могут быть ниже, чем у санитарно-гигиенической одежды (450Н).

Основным недостатком хлопчатобумажных тканей является их “старение” при обработке в автоклавах (стерилизации). Высокая температура (132°C) и давление (0,2 МПа) приводят к пожелтению материалов и ухудшению их эстетических свойств. Желтизну можно нивелировать расцветкой материала, например, фиолетовой, которая постепенно будет переходить в сиреневую.

Особое внимание следует обратить на цветовое решение медицинской одежды. В данном случае цвет несет не только эстетическую, но и психологическую, утилитарную и даже лечебную нагрузку. Кроме того, цвет (а также эмблемы и логотипы) являются элементами фирменного стиля, указывают на принадлежность к той или иной специализации, и это тоже необхо-

димо учитывать при разработке ассортимента одежды.

Таким образом, в связи с тем, что сейчас текстильная промышленность развивается более быстрыми темпами, чем швейная, разработаны и разрабатываются новые материалы с антисептическими свойствами, защитными антибактериологическими пропитками, текстильщики должны ориентироваться на конкретную специальность и иметь научно обоснованные технические условия на разрабатываемую ткань, которые базируются на результатах исследова-

ния условий труда медицинских работников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов С., Глушкова Н. // Охрана труда и социальное страхование. – №2, 1999.
2. Ростов Н. // Спецодежда. – №1, 1999. С. 3...7.
3. Кокеткин П.П., Чубарова З.С., Афанасьева Р.Ф. Проектирование специальной одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. С.93.

Рекомендована кафедрой дизайна и технологии швейных изделий. Поступила 13.03.01.

УДК 687:658.628

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА НА ОДЕЖДУ

Л.П. ШЕРШНЕВА, С.Г. СУНАЕВА

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

При проектировании одежды, используя методы социологических исследований в целях получения достоверной информации, необходимо правильно выбрать наиболее эффективный метод обработки результатов опроса [1]. Нами предлагается одна из методик обработки результатов социологического опроса 570 респондентов, позволяющая получить расширенную достоверную информацию о характере взаимосвязи между признаками респондентов (социальная принадлежность, до-

ход, тип фигуры, образование, возраст и т.д.) и выбираемыми ими характеристиками моделей (стиль, силуэт, покрой, длина изделия и др.), а также между признаками самих респондентов для исключения их дублирования.

По этой методике вначале следует сгруппировать респондентов по биосоциальным признакам в натуральных единицах и в процентах, а в дальнейшем изучать влияние каждого из них на выбор характеристик моделей одежды.

Таблица 1

№ п/п	Длина изделия	Распределение респондентов в зависимости от образования				Итого, чел
		среднее		высшее		
		чел.	%	чел.	%	
1	Выше линии колен (мини)	30	8,9	28	12,0	58
2	До уровня колен	34	10,1	40	17,1	74
3	Ниже уровня колен на 10...15 см	94	28,0	80	34,2	174
4	Длинная (макси)	78	23,2	56	23,9	134
5	В зависимости от моды	100	29,8	30	12,8	130
	Итого	336	100,0	234	100,0	570

Анализируя табл.1, где приведена группировка, в которой рассматривается влияние образования на выбор длины изделия, заключаем, что в большинстве случаев женщины с высшим образованием предпочитают длину платья ниже колен на 10...15 см (34,2%), женщины со средним образованием – в зависимости от моды (29,8%). Самым непопулярным в обеих подгруппах оказалось платье длиной выше колен (соответственно 12,0 и 8,9%). Среди потребителей, выбирающих длину изделия в зависимости от моды, больше женщин со средним образованием; удельный вес женщин с высшим образованием преобладает среди выбирающих все остальные варианты длины платья.

Для установления факта наличия и уровня значимости взаимосвязи (то есть влияния признаков респондентов на выбираемые характеристики моделей) использовали критерий χ^2 , который рассчитывали по формуле

$$\chi^2 = n \left[\sum_{i=1}^{k_1} \sum_{j=1}^{k_2} \frac{n_{ij}^2}{n_i n_j} - 1 \right],$$

где n – объем выборки; n_{ij} – частоты (число респондентов) в ячейке таблицы;

$$\chi^2 = 570 \left[\frac{30^2}{58 \cdot 336} + \frac{28^2}{58 \cdot 234} + \frac{34^2}{74 \cdot 336} + \frac{40^2}{74 \cdot 234} + \frac{94^2}{174 \cdot 336} + \frac{80^2}{174 \cdot 336} + \frac{78^2}{134 \cdot 336} + \frac{56^2}{134 \cdot 234} + \frac{100^2}{130 \cdot 336} + \frac{30^2}{130 \cdot 234} - 1 \right] = 28,5.$$

Значение $\chi_{крит}^2$ при числе степеней свободы $d.f.=(5-1)(2-1)=4$ и уровне значимости $\alpha=0,05$ составляет 9,49. Поскольку $\chi_{факт}^2 > \chi_{крит}^2$, то взаимосвязь уровня образования и выбора длины платья является значимой на уровне значимости 0,05.

Установив наличие связи, необходимо измерить ее силу (тесноту) для того, чтобы

$n_i = \sum_{i=1}^{k_j} n_{ij}$ – сумма по i -й строке;

$n_j = \sum_{j=1}^{k_2} n_{ij}$ – сумма по j -му столбцу;

k_1 – число строк (число групп по первому признаку); k_2 – число столбцов (число групп по второму признаку); $i=1, 2, \dots, k_1$; $j=1, 2, \dots, k_2$.

Рассчитанное фактическое значение χ^2 -критерия ($\chi_{факт}^2$) сравнивали с критическим значением ($\chi_{крит}^2$) из таблиц значений χ^2 -критерия Пирсона при числе степеней свободы $d.f.=(k_1-1)(k_2-1)$ и уровне значимости α (для социологических исследований принято значение $\alpha=0,05$).

Для примера по результатам табл.1 рассчитана величина χ^2 :

иметь возможность сравнивать взаимосвязь между различными признаками и выделять наиболее сильные из них. Для измерения тесноты связи качественных характеристик использовали показатель связи Чупрова T :

$$T = \sqrt{\frac{\chi^2}{n\sqrt{(k_1 - 1)(k_2 - 1)}}}$$

Свойства показателя тесноты связи следующие: 1) он не зависит от принятых единиц измерения признаков, то есть сравним для любых признаков; 2) область его существования $0 \leq T \leq 1$; 3) чем ближе значение T к единице, тем сильнее связь.

Для рассматриваемого примера его значение

$$T = \sqrt{\frac{28,5}{570\sqrt{(5-1)(5-2)}}} = 0,16.$$

Из расчетов следует, что влияние образования на выбор длины платья незначительно.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Переменные	Биосоциальные признаки респондентов				
		образование	семейное положение	возраст	доход	тип фигуры
1	Стиль	0,50*	0,48*	0,79*	0,53*	0,22*
2	Силуэт	0,28*	0,31*	0,89*	0,35*	0,69*
3	Покрой рукава	0,16*	0,59*	0,87*	0,21*	0,47*
4	Длина изделия	0,16*	0,37*	0,70*	0,12	0,62*
5	Элементы композиции	0,37*	0,38*	0,42*	0,18*	0,59*
6	Цвет материала	0,79*	0,78*	0,81*	0,64*	0,75*
7	Образование	-	0,12	0,29*	0,20*	0,20*
8	Семейное положение	0,12	-	0,40*	0,10	0,21*
9	Возраст	0,29*	0,40*	-	0,11	0,72*
10	Доход	0,20*	0,10	0,11	-	0,10
11	Тип фигуры	0,20*	0,21*	0,72*	0,10	-

Примечание. * – показатели, для которых уровень значимости критерия χ^2 больше 0,95.

Аналогичные расчеты, проведенные по каждому признаку респондента и характеристике модели платья, представлены в табл. 2 (матрица парных показателей Чупрова T) (позиции 1...6). Кроме того, здесь проводятся данные о тесноте связи между признаками респондентов (позиции 7...11), что позволяет выделить важнейшие факторы (биосоциальные признаки личности), влияющие на результативный признак (характеристики модели).

Из анализа табл.2 следует, что некоторые биосоциальные признаки личности тесно связаны между собой. Это означает, что влияние этих факторов дублирует друг друга, причем один из пары факторов объясняет изменение результата под действи-

ем второго фактора. Например, на выбор длины платья наиболее значительное влияние оказывают возраст ($T=0,70$) и тип фигуры ($T=0,62$). Но взаимосвязь между этими признаками очень тесная: $T=0,72$. Поэтому в качестве факторов, определяющих выбор характеристик модели, выделяются те из них, которые имеют более тесную связь с результативным признаком, в данном случае – возраст.

При рассмотрении взаимосвязи цвета материала и биосоциальных признаков личности выявлено, что все признаки респондентов оказывают значительное влияние на выбор цвета материала. Следовательно, при обосновании рекомендуемого

цвета материала необходимо учитывать влияние всех этих факторов.

Для поиска общей закономерности воздействия биосоциальных признаков респондентов на исследуемые характеристики женского платья целесообразно провести анализ коэффициентов сопряженности T методом Баннистена [2], суть которого в следующем.

Для каждой пары переменных признаков респондента – характеристика модели подсчитываются баллы взаимосвязи $B_{вз}$:

$$B_{вз} = T^2 \cdot 100.$$

Например, для пары стиль – образование балл взаимосвязи составил

$$B_{вз} = 0,50^2 \cdot 100 = 25.$$

Сумма баллов взаимосвязи для каждого фактора является числовым выражением общей дисперсии резульативного признака, объясняемой данным фактором. Фактор, имеющий самую большую сумму баллов взаимосвязи ($\sum B_{вз}$), несет наибольшую нагрузку в данной системе.

Результаты таких расчетов сведены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

№ п/п	Требования к модели женского платья	Биосоциальные признаки личности				
		образование	семейное положение	возраст	доход	тип фигуры
1	Стиль	25	23	62	28	5
2	Силуэт	8	10	79	12	48
3	Покрой рукава	3	35	76	4	22
4	Длина изделия	3	14	50	1	38
5	Элементы композиции	14	14	18	3	35
6	Цвет материала	62	61	66	41	56
	$\sum B_{вз}$	115	157	351	89	207

Как видно из табл.2 и 3, возраст и тип фигуры респондентов объясняют наибольшую часть колебаний требований потребителей при выборе модели женского платья.

Таким образом, приведенная методика обработки данных социологического исследования дает возможность сделать научно обоснованные выводы о влиянии тех или иных признаков респондентов на выбираемые ими характеристики моделей одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. ч.-к. РАН

И.И. Елисеевой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1998.

2. Франселла Ф., Баннистен Д. Новый метод исследования личности: Руководство по репертуарным личностным методикам: Пер. с англ./ Общ. ред. и предисл. Ю.М. Забродина и В.И. Похильно. – М.: Прогресс, 1987.

Рекомендована кафедрой технологии швейного производства. Поступила 01.06.01.

УДК 677.052

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ЦЕПНОГО НИТЕРАСКЛАДЧИКА
НА ДЛИНУ И МАКСИМАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР БОБИНЫ**

А.С.ЖДАНОВ, Б.Н.ВИНОГРАДОВ

(Дмитровградский институт технологии, управления и дизайна
Ульяновского государственного технического университета)

Значительная роль в росте производительности оборудования для синтетических волокон наряду с увеличением скорости приема и наматывания нити принадлежит увеличению массы бобины. Достигается это как увеличением длины бобины, так и ростом ее максимально возможного диаметра. В случае использования цепного нитераскладчика, с точки зрения конструкции нитераскладчика, длина бобины не имеет ограничений – ограничение может быть только со стороны физико-механических свойств нити.

Известно, что длина паковки не равна ходу нитеводителя и определяется формулой [1]:

$$H_{\delta} = H_p - 2z_{\min}, \quad (1)$$

где H_{δ} – истинная длина паковки; H_p – ход нитеводителя; z_{\min} – расстояние от крайнего положения нитеводителя до координаты точки нити, в которой она начинает обратное движение.

Таким образом, для определения истинной длины паковки необходимо знать z_{\min} . Реверс нити происходит, когда нитеводитель прошел переходный участок [2] и движется прямолинейно. Тангенс угла раскладки нити при этом определяется следующим выражением:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{(z^* - C)}{L} e^{-\frac{\rho}{L} \Psi}, \quad (2)$$

где α_0 – номинальное значение угла раскладки на бобине; Ψ – угол поворота бобины; ρ – радиус бобины; L – расстояние между линией раскладки и линией наматывания; z^* – координата точки нити при угле поворота бобины в конечной точке переходного участка; C – постоянная составляющая величины z – координаты точки нити на бобине на прямолинейном участке движения нитеводителя. C определяется по формуле

$$C = H_k - \frac{2d}{\lambda} - L \operatorname{tg} \alpha_0, \quad (3)$$

где H_k – максимальное перемещение нитеводителя на переходном участке; d – расстояние от оси нитераскладчика до точки схода нити с нитеводителя; $\lambda = \frac{r_1}{\ell}$; r_1 – радиус вращения центра подвижной звездочки; ℓ – длина ползушки [2].

В точке реверса нити $\operatorname{tg} \alpha = 0$, следовательно, приравнивая нулю выражение (2), определим угол Ψ_3 , при котором расстояние крайнего положения нитеводителя до координаты точки нити минимально, откуда

$$\Psi_3 = -\frac{L}{\varrho} \ln \frac{L \operatorname{tg} \alpha_0}{z^* - C}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в выражение, описывающее зависимость координаты точки наматывания от угла поворота бобины Ψ , придем к выражению

$$z_{\min} = H_k - \frac{2d}{\lambda} - L \operatorname{tg} \alpha_0 \ln \frac{L \operatorname{tg} \alpha_0}{L \operatorname{tg} \alpha_0 + \frac{d}{\lambda} + \left[\frac{L \operatorname{tg} \alpha_0 + \frac{d}{\lambda}}{\left(\frac{L \operatorname{tg} \alpha_0}{r_1} \right)^2 + 1} \right] \left[\left(\frac{L \operatorname{tg} \alpha_0}{r_1} \right)^2 e^{-\frac{\pi r_1}{L \operatorname{tg} \alpha_0}} - 1 \right]}. \quad (6)$$

Величина хода нитеводителя

$$H_p = B + 2H_k - A = B + 2H_k - \frac{2d}{\lambda}, \quad (7)$$

где B – расстояние между центрами звездочек или величина прямолинейного пути, проходимого нитеводителем; $A = \frac{2d}{\lambda}$ – координата положения нитеводителя при $\varphi = \pi$ (φ – угол поворота ведущей звездочки) [2].

Задаваясь различными значениями λ и d , определим z_{\min} при конкретных исходных данных α_0 и L .

Подставив полученные z_{\min} и H_p из (7) в (1), найдем изменения длины паковки в зависимости от λ и d . На основании полученных результатов заключаем, что при увеличении d (или уменьшении λ) длина бобины возрастает, но это возрастание незначительно (не превышает 2% при $H_p = 248 \text{ мм}$).

Увеличения веса бобины можно достичь также за счет увеличения максимально возможного диаметра бобины, радиус которой определим из первого условия формы [1]:

$$z_{\min} = C - \Psi_3 \varrho \operatorname{tg} \alpha_0 + (z^* - C) e^{-\frac{\varrho}{L} \Psi_3}. \quad (5)$$

После несложных преобразований и, раскрывая значения z^* и C , получаем искомое значение z_{\min} :

$$\operatorname{tg} \Theta \leq f_{\max}, \quad (8)$$

где Θ – угол геодезического отклонения; f_{\max} – максимальный коэффициент трения о поверхность, состоящую из волокнистого материала.

Анализируя уравнение и графики изменения $\operatorname{tg} \Theta$ за цикл движения нитеводителя, заключаем, что $\operatorname{tg} \Theta$ достигает максимального значения в тот период времени, когда нитеводитель, пройдя переходный участок, начинает двигаться по прямолинейному участку закона движения нитеводителя. Поэтому для определения максимального значения $\operatorname{tg} \Theta$ для фрикционного механизма необходимо в уравнение

$$\operatorname{tg} \Theta_2 = \frac{(z^* - C) \varrho}{L^2} \cos \alpha e^{-\frac{\varrho}{L} \Psi_2}, \quad (9)$$

где нижний индекс 2 указывает, что рассматривается второй (прямолинейный) участок закона движения нитеводителя, подставить значение $\Psi_2 = 0$.

Тогда получим

$$\operatorname{tg} \Theta_{\max} = \frac{(z^* - C) \varrho}{L^2} \cos \alpha. \quad (10)$$

С учетом (8) выражение для максимального радиуса наматывания примет вид:

$$\rho_{\max} = \frac{L^2 f_{\max}}{(z^* - C) \cos \alpha_0} \quad (11)$$

$$\rho_{\max} = \frac{L^2 f_{\max}}{\cos \alpha_0} \left\{ \operatorname{Ltg} \alpha_0 + \frac{d}{\lambda} + \left[\frac{\operatorname{Ltg} \alpha_0 + \frac{d}{\lambda}}{\left(\frac{\operatorname{Ltg} \alpha_0}{r_1} \right)^2 + 1} \left[\left(\frac{\operatorname{Ltg} \alpha_0}{r_1} \right)^2 e^{\frac{\pi r_1}{\operatorname{Ltg} \alpha_0}} - 1 \right] \right]^{-1} \right\} \quad (12)$$

Исследована зависимость максимально допустимого радиуса намотки от параметров λ и d для случая $\alpha_0 = 10^\circ$, $L = 60$ мм, $f_{\max} = 0,8$.

увеличением λ (или уменьшением d) ρ_{\max} значительно увеличивается.

ВЫВОДЫ

1. Получены аналитические зависимости длины паковки и максимально возможного радиуса наматывания от конструктивных параметров нитеводителя.

2. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что максимальный радиус наматывания с увеличением длины ползушки и уменьшением вылета нитеводителя значительно увеличивается, в то время как длина паковки изменяется незначительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев Г.К. Крестовая намотка. – Калинин: ВНИИСВ, 1976.
2. Регельман Х.З., Жданов А.С. //Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975. №4. С.117...121.

Рекомендована кафедрой машин и аппаратов. Поступила 18.04.01.

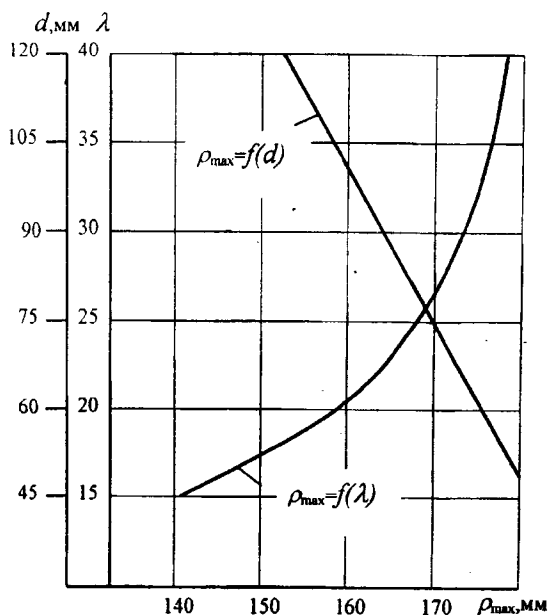


Рис. 1

Как видно из рис.1, где представлены графики зависимостей $\rho_{\max} = f(d)$ и $\rho_{\max} = f(\lambda)$, изменение длины рычага ℓ ($\lambda = \ell / r_1$, $r_1 = \text{const}$) [2] и расстояния от оси нитераскладчика до точки схода нити с нитеводителя d существенно влияют на максимальный радиус наматывания. С

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАЛОВ ШЛИХТОВАЛЬНОЙ СЕКЦИИ НОВОГО ТИПА

А.В. ПОДЪЯЧЕВ, В.А. КУЗНЕЦОВ

(Костромской государственной технологической университет,
ОАО «Завод «ИвТекмаш»)

В [1] проведено исследование по выбору конструкции валковой пары для шлихтовальной секции, работающей в технологии усиленного отжима. По результатам исследования рекомендовано использовать серийно выпускаемые валы: в качестве

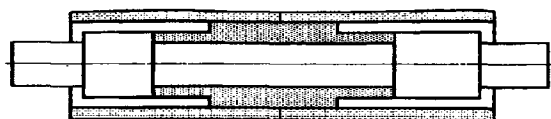


Рис. 1

На следующем этапе совершенствования выбранной валковой пары (двухвалкового модуля – ДВМ) ставилась задача определения более рациональных конструктивных параметров с целью обеспечения минимальной неравномерности давления в жале. Рациональность конструкции оценивалась по коэффициенту ранжирования [1].

Отыскание рациональной конструкции ДВМ можно осуществлять по нескольким критериям. Самым распространенным является суммарная стрела прогиба и неравномерность давления в жале. В качестве варьируемых параметров выступают геометрические размеры валов и эластичное покрытие одного или обоих валов. Изменяемыми размерами могут быть длины (при соблюдении базовых размеров конструкции) и диаметры (внутренние для парных участков и наружные для одинарных участков постоянной жесткости), на которые весь ДВМ разбивается для проведения расчетов. Изменение длин участков происходит за счет изменения длин соседних с ним участков. Изменять диаметры участков можно как для отдельных участков, так и для симметричных участков конст-

верхнего вала – вал с облегченным сердечником (рис.1) наружным диаметром 320 (265) мм и в качестве нижнего вала – малопрогибный вал диаметром 210 мм (рис.2).

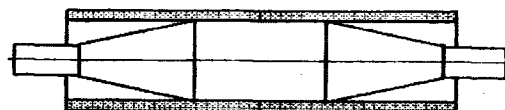


Рис. 2

рукции. Варьирование параметрами эластичного покрытия вала в данном конкретном случае не предусмотрено, так как используется вал серийного производства.

Расчеты всех возможных вариантов ДВМ проводили с помощью подсистемы САПР ДВМ валковых машин текстильного отделочного оборудования [2].

Предварительные расчеты показали, что условие прочности выполняется на всех участках с достаточным коэффициентом запаса прочности. Именно этот фактор и невысокое усилие прижима (15000Н) обусловили путь отыскания рациональной конструкции. Было предложено изменить толщины стенок рубашек валов (внутренние диаметры) и длины участков запрессовки труб на сердечник. Диапазоны варьирования переменными параметрами определялись из технологических условий изготовления валов и расчетами по определению минимальной длины запрессовки, необходимой для передачи крутящего момента.

Изменение диаметров одинарных участков не дает заметного результата. Изменение внутренних диаметров рубашек на

несколько миллиметров (как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения) приводит к изменению суммарной стрелы прогиба на 3...5%.

Более заметные результаты по уменьшению суммарной стрелы прогиба дает изменение длины участка запрессовки. Увеличение длины этого участка приводит к росту веса конструкции и повышению неравномерности давления в жале. Уменьшение же длины участка запрессовки заметно снижает неравномерность давления в жале. Происходит это за счет изменения знака кривизны на концах рубашки.

Таким образом, выявлены основные пути изменения конструктивных параметров валов. Изменение внутренних диаметров рубашек и длины участка запрессовки проводили с шагом 1 мм.

Время расчета одной конструкции с высокой степенью точности для определения неравномерности давления в жале на ПК типа Pentium100 с ОЗУ 16М не превышает 30с. Основные временные затраты связаны с выявлением параметров, влияющих на изменение суммарной стрелы прогиба.

тивных изменениях мы получаем суммарную стрелу прогиба на 40% меньше, чем в исходном варианте. При этом в 1,5 раза снижается неравномерность давления в жале (рис.3 – эпюры распределения давлений в жале валов: 1 – в исходном ДВМ; 2 – в рациональном варианте ДВМ). Кроме прочего вес конструкции уменьшается на 5%.

ВЫВОДЫ

1. Предлагается рекомендовать уменьшить толщину стенок рубашек валов на 2мм, а длину участка запрессовки рубашки на сердечник – на 50мм.

2. Использование названных рекомендаций позволяет для предлагаемого варианта валкового модуля уменьшить стрелу прогиба на 40% и неравномерность давления в жале в 1,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.А., Подъячев А.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 2.
2. Подъячев А.В., Мартышенко В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №4.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 18.12.00.

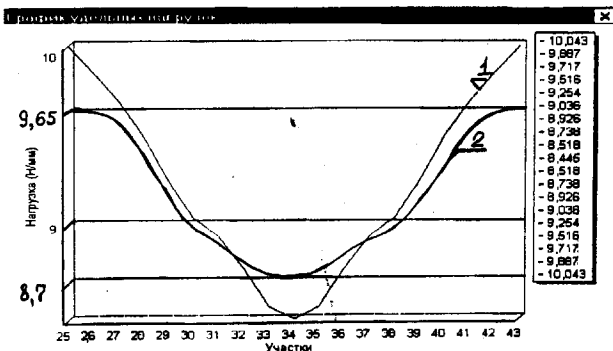


Рис. 3

В результате проведенных исследований предложено увеличить внутренние диаметры рубашек у обоих валов на 5мм и уменьшить длину запрессовки рубашек на сердечнике на 50мм. При таких конструк-

РАСЧЕТ УСИЛИЯ ПРУЖИНЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА*

Е.Г. ВАСИЛЬЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Перемещение ремизки 16 (рис.1), а также системы рычагов, связанных с ремизкой, осуществляется пружиной 18. Произведем расчет деформации пружины усовершенствованного зевобразовательного механизма [1...4] с целью его проектирования.

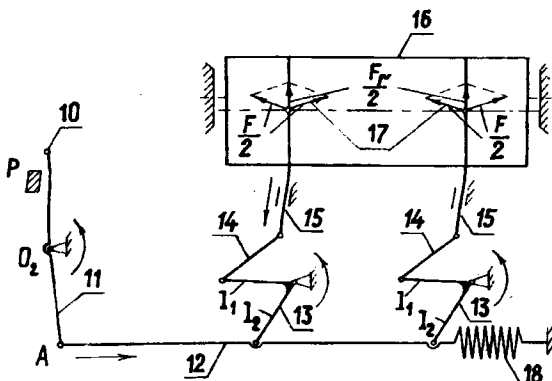


Рис. 1

После выстоя ремизки 16 в открытом зеве она согласно рисунку переплетения (саржа 1/3) должна перемещаться вниз для образования нижней ветви зева (рис.1). Таким образом, к некоторому моменту времени t пружина 18, преодолевая сопротивление натяжения основы, массы ремизки с нитями основы, а также массы и момент инерции рычагов зевобразовательного механизма, будет перемещать ремизку 16 вниз. На ремизку 16 при образовании нижней ветви зева действует на-

тяжение нитей основы F_3 . Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$(\lambda_0 + \lambda_{пр})C_{пр} = I_{пр}\lambda''_{пр}/b_{пр}^2 + F_{г}l_1/l_2, \quad (1)$$

где λ_0 – величина начальной деформации пружины, м; $\lambda_{пр}$ – величина деформации пружины, м; $C_{пр}$ – коэффициент жесткости пружины, Н/м; $I_{пр}$ – приведенный момент инерции системы, кг·м²; $b_{пр}$ – расстояние от приведенной массы до оси вращения O_2 звена приведения, м; $F_{г}$ – равнодействующая натяжения основы, Н; l_1, l_2 – плечи углового рычага 13, причем $l_1 = l_2$, м.

Отсюда

$$I_{пр}\lambda''_{пр}/b_{пр}^2 - \lambda_{пр}C_{пр} = \lambda_0C_{пр} - F_{г}. \quad (2)$$

Поделив выражение (2) на $I_{пр}/b_{пр}^2$, получим

$$\begin{aligned} \lambda''_{пр} - \lambda_{пр}C_{пр}b_{пр}^2/I_{пр} &= \\ &= (\lambda_0C_{пр} - F_{г})b_{пр}^2/I_{пр}. \end{aligned} \quad (3)$$

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

Введем обозначения:

$$C_{\text{пр}} b_{\text{пр}}^2 / I_{\text{пр}} = f; \quad (4)$$

$$(\lambda_0 C_{\text{пр}} - F_r) b_{\text{пр}}^2 / I_{\text{пр}} = q \quad (5)$$

Тогда (3) примет вид

$$\lambda_{\text{пр}}'' - \lambda_{\text{пр}} f = q. \quad (6)$$

Выражение (6) без правой части будет

$$\bar{\lambda}_{\text{пр}}'' - \bar{\lambda}_{\text{пр}} f = 0.$$

Характеристическое уравнение $R^2 - f = 0$ имеет корни

$$R_1 = \sqrt{f}; \quad R_2 = -\sqrt{f}.$$

Следовательно, общее решение однородного уравнения есть

$$\bar{\lambda}_{\text{пр}} = C_1 e^{RX} + C_2 e^{-RX},$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования.

Для нахождения частного решения Z неоднородного уравнения полагаем

$$Z = AX + B; \quad Z' = A; \quad Z'' = 0.$$

Подставляя эти выражения в неоднородное уравнение, имеем

$$-f (AX + B) = q;$$

$$A = 0; \quad B = -q/f.$$

Таким образом,

$$Z = -q/f.$$

Общее решение неоднородного уравнения примет вид

$$\lambda_{\text{пр}} = \bar{\lambda}_{\text{пр}} + Z$$

или

$$\lambda_{\text{пр}} = C_1 e^{RX} + C_2 e^{-RX} - q/f. \quad (7)$$

Произвольные постоянные C_1 и C_2 , входящие в общее решение, могут быть определены из начальных условий

$$q/f = \frac{(\lambda_0 C_{\text{пр}} - F_r) b_{\text{пр}}^2}{I_{\text{пр}}} \frac{I_{\text{пр}}}{C_{\text{пр}} b_{\text{пр}}^2} = \frac{(\lambda_0 C_{\text{пр}} - F_r)}{C_{\text{пр}}} = \lambda_0 - \frac{F_r}{C_{\text{пр}}}. \quad (8)$$

Граничные условия $\lambda_{\text{пр}} = 0; X = 0;$
 $\lambda'_{\text{пр}} = 0; X = 0;$
 $\lambda''_{\text{пр}} = 0; X = F_r.$

Тогда (7) будет иметь вид

$$\lambda_{\text{пр}} = C_1 e^{RX} + C_2 e^{-RX} - \lambda_0 + X/C_{\text{пр}}; \quad (9)$$

$$\lambda'_{\text{пр}} = C_1 R e^{RX} - C_2 R e^{-RX} + 1/C_{\text{пр}}; \quad (10)$$

$$\lambda''_{\text{пр}} = C_1 R^2 e^{RX} + C_2 R^2 e^{-RX}. \quad (11)$$

Из граничных условий постоянные интегрирования

$$C_1 = \left(\left(e^{RF_r/2} / \text{ch}(RF_r) \right) - 1 \right) \cdot$$

$$\cdot 1/C_{\text{пр}} R; \quad C_2 = e^{RF_r/2} / 2C_{\text{пр}} R \text{ch}(RF_r)$$

или

$$C_1 = -e^{-RF_r/2} / 2C_{\text{пр}} R \text{ch}(RF_r);$$

$$C_2 = \left(1 - \left(e^{-RF_r/2} / \text{ch}(RF_r) \right) \right) \cdot 1/C_{\text{пр}} R.$$

С учетом выведенных выше формул выражение (9) запишется как

$$\lambda_{\text{пр}} = -\frac{e^{-RF_r} e^{RF_r}}{2C_{\text{пр}} R \operatorname{ch}(RF_r)} + \frac{e^{RF_r} e^{-RF_r}}{2C_{\text{пр}} R \operatorname{ch}(RF_r)} - \frac{\operatorname{th}(RF_r)}{C_{\text{пр}} R} + \frac{F_r}{C_{\text{пр}}}. \quad (12)$$

В большинстве случаев

$$\operatorname{th}\left(\sqrt{C_{\text{пр}} b_{\text{пр}}^2 / I_{\text{пр}}} F_r\right) = 1.$$

Тогда

$$\lambda_{\text{пр}} = \frac{F_r}{C_{\text{пр}}} - \frac{\operatorname{th}\left(\sqrt{C_{\text{пр}} b_{\text{пр}}^2 / I_{\text{пр}}} F_r\right)}{C_{\text{пр}} \sqrt{C_{\text{пр}} b_{\text{пр}}^2 / I_{\text{пр}}}}; \quad (13)$$

$$\lambda_{\text{пр}} = \lambda_{\text{общ}} - \lambda_0. \quad (14)$$

Таким образом, при определении деформации пружины необходимо произвести расчет приведенного момента инерции системы, а также определить натяжение

основных нитей, действующих на ремизку в процессе формирования ткани.

ВЫВОДЫ

Произведен расчет деформации пружины усовершенствованного зевобразовательного механизма с целью его проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С.Д. и др. Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. М.: Легпромбытиздат, 1995.
2. Патент РФ № 2120508 RU, 6 D 03 C 5/00. Кулачковый зевобразовательный механизм бесчелночного ткацкого станка / Ю.Ф. Ерохин, Е.Г. Васильева, Н.М. Сокерин, Т.Ю. Карева. – Оpubл. 1998. Бюл. №29.
3. Васильева Е.Г. Совершенствование процесса изготовления тканей комбинированных переплетений на пневморепирных ткацких станках: Дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 1999.
4. Васильева Е.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №2. С.66...68.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 02.02.01.

УДК 677,024:62-83

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА НАМОТКИ ПРЯЖИ С ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМ МОТАЛЬНЫМ БАРАБАНЧИКОМ

В. Ф. ГЛАЗУНОВ, В. П. ШИШКИН, П. В. ВИЛКОВ, А. Н. ЛИТВИНСКИЙ

(Ивановский государственный энергетический университет)

В настоящее время механизмы намотки и раскладки нити, применяющиеся на прядильных машинах, приводятся в движение, как правило, с помощью электродвигателей общего назначения и различных кинематических передач (зубчатых, тесемочных и т.д.), что вызывает увеличение габаритов оборудования и потерь в кинематических передачах.

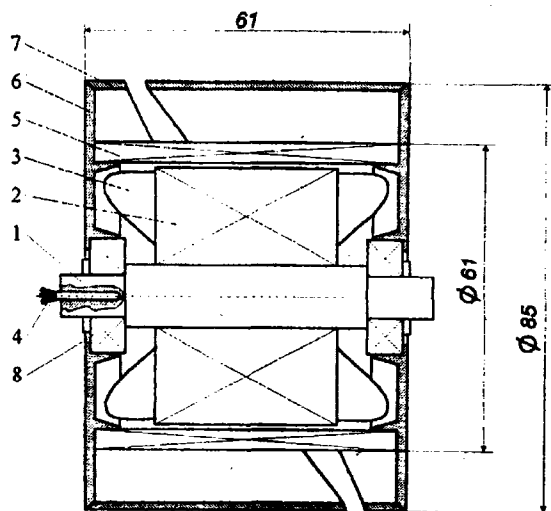


Рис. 1

Устранение этих недостатков может быть достигнуто на основе механизма намотки и раскладки нити, построенного на базе асинхронного короткозамкнутого двигателя с внешним ротором, используемого для привода мотального барабанчика. При этом на стальной неподвижной оси 1

(рис. 1, где изображено устройство электрифицированного мотального барабанчика) набран шихтованный сердечник статора 2. Трехфазная обмотка статора 3 получает питание через выводы 4, уложенные в полую часть оси 1. Внешний ротор состоит из шихтованного сердечника 5, в пазах которого расположены стержни обмотки, замкнутые с двух сторон короткозамкнутыми кольцами и крышками 6 подшипников 8. На крышки напрессован цилиндрический стакан с профилированным пазом 7.

Электрифицированный мотальный барабанчик прост в конструкции и имеет малые размеры по сравнению с асинхронными двигателями общего назначения. Кроме того, главное преимущество при использовании этого механизма состоит в отсутствие барабана и тесемочной передачи.

С целью исследования процесса формирования паковки при перематывании пряжи мотальным барабанчиком на патрон, например, из центрифуги прядильного модуля, выявления влияния усилия прижима паковки к мотальному барабанчику и натяжения нити на изменение рабочей скорости и электромагнитного момента асинхронного двигателя разработан экспериментальный стенд, общий вид которого представлен на рис. 2.

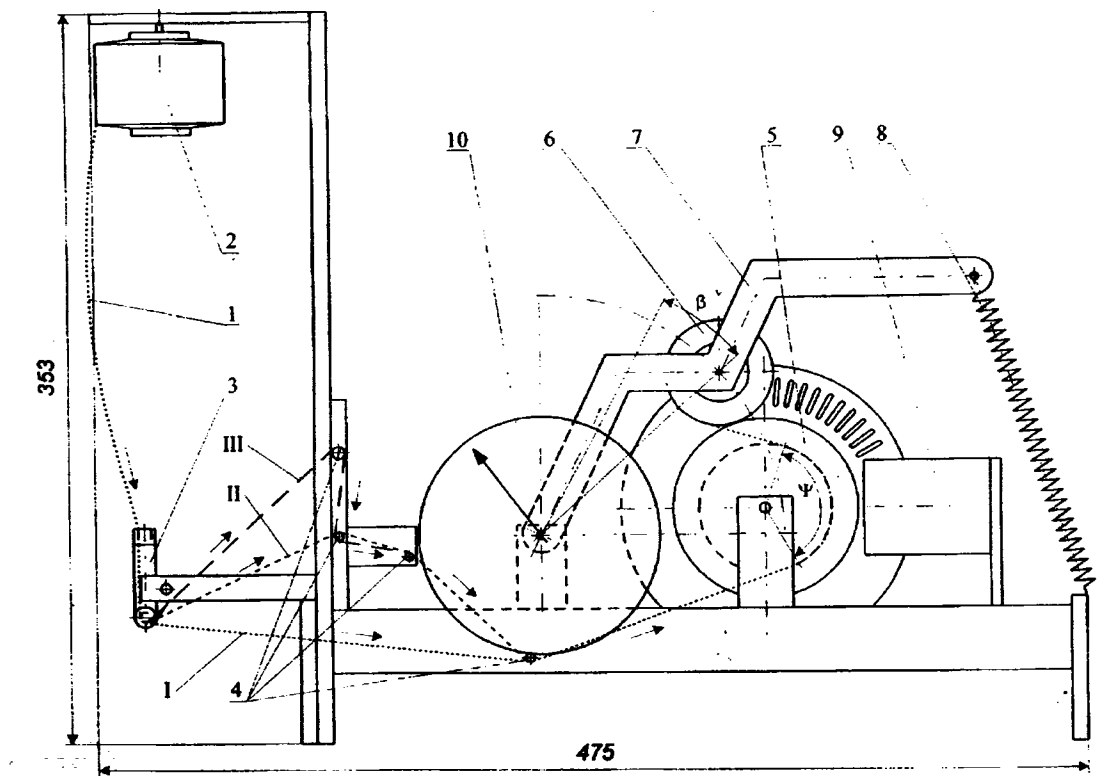


Рис. 2

На стенде нить 1 толщиной $T=20$ текс сматывается с прядильной паковки 2, проходит контрольное устройство 3 и через направляющие стержни 4 поступает в винтовую канавку мотального барабанчика 5, которая, являясь нитеводителем, сообщает движение нити вдоль оси бобины 6 от одного торца паковки к другому и обратно. Бобина 6, на которую наматывается нить, вращается вследствие трения о мотальный барабанчик и крепится на поворотной раме 7. С помощью одной или нескольких пружин 8 обеспечивается различное усилие прижима бобины к вращающемуся барабанчику. Натяжение нити регулируется путем задания необходимой геометрии заправки пряжи через направляющие стержни 4.

На стенде установлен фотоэлектрический датчик 9 типа ДФ-1УХЛ, выдающий 60 импульсов на оборот вала двигателя. Информация с него поступает по двум каналам на электронный тахометр Темп-4 (на рис.2 не показан). С первого канала снимается информация о скорости вращения мотального барабанчика, со второго –

о числе оборотов двигателя за время наматывания нити.

В месте крепления поворотной рамы 7 расположен механический датчик угла поворота 10, состоящий из двух шестерен с передаточным отношением $i = 5,67$, показывающий угол, на который отклоняется рама 7 с паковкой 6 от начального положения, и позволяющий определить радиус паковки из соотношения

$$r_{\Pi}(\beta) = (\beta - \beta_{\text{Н}}) \frac{R_{\text{ПК}} - R_{\text{ПН}}}{\beta_{\text{К}} - \beta_{\text{Н}}} + R_{\text{ПН}} \quad (1)$$

где r_{Π} – текущее изменение радиуса паковки, мм; β – текущее изменение угла отклонения, град; $R_{\text{ПН}}$ и $R_{\text{ПК}}$ – начальный и конечный радиусы паковки, мм; $\beta_{\text{Н}}$ и $\beta_{\text{К}}$ – начальный и конечный углы отклонения, град.

В соответствии с [1] натяжение пряжи P , сН, определялось по выражению

$$P = e^{k\Psi} \left(v^2 T + (P_0 - v^2 T) e^{k\Sigma\Phi} \right) \quad (2)$$

где v – скорость движения нити, м/с; $T=20$ текс – линейная плотность пряжи; P_0 – начальное натяжение, сН; k – коэффициент тангенциального трения скольжения нити по поверхности цилиндра; Ψ – угол охвата пряжей внутренней поверхности мотального барабанчика (внешнего ротора асинхронного двигателя) в плоскости его вращения, рад; $\Sigma\varphi$ – сумма углов охвата нитью цилиндрических поверхностей направляющих стержней, рад.

Скорость движения нити определялась по формуле

$$v = n_6 \sqrt{(\pi K_c d_6)^2 + h^2}, \quad (3)$$

где v – скорость движения нити при перемотке, м/мин; n_6 – частота вращения мотального барабанчика, об/мин; d_6 – диаметр мотального барабанчика, м; K_c – коэффициент скольжения бобины на барабанчике; $h=0,08$ м – шаг винтовой канавки мотального барабанчика.

По данным из исследований [2...5] средняя величина натяжения хлопчатобумажной пряжи толщиной 18,5; 18,5×2 и 25текс при сматывании с цилиндрической бобины равна $P = 0,2$ сН, а величина натяжения пряжи толщиной 18,5 и 25текс в вершине баллона при различных скоростях сматывания изменяется в пределах от 2 до 3,8сН. Исходя из этих величин при расчетах принимали натяжение пряжи при ее входе в направляющее устройство $P_0 = 0,3$ сН.

Учитывая, что натяжение нити в течение периода наматывания ее на паковку мотальным барабанчиком резко неравномерно, по данным из [6] максимальное значение натяжения у торцов мотального барабанчика принято в 3 раза больше минимума в среднем положении:

$$P_{\max} = 3P. \quad (4)$$

В соответствии с [1 и 7] коэффициент тангенциального трения скольжения нити по поверхности цилиндра $k=0,18$, а коэффициент скольжения бобины на барабан-

чике для цилиндрической бобины $K_c \approx 0,95$ [8].

Углы охвата нитью цилиндрических направляющих стержней в зависимости от ее заправок на стенде определялись путем измерения. На рис.2 римскими цифрами I, II и III показано движение нити при различных ее заправках на экспериментальном стенде. В соответствии с измерениями сумма углов охвата $\Sigma\varphi$ для заправки пряжи I (рис.2) равна 1,98 рад; для заправки II – 4,19 рад; для заправки III – 7,52рад. Угол охвата пряжей внутренней поверхности мотального барабанчика в конце процесса перематывания Ψ имеет максимальное значение, равное 2,62рад.

С помощью выражения (4) получены следующие максимальные натяжения нити при перемотке: для заправки I (рис.2) $P_{\max} = 1,9$ сН, для заправки II – 2,7сН; для заправки III – 4,7сН.

На стенде проведены экспериментальные исследования, позволившие выявить влияние натяжения нити и усилия прижима паковки к мотальному барабанчику на изменение рабочей скорости асинхронного двигателя с внешним ротором и его электромагнитного момента, а также усилия прижима паковки к мотальному барабанчику на плотность намотки нити в паковке.

Средняя скорость перематывания нити при проведении экспериментов на стенде составила $v=5,5$ м/с, а максимальная скорость 6,3м/с.

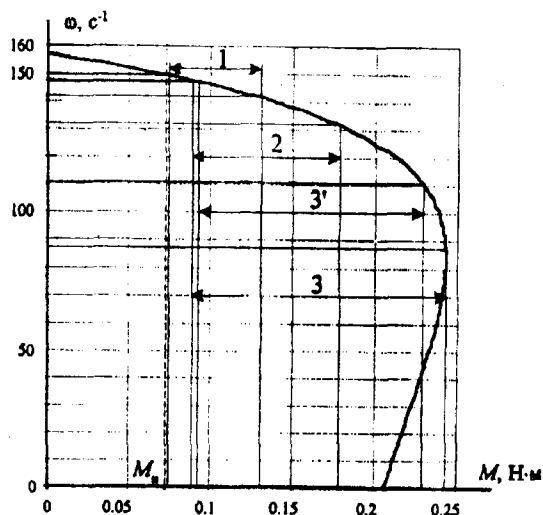


Рис. 3

На рис.3 представлена механическая характеристика электродвигателя мотального барабанчика. Здесь также показано изменение рабочих скоростей двигателя и его электромагнитного момента при начальных усилиях прижима паковки к мотальному барабанчику $Q_1=10,3\text{Н}$, $Q_2=16,2\text{Н}$ и $Q_3=20,1\text{Н}$ и натяжении нити $P_{\text{max}}=4,7\text{сН}$ (кривые 1, 2, 3 соответственно), а также при усилии $Q_3=20,1\text{Н}$ и натяжении нити $P_{\text{max}}=2,5\text{сН}$ (кривая 3').

Как следует из рис.3, при увеличении усилия прижима к мотальному барабанчику и при увеличении радиуса нарабатываемой паковки увеличивается площадь контакта ее с поверхностью мотального барабанчика, тем самым увеличивается реактивный момент. Соответственно скорость двигателя снижается. Электромагнитный момент двигателя также увеличивается и при увеличении натяжения нити.

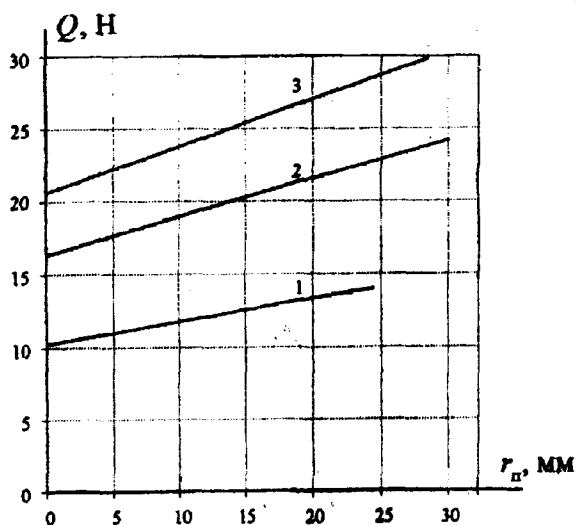


Рис. 4

На рис.4 показаны зависимости изменения усилия прижима паковки к мотальному барабанчику от радиуса нарабатываемой паковки r_n , мм при начальных усилиях прижима $Q_1=10,3\text{Н}$; $Q_2=16,2\text{Н}$ и $Q_3=20,1\text{Н}$ (кривые 1, 2, 3 соответственно). Так как усилие прижима создается пружинами, растягиваемыми по мере увеличения радиуса паковки, то эти зависимости носят линейный характер. С ростом усилия

прижима паковки также увеличивается и реактивный момент сопротивления, который в данном случае сильно влияет на рабочую скорость двигателя.

По мере увеличения усилия прижима возрастает плотность намотки, и уменьшаются размеры самой паковки. Так, например, при усилии прижима $Q_1=10,3\text{Н}$ и массе пряжи в паковке 40г плотность намотки ρ в среднем получалась равной $0,332\text{г/см}^3$ и радиус самой паковки 34мм, при усилии прижима $Q_2=16,2\text{Н}$ и массе 48г – $0,420\text{г/см}^3$ и 34мм и при $Q_3=20,1\text{Н}$ и массе пряжи 48г – плотность $0,462\text{г/см}^3$ и радиус 32мм.

Как свидетельствуют рис.3 и 4, для того, чтобы электромагнитный момент двигателя был близок к номинальному значению, а формируемая паковка имела требуемую плотность намотки, усилие прижима паковки к мотальному барабанчику должно находиться в диапазоне: от 15 до 25Н.

Электродвигатель, встроенный в мотальный барабанчик, мощностью $P_{\text{ном}}=10\text{Вт}$, с обмоткой статора, соединенной в звезду и имеющей 2 пары полюсов, имеет следующие параметры: напряжение питания статора $U_1=21\text{В}$; частота питающего напряжения $f_1=50\text{Гц}$; частота вращения ротора $n_{\text{ном}}=1350\text{об/мин}$; активное и реактивное сопротивления обмотки статора $r_1=9,35\ \Omega$ и $x_1=4,38\ \Omega$; приведенное к статору активное и реактивное сопротивления обмотки ротора $r_2'=6,18\ \Omega$ и $x_2'=5,06\ \Omega$; взаимное индуктивное сопротивление $x_m=33,32\ \Omega$; момент инерции механизма $J=0,0008\text{кг}\cdot\text{м}^2$.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные экспериментальные исследования показали целесообразность использования на прядильных машинах электрифицированного мотального барабанчика.

2. В результате выполнения эксперимента выявлен диапазон изменения усилия прижима нарабатываемой паковки к мотальному барабанчику, при котором электродвигатель работает в номинальном режиме.

тромагнитный момент асинхронного двигателя близок к номинальному, а формируемая паковка имеет требуемую плотность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мигушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980,
2. *Ефремов Е.Д.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1968, № 1, С.64 ... 69.
3. *Попова Г.К., Ефремов Е.Д.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, №1. С.47 ... 51.
4. *Ефремов Е.Д.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1972, № 2. С. 58 ... 60.

5. *Быкадоров Р.В., Плужник Т.С.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1972, № 5. С.74 ... 79.

6. *Беляева А.К., Ефремов Е.Д.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1974, №1. С.52 ... 54.

7. *Габрюк В.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, № 5. С.133...135.

8. *Труевцев Н.И., Труевцев Н.Н., Гензер М.С.* Технология и оборудование текстильного производства. – М.: Легкая индустрия, 1975.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 24.01.01.

УДК 621.657.003

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ***Б.С.САЖИН, М.П.ТЮРИН**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)*

Основную долю тепловых потерь на предприятиях химической и текстильной промышленности с учетом теплоты дымовых газов для предприятий, имеющих собственные котельные, составляют так называемые низкотемпературные тепловые отходы с температурой теплоносителя ниже 300°C. Тепловые отходы от теплотехнологического оборудования в основном не превышают 100°C. К ним относятся: паровоздушная смесь (ПВС) от различного рода сушильного оборудования, зрельников, выпарных и запарных установок, а также сбросные растворы от красильного оборудования, промывных машин, ректификационных и других агрегатов.

С точки зрения утилизации теплоты такого температурного уровня, все тепловые побочные энергетические ресурсы (ПЭР) можно разделить на две группы: тепловые ПЭР с температурой $t > 50^\circ\text{C}$ и тепловые ПЭР с температурой $t < 50^\circ\text{C}$.

Первая группа тепловых ПЭР обычно утилизируется с помощью различного рода теплообменной аппаратуры.

Вторая группа тепловых ПЭР (имеющих температуру ниже 50°C) в настоящее время не находит широкого применения. Использование этих отходов с помощью теплообменных аппаратов далеко не всегда оказывается рентабельным. В этом случае экономический эффект от использования тепловых ПЭР может быть получен с помощью тепловых насосов, повышающих тепловой потенциал теплоносителя до такого уровня, при котором стано-

вится возможным его использование в соответствующих теплотехнологических установках.

Анализ сферы создания и использования теплонасосных установок показал, что большинство отечественных разработок направлено на обеспечение теплотой коммунально-бытового сектора и значительно меньше на утилизацию тепловых отходов для технологических нужд промышленных предприятий.

За рубежом наиболее широкое распространение получили теплонасосные установки (ТНУ) небольшой единичной мощности (3...5кВт) для круглогодичного кондиционирования воздуха в индивидуальных помещениях и коттеджах. При этом в качестве низкопотенциальной теплоты в них в основном используется наружный воздух. Существуют и более мощные ТНУ (30...250кВт), работающие по схеме вода-вода.

Для технологических процессов в промышленности также широко используются различные системы ТНУ мощностью от 200 до 300кВт, применяющиеся в основном для процессов сушки, в выпарных установках и для взаимной передачи теплоты в одном или двух технологических процессах; при этом температура нагреваемого теплоносителя достигает 110...120°C. Экономия теплоты благодаря использованию ТНУ в составе сушильных установок может достигать 70%.

Широко используются за рубежом и тепловые насосы, выполненные по схеме

вода–вода и предназначенные для утилизации сбросной теплоты в промышленности. Они имеют значение коэффициента преобразования в диапазоне от 3 до 6 [1]. Осредненная величина коэффициента преобразования φ по многим установкам составляет 4,5 [2]. Такие ТНУ применяются на различных предприятиях Европы и Америки и позволяют получить температуру выше 100°C при нагреве рабочих тел до 110°C и в испарительных процессах – до 125°C.

В текстильной и химической отраслях промышленности большинство технологических процессов в качестве конечного теплоносителя используют горячую воду в температурном интервале 60÷100°C и нагретый воздух 100÷120°C и применение ТНУ в данном случае представляется достаточно перспективным.

Использование в качестве холодного источника теплоты побочных тепловых энергоресурсов с температурой 50°C и более повышает температуру $t_{и}$ в испарителе, увеличивая тем самым эксергетический КПД η_e и коэффициент преобразования φ , который для идеального цикла определяется с помощью выражения

$$\varphi_{ид} = T_{к} / (T_{к} - T_{и}). \quad (1)$$

Однако для реальных тепловых насосных установок действительный коэффициент преобразования в 2...3 раза меньше вследствие внутренних и внешних необратимых потерь в установке. Значение реального коэффициента преобразования можно определить по формуле В.С. Мартыновского и Л.З. Мельцера:

$$\varphi = 0,74 \frac{T_{и}}{(T_{к} - T_{и})} - 0,0032T_{и} - 0,765 \frac{T_{и}}{T_{к}} + 0,95, \quad (2)$$

где $T_{и}$ – температура в испарителе.

Эту формулу следует применять для тех рабочих веществ, критическая температура которых существенно выше температуры конденсации в выбранном цикле.

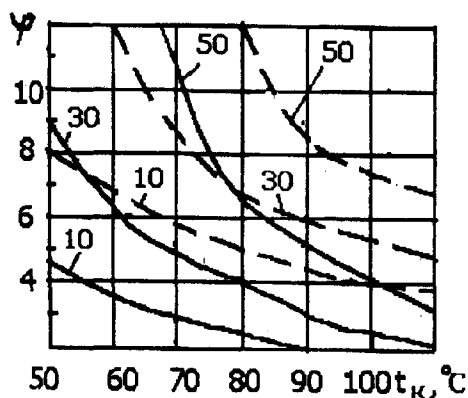


Рис. 1

На рис.1 представлены значения идеального и реального, полученных по формуле (1), коэффициентов преобразования. Здесь пунктирными линиями показаны зависимости идеального, сплошными – реального коэффициента преобразования при $t_{и}$, равной 10, 30 и 50°C.

Экономическая эффективность использования теплонасосных установок во многом определяется непрерывностью их работы и числом часов работы в год, увеличиваясь с ростом последних.

Наиболее эффективно круглогодичное использование ТНУ как с целью получения холода для систем кондиционирования в летнее время, так и теплоты для технологических нужд и потребностей отопления в зимнее время.

Возможно применение ТНУ и для одновременной выработки теплоты и холода для технологических нужд предприятия. В этом случае эксергетический КПД следует определять по соотношению

$$\eta = (E_{qг} + E_{qх}) / l, \quad (3)$$

где $E_{qг}$, $E_{qх}$ – соответственно эксергетические тепло- и холодопроизводительности; l – работа цикла.

С учетом наличия на текстильных предприятиях производств со значительными тепловыделениями и необходимостью поддержания в них требуемых параметров микроклимата имеются широкие возможности использования ТНУ в системах кондиционирования воздуха в теплое время года и в системах отопления – в зимнее. Однако использование теплонасосных установок с целью отопления решается не всегда однозначно. На предпри-

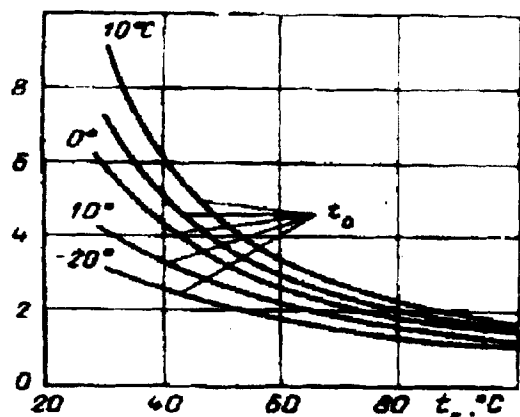


Рис. 2

Эффективность использования теплонасосных установок в системах кондиционирования воздуха и в системах отопления можно оценить по коэффициенту преобразования, полученному по формуле (2) (рис.2), либо по эксергетическому КПД, рассчитанному по формуле из [3], и справедливой с погрешностью до 5% в диапазоне температур кипения от -10 до $+10$ °С:

$$\eta_e = 0,97 - 0,00412(T_k - T_i). \quad (4)$$

Значения эксергетического КПД, полученные по формуле (3), приведены на рис.3.

Необходимо отметить, что зависимостями, представленными на рис.2 и 3, можно пользоваться при условии достаточной удаленности температуры испарения от критической температуры для данного хладагента.

ятиях с собственными котельными такое применение ТНУ оправданно ввиду низкого КПД котельных по сравнению с КПД электростанций. На предприятиях с централизованным теплоснабжением вопрос использования ТНУ в целях отопления требует тщательного анализа, поскольку в этом случае необходимо наличие большого количества низкопотенциальной теплоты с целью повышения коэффициента преобразования до требуемой величины.

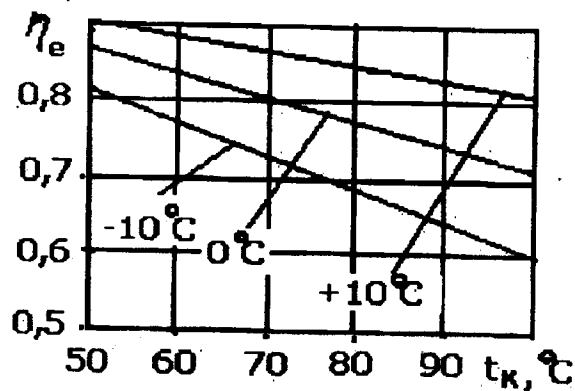


Рис. 3

Как видно из рис.1, при температуре холодного источника теплоты (в данном случае теплоты побочных энергетических ресурсов предприятия), равной 10 °С, экономически оправдано иметь максимальную температуру горячего источника теплоты около 70 °С; при температуре холодного источника, равной 30 °С, температуру горячего можно поднять до 95 °С, а при температуре $t_x = 50$ °С температура t_r может достигать уже 125 °С. Таким образом, для получения температур конденсации до 120 °С возможно использование одноступенчатой схемы ТНУ.

В текстильной и химической отраслях имеются возможности использования как небольших ТНУ для удовлетворения в низкопотенциальной теплоте (до 120 °С) отдельных теплотехнологических процессов и установок, так и небольших теплонасосных станций для частичного обеспечения технологической теплотой и холодом

всего предприятия. При этом также надо учитывать крайнюю неравномерность технологического теплоснабжения. В случае применения мощных ТНУ по типу вода-вода потребуются использование систем аккумулирования как сбросной теплоты, так и теплоты, вырабатываемой теплонасосными установками.

ТНУ также можно эффективно использовать как с целью нагрева свежего воздуха для сушильных установок за счет использования теплоты отработанной паровоздушной смеси, так и для нагрева технологической воды за счет теплоты отработанных сбросных растворов. При этом теплонасосные установки могут быть встроены в сами технологические агрегаты.

В текстильной и химической промышленности существует потребность в горячей воде нескольких температурных уровней.

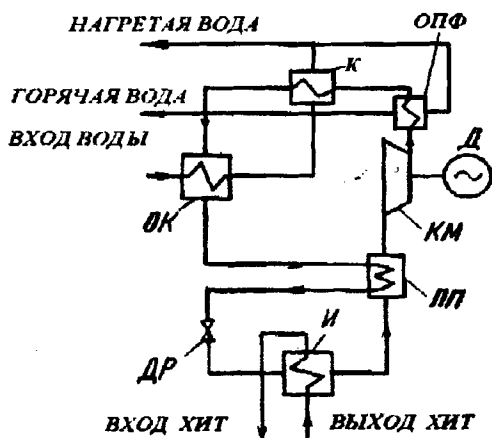


Рис. 4

На рис.4 изображена принципиальная схема двухуровневой по температуре теплонасосной установки для утилизации теплоты сбросных растворов предприятия [4], где КМ– компрессор; Д– электродвигатель; ОПФ– охладитель паров фреона; К– конденсатор; ОК– охладитель конденсата; ПП– регенеративный теплообменник (пароперегреватель); ДР– дроссель; И– испаритель; ХИТ– холодный источник теплоты.

В этом случае, применяя фреон R12, можно получить температуру нагретой воды 55 и горячей 80°C. При использовании фреона R142 температура нагретой воды составит 65, а горячей 90°C.

Установка работает следующим образом. Сжатые в компрессоре К пары фреона в перегретом состоянии поступают в охладитель паров фреона ОПФ, где происходит их охлаждение до состояния насыщения с отдачей теплоты горячей воде. Насыщенный пар фреона поступает в конденсатор К, в котором он конденсируется и отдает теплоту нагретой воде, после чего поступает в охладитель конденсата ОК, где дополнительно охлаждается, отдавая теплоту нагреваемой воде, и затем поступает в регенеративный теплообменник (пароперегреватель) ПП, в котором происходит его охлаждение с отдачей теплоты потоку насыщенных паров фреона. Охлажденный в регенеративном теплообменнике поток фреона дросселируется в дроссельном вентиле Д и поступает в испаритель И, где происходит его испарение за счет теплоты низкопотенциального источника теплоты (холодного источника теплоты). Затем насыщенный пар фреона поступает в регенеративный теплообменник – пароперегреватель ПП, из пароперегревателя в компрессор, где происходит его сжатие и весь цикл повторяется.

Нагреваемая вода, поступающая в ТНУ, подводится к охладителю конденсата ОК, где происходит ее предварительный нагрев, и затем в конденсатор К, где она нагревается до температуры нагретой воды. Затем нагретая вода разделяется на два потока, одна часть которого направляется к потребителю нагретой воды, а другая поступает в охладитель паров фреона ОПФ, где нагревается до температуры горячей воды, после чего направляется к потребителю горячей воды. Таким образом, в данной ТНУ осуществляется двухуровневый нагрев технологической воды.

Основные технические характеристики ТНУ, использующего в качестве рабочего тела хладагент R12, приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Теплопроизводительность	9 кВт
Давление конденсации	1,5 МПа
Давление испарения	0,45 МПа
Мощность компрессора	4 кВт
Температура нагретой воды	55°С
Температура горячей воды	80°С
Коэффициент преобразования	2,25

Использование в такой установке фреона R21 позволит поднять максимальную температуру нагреваемого теплоносителя до 110°С.

Данную теплонасосную установку можно применять в системе отопления и горячего водоснабжения для технологических нужд предприятия, а также использовать с целью одновременного круглогодичного производства теплоты и холода для нужд отопления, систем кондиционирования и технологических нужд. В этом случае в качестве рабочего тела ТНУ целесообразно применять неазеотропную смесь, состоящую в зависимости от требуемых начальной и конечной температур из различных смесей фреонов.

Использование двухступенчатой ТНУ в этом случае нецелесообразно, поскольку снижение потерь вследствие необратимости в компрессорах не компенсирует затрат на удорожание конструкции.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа известных схем теплонасосных установок (ТНУ), а также результатов оценочных расчетов их энергетических коэффициентов полезного действия и коэффициентов преобразования с учетом параметров низкопотенциальной сбросной теплоты обоснована перспективность использования теплонасосных установок в текстильной промышленности.

2. Предложена принципиальная схема двухуровневой по температуре теплона-

сосной установки для использования низкопотенциальных побочных тепловых энергетических ресурсов текстильных предприятий. Результаты расчетов показывают, что с помощью предложенной теплонасосной установки при использовании низкопотенциальной сбросной теплоты и соответствующем выборе хладагентов возможно получение нагреваемого теплоносителя с температурой до 110°С. Кроме того, названную установку можно использовать при круглогодичном производстве теплоты – для систем отопления и холода – для систем кондиционирования воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных, общественных и жилых зданиях. –М.: Стройиздат, 1976.
2. Везиришвили О.Ш., Меладзе Н.В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения. –М.: МЭИ, 1994.
3. Мартынов А.В., Разумовский А.В., Шильдкрет В.М. Энергосбережение и основные направления развития исследований теплонасосных установок // Сб. науч. тр. –М., 1989. №198.
4. Тюрин М.П., Попов Д.С., Терешкина В.И. Снижение тепловых выбросов путем использования тепловых насосов. // Тез. докл. науч. конф. –М.: МГТА, 1996.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 06.04.01.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС СЕКЦИИ СУШИЛЬНОЙ МАШИНЫ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

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

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

Данная работа посвящена проблеме расчета секционных сушильных машин. Ранее в [1] по этой проблеме рассчитано распределение присосов по длине сушилки.

Известные подходы к расчету секционных сушилок базируются в основном на использовании $h - d$ диаграммы [2, 3] в предположении, что в сушилке реализуется либо прямо-, либо противоточная схема движения высушиваемого материала и влажного воздуха. При расчете секционных сушильных, сушильно-ширильных установок и камер для термообработки текстильных материалов необходимо знать распределение влагосодержания и температуры воздуха по длине машины. Методы расчета [1, 2 и 4] секционных сушилок, работающих в режимах прямо- и противотока, учитывают смещение потоков воздуха и подогрев циркулирующего воздуха в калориферах. Однако при проведении подобных расчетов встречается ряд неопределенностей. Так, расчет температуры, до которой нагревается воздух в калориферах, не входит составной частью в теплотехнический расчет сушилки, хотя от ее значения существенно зависит интенсивность процесса сушки. Между тем, процедура определения этой температуры не настолько тривиальна, чтобы ее игнорировать. Эта задача просто решается лишь для той секции, в которую поступает свежий воздух с определенными параметрами состояния. В любой другой секции в калорифер поступает воздух с параметрами, определяемыми по уравнениям смещения двух потоков: потока, поступающего из соседней секции (его параметры предполагаются известными), и потока, отработавшего в рассматриваемой секции, параметры которого зависят от интенсивности

процессов тепломассообмена между воздухом и влажным материалом, а также от температуры воздуха после калорифера. По-видимому, для определения температуры воздуха за калорифером потребуются некоторая итерационная процедура, которую предстоит разработать. В [2...4] при расчете сушилки температурой воздуха после калорифера задаются. При таком подходе наиболее вероятен вариант, в котором спроектированная сушилка будет иметь набор калориферов с различными значениями площади поверхности теплообмена в отдельных секциях. Но, как известно, на практике во всех секциях устанавливают одинаковые калориферы.

Другая неопределенность, свойственная описываемым методам расчета, связана с недостаточно корректным описанием периода прогрева. По данным из [5] величины влагосодержаний воздуха в сушильно-ширильных машинах по порядку величины близки к 0,2 кг/кг. Таким влагосодержаниям соответствует температура точки росы около 60°C. При этом прогрев материала будет происходить в основном за счет конденсации пара, в результате чего будет наблюдаться уменьшение влагосодержания воздуха. И, хотя теплота, затрачиваемая на нагрев влажного материала, учитывается в тепловом балансе сушилки, реальные параметры воздуха на выходе из секции с прогревом будут отличаться от параметров, определенных по политропе в $h - d$ диаграмме, предполагающей постоянное увеличение влагосодержания воздуха. Помимо этого, изменение влагосодержания воздуха в сушилке и подогрев рециркулирующего воздуха могут привести к тому, что температура влажного материала будет изменяться при переходе из одной секции в другую. В

свою очередь, изменение температуры материала будет сопровождаться процессами прогрева или охлаждения в зависимости от знака (плюс или минус) изменения температуры и влагосодержания. Возможность проявления эффектов такого рода также не учитывается в рассматриваемых методах расчета.

Использование $h-d$ диаграммы влажного воздуха для расчета сушильных установок не позволяет непосредственно учесть закономерности процесса в периоде падающей скорости сушки. В [6] предпринята попытка учесть эти закономерности путем построения в указанной диаграмме эквивалента изотермы десорбции. Однако для построения такой изотермы необходимы сведения об изменении температуры материала во втором периоде сушки, так что такой подход тоже не решает задачи.

Кроме того, при расчете процессов сушки при помощи $h-d$ диаграммы влажного воздуха теплота десорбции отождествляется с теплотой испарения свободной (несвязанной) жидкости. Известно, что теплота десорбции превышает теплоту испарения на величину энергии связи, причем значение последней растет по мере уменьшения влагосодержания. Такой подход допустим в периоде постоянной скорости сушки, когда величина энергии связи влаги с материалом пренебрежимо мала. Однако в периоде падающей скорости сушки, когда удаляется гигроскопическая влага, отождествление теплоты десорбции с теплотой испарения также приводит к дополнительной погрешности.

При расчете сушилки в [2] предлагается использовать эмпирическую кривую сушки, что позволило бы после выбора числа секций определить изменение влагосодержания материала в каждой секции, а по нему найти величину влагосодержания воздуха на выходе из каждой секции. Это утверждение справедливо лишь при отсутствии либо известном распределении присосов. К тому же оно не решает проблемы определения температуры воздуха в секциях и неизвестно, насколько реальная интенсивность массообмена в секции будет отличаться от той, которая характеризует-

ся эмпирической кривой сушки, полученной при постоянных параметрах влажного воздуха. Получаемая таким образом кривая содержит участок постоянной скорости сушки, в пределах которого температура материала неизменна и равна температуре мокрого термометра. При обсуждавшемся выше изменении температуры влажного материала по секциям использование кривой сушки такого типа приведет к дополнительной погрешности в расчете сушилки.

При расчете многозонных сушилок в [2...4] рассматриваются в основном противоточные схемы и задаются параметры отработанного воздуха на входе ткани в сушилку. В работе, посвященной расчету сушки в режимах прямо- и противотока в камерной (односекционной) сушилке [7], показано, что расчет противоточной схемы должен рассматриваться как граничная задача, когда параметры ткани и воздуха задаются на противоположных концах сушилки. Принятый в [2...4] подход практически сводит расчет к задаче Коши с неизвестным значением температуры, до которой нагревается поступающий в сушилку воздух. Таким образом, произвольный выбор параметров отработанного воздуха приводит к проблеме различных значений поверхности нагрева калориферов в отдельных секциях.

В [8] предложена методика расчета сушки в противоточной секционной сушилке, в которой скорость массообмена в периодах постоянной и падающей скорости сушки учитывается полуэмпирическими соотношениями, причем в первом из этих периодов она пропорциональна разности влагосодержаний на поверхности материала и вдаль от него, а во втором – пропорциональна отклонению текущего значения влагосодержания от равновесного. Такой подход представляется более совершенным, чем непосредственное использование кривой сушки, поскольку позволяет учесть влияние изменения влагосодержания воздуха. Тем не менее, точка кривой сушки, разграничивающая указанные периоды (критическое влагосодержание), определяется в опытах при постоян-

ных параметрах влажного воздуха и неизвестно будет ли критическое влагосодержание тем же при переменных параметрах среды. В этой работе количество теплоты, подводимой к воздуху в каждой секции, принято одинаковым и, как показали расчеты, температура воздуха возрастает от секции к секции в направлении движения воздуха. Здесь просматривается некоторое противоречие: с ростом температуры воздуха уменьшается температурный напор между греющим паром в калорифере и воздухом и, следовательно, должен уменьшаться поток теплоты, передаваемой в теплообменниках с фиксированной площадью поверхности.

Таким образом, приближения, основанные на задании температуры, до которой нагревается воздух в калориферах, как сделано в [2...4], либо на задании потоков теплоты, подводимой к воздуху в секциях, как принято в [8], нельзя признать удовлетворительными. Отсюда следует, что расчет теплопередачи в калориферах необходимо рассматривать как составную часть теплового расчета сушилки, что и предполагается осуществить в дальнейшем.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что рассмотренные методы расчета секционных прямо- и противоточных сушилок пригодны лишь в качестве грубого приближения при выполнении конструктивного расчета с целью определения основных конструктивных параметров сушилок и выбора основного оборудования, в частности, калориферов. Для проведения поверочных расчетов эти методы, по-видимому, непригодны и требуется разработка новых методов. В работе ставится задача разработать такую методику применительно к процессам сушки тонких текстильных материалов (тканей) в замкнутой форме без привлечения эмпирических данных по сушке рассматриваемого материала.

При теплотехническом расчете секционной сушилки в качестве прототипа будем рассматривать сушильно-ширильную машину фирмы Textima с 7-ю секциями, для которой известны некоторые конструктивные характеристики [9], а также не-

которые результаты теплотехнических испытаний [10], которые будут полезны при обсуждении результатов расчета. Каждая секция этой сушилки содержит 2 калорифера и установленные перед ними 2 циркуляционных вентилятора. Для анализа тепловых и материальных балансов наличие двух калориферов и двух вентиляторов не существенно и в дальнейшем они будут рассматриваться как единый калорифер с удвоенной площадью поверхности теплообмена и единый вентилятор с удвоенной производительностью. Нагретый в калориферах воздух поступает в короба, а из них через сопла направляется на ткань. После этого воздух контактирует с ограждениями сушилки, в результате чего его температура несколько понижается благодаря потерям теплоты в окружающую среду. Затем воздух снова засасывается циркуляционными вентиляторами. Сушилка оборудована двумя одинаковыми сбросными вентиляторами, которые отводят отработавший воздух из 2 и 6-й секций.

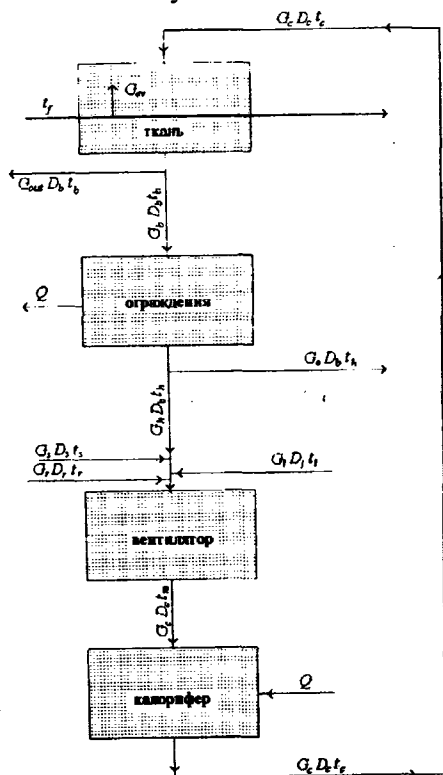


Рис. 1

На схеме, показанной на рис.1, изображены основные элементы секции сушилки: зона испарения с потоком воздуха, набегающим на ткань, циркуляционный венти-

лятор, калорифер и ограждения, относящиеся к рассматриваемой секции сушилки. Здесь же представлены материальные потоки в секции и охарактеризованы их влажностное содержание и температура. Заметим, что на рис.1 изображена схема условной, обобщенной секции, в которой присутствуют все возможные потоки. В действительности для конкретной рассматриваемой секции некоторые из указанных потоков отсутствуют (формально их можно положить равными нулю). Далее этот вопрос будет рассмотрен более детально.

Поток воздуха из вентилятора с расходом влажного воздуха G_c , влажностным содержанием D_c ("c" – circulation – циркуляция) и температурой t_m ("m" – mixture – смесь, смешение) направляется в калорифер, где нагревается до температуры t_c ("c" – calorifer – калорифер). Расход воздуха и его влажностное содержание в калорифере не изменяются. На схеме условно показан поток теплоты Q , подводимый к воздуху в калорифере от греющего пара. Воздух с характеристиками G_c, D_c, t_c поступает в зону сушки, на выходе из которой его влажностное содержание благодаря испарению влаги увеличивается до D_b , а температура принимает значение t_b ("b" – back – обратный). Если из рассматриваемой секции производится сброс воздуха (это 2 и 6-я секции), то часть его после выхода из зоны сушки отводится из сушилки сбросным вентилятором. Расход сбрасываемого воздуха G_{out} ("out" – out – вне), температура и влажностное содержание те же, что и на выходе из зоны сушки. При этом расход воздуха уменьшается до значения G_b . Для остальных секций можно формально принять $G_{out}=0$, откуда следует, что $G_b = G_c$. Вышедший из зоны сушки воздух контактирует с ограждениями. Обычно температура воздуха в сушилках достаточно высока и конденсации пара на ограждениях не происходит, так что величина влажностного содержания при контакте с ограждениями остается неизменной. Температура же после контакта с ограждениями уменьшается до

значения t_h ("h" – housing – ограждение) из-за потерь теплоты в окружающую среду, условно показанных на схеме.

После этого часть циркулирующего воздуха отсасывается циркуляционными вентиляторами в соседнюю секцию. Расход этого воздуха G_e ("e" – exit – выход), температура и влажностное содержание равны соответственно t_h и D_b . На место воздуха, ушедшего в соседнюю секцию, либо отведенного из сушилки, поступает воздух, подсасываемый вентилятором из других секций, а также из окружающей среды.

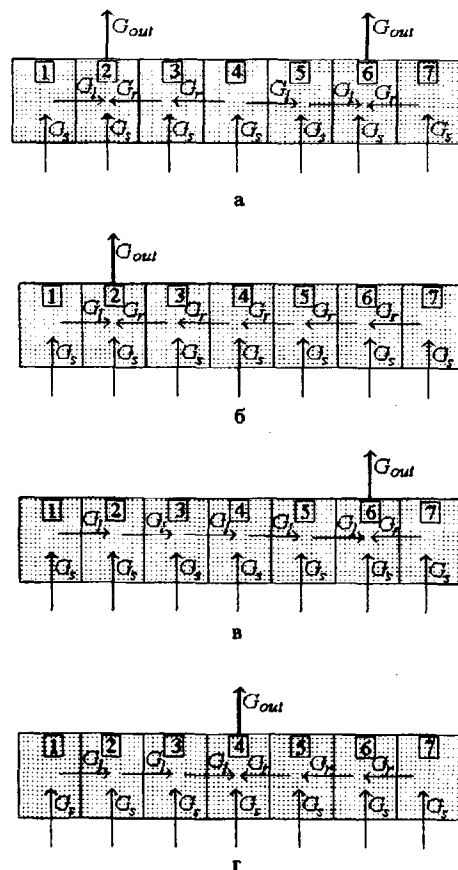


Рис. 2

На рис.2 показаны 4 варианта секционных сушилок с 7-ю секциями, отличающимися положением точек сброса воздуха и их количеством. Там же показаны (в отличие от обобщенной схемы рис.1) реальные материальные потоки между секциями и между сушилкой и окружающей средой. Обозначения на рис.2 сохранены такими же, как и на рис.1, причем индекс "l" (left – слева) относится к потокам, приходящим в рассматриваемую секцию слева, индекс "r" (right – справа) относится к потокам, поа-

дающим в данную секцию справа, индекс "s" (suction – подсос) относится к подсосываемому воздуху, к окружающей среде.

Рассмотрим, например, потоки в сушилке с двумя точками сброса воздуха (рис.2-а). Расход сухого воздуха, поступающего во вторую секцию слева, равен расходу сухого воздуха, подсосываемого в первой секции, так что $G_{l2}^0 = G_{s1}^0$. Здесь и далее верхний индекс "0" будет характеризовать сухой воздух. Перетечки справа в первую секцию отсутствуют. В третью секцию справа поступает половина (в силу симметрии) расхода воздуха, подсосываемого в 4-й секции, $G_{r3}^0 = 0,5 G_{s4}^0$. Во вторую секцию справа поступает воздух, пришедший в 3-ю секцию справа, а также воздух, подсосанный в третьей секции, следовательно $G_{r2}^0 = G_{r3}^0 + G_{s3}^0$. Приток воздуха слева в 3 и 4-ю секции отсутствует. Аналогичным образом определяются связи между потоками в остальных секциях рассматриваемой сушилки, а также в других схемах распределения потоков, представленных на рис. 2-б и г.

Возвращаясь к схеме обобщенной секции (рис.1), нетрудно заметить, что в вентиляторе либо перед ним смешиваются потоки, поступающие в данную секцию слева, справа, а также подсосываемые в ней. Параметры – влагосодержание и температура проходящих в данную секцию потоков определяются их значениями в тех секциях, из которых они поступают. Так, в секцию, соседнюю с изображенной на рис.1, будет поступать воздух с параметрами уходящего потока с расходом G_e , то есть с температурой t_h и с влагосодержанием D_b . Например, для схемы, представленной на рис.2-а: $t_{l2} = t_{h1}$, $D_{l2} = D_{b1}$, $t_{r3} = t_{h4}$, $D_{r3} = D_{b4}$ и так далее. Параметры подсосываемого воздуха заданы, расходы присасываемого воздуха определяются по методике, изложенной в начале работы.

Представленная здесь одномерная модель потоков в секции сушилки предполагает постоянство параметров воздуха по ее

длине, так что при переходе из одной секции в другую параметры изменяются скачкообразно. В этом проявляется приближенный характер одномерной модели. Переход к двух-, а тем более к трехмерной модели в настоящее время вряд ли возможен, поскольку гидродинамика сушилок, за исключением участка обдува ткани, совершенно не изучена. В то же время предлагаемый подход обладает неоспоримым преимуществом перед известными методами расчета сушилок, поскольку он детально учитывает материальные и тепловые балансы, как отдельных секций, так и сушилки в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнюхин И.П., Жмакин Л.И., Козырева Л.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С.115...119.
2. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. – М.: Химия, 1970.
3. Суматов В.А. Сушка и увлажнение лубо-локнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – М.: Химия, 1981.
5. Бунин О.А., Малков Ю.А. Машины для сушки и термообработки ткани. – М.: Машиностроение, 1971.
6. Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. – М.: Химия, 1979.
7. Корнюхин И.П., Жмакин Л.И., Марюшин Л.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, – №1, 1998. С. 85...89.
8. Weiner S.C., Ponzi P.R., Kaye L.A. // Drying' 80. – N.Y. Hemisphere publ. Corp., 1980.
9. Бунин О.А., Малков Ю.А. Современное оборудование для сушки ткани. – М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1971.
10. Сравнительные испытания сушильно-ширильных машин фирм "Драберт", "Текстима" и марки СШЗ-180-1 / Бунин О.А., Коньков А.И., Молоков В.Л. и др. // Отчет по теме 37-2-71 Ивановского НИИЭКМИ, Ивановского СКБ КОО, ЦНИИшерсти. – Иваново, 1971.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 01.02.01.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ БАРБОТАЖНЫХ СКРУББЕРАХ

П.А. ГОРШЕНИН

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

В связи с тем, что использование на текстильных предприятиях высокоскоростных чесальных машин сопровождается повышенным выделением в окружающую среду сорных примесей, а также пуха и пыли, вызывая ухудшение физического состояния работников, актуальной является разработка эффективных аппаратов для очистки воздуха.

Решение поставленной задачи осуществляется при использовании наиболее интенсивного на современном этапе метода проведения массообмена между газом и жидкостью во вращающемся барботажном слое [1].

Для разработки методики расчета аппаратов с вращающимся барботажным слоем необходимо проведение математического моделирования тепломассообменных процессов при движении газовых пузырьков во вращающемся слое жидкости.

Результаты такого моделирования, полученные в [2, 3], ограничены в основном областью сравнительно малых значений критериев Пекле и Фурье, что сужает сферу использования этих результатов для анализа задачи тепло- и массообмена в поле высоких центростремительных ускорений, где числа Рейнольдса могут достигать значений 10^3 - 10^4 в отсутствие существенной деформации поверхности.

Профиль скоростей внутри сферических капель, движущихся с большими скоростями [4, 5], удовлетворительно описывается функцией тока Хилла [6]:

$$\theta = \frac{3}{4} u_{\text{п}} \left[1 - \frac{r}{(d_{\text{п}}/2)^2} \right]^2 r^2 \sin \theta. \quad (1)$$

Введем сферическую систему координат, полярная ось которой направлена в

сторону, противоположную направлению подъема газового пузырька [7]. В рамках модели Хилла уравнение конвективной теплопроводности может быть записано в виде

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} \right) + \left(\frac{2a}{r} - v_r \right) \frac{\partial T}{\partial r} + \left(\frac{a \operatorname{ctg} \theta}{r^2} - \frac{v_{\theta}}{r} \right) \frac{\partial T}{\partial \theta}, \quad (2)$$

где

$$v_r = -\frac{3}{2} u_{\text{п}} \left(1 - \frac{r^2}{R_{\text{п}}^2} \right) \cos \theta, \quad (3)$$

$$v_{\theta} = \frac{3}{2} u_{\text{п}} \left(1 - \frac{2r^2}{R^2} \right) \sin \theta. \quad (4)$$

В уравнениях [2 ... 4] полярная ось предполагается направленной в сторону, противоположную направлению движения пузыря; $u_{\text{п}}$ и R обозначают соответственно скорость всплытия пузыря и его радиус (форма пузыря считается сферической, изменение объема за счет теплопроводности не учитывается). Распределение скоростей, описываемое формулами (3) и (4), может быть получено из известного распределения Адамара-Рыбчинского, если в последнем произвести формальную замену $[u_{\text{ап}}/(1+\mu)] \rightarrow 3u_{\text{п}}$, где $u_{\text{ап}}$ – скорость свободного движения пузыря в поле силы тяжести при $Re \ll 1$, то есть в режиме безотрывного обтекания; μ – отношение динамических вязкостей дисперсной и сплошной фаз. По этой причине решения

уравнения конвективной теплопроводности, соответствующего полю скоростей Адамара-Рыбчинского, и полю, описываемому формулами (3), (4), не будут формально отличаться друг от друга, если числа Пекле для указанных гидродинамических режимов определить как $Pe_{ap} = u_{ap}R/2(1+\mu)$ и $Pe = 3u_{п}R/2a$.

В дальнейшем уравнение (2) будем решать при следующих краевых условиях:

$$T(r, \theta, 0) = T_0; \quad T(R, \theta, t) = T_1;$$

$$|T(0, \theta, t)| < \infty; \quad (5)$$

$$\frac{\partial T(r, 0, t)}{\partial \theta} = \frac{\partial T(r, \pi, t)}{\partial \theta} = 0.$$

Используя безразмерные переменные

$$T = (T - T_0)/(T_1 - T_0); \quad y = r/R; \quad (6)$$

$$\tau = at/R^2; \quad Pe = 3u_{п}R/2a,$$

приведем (2) и краевые условия к виду

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \tau} = & \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{1}{y^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \\ & + \left[\frac{2}{y} + Pe(1-y^2)\cos\theta \right] \frac{\partial T}{\partial y} + \\ & + \left[\frac{ctg\theta}{y^2} - \frac{Pe}{y}(1-2y^2)\sin\theta \right] \frac{\partial T}{\partial \theta}, \quad (7) \end{aligned}$$

$$T(y, \theta, 0) = 0; \quad (8)$$

$$T(1, \theta, \tau) = 1; \quad (9)$$

$$|T(0, \theta, \tau)| < \infty; \quad (10)$$

$$\frac{\partial T(y, 0, \tau)}{\partial \theta} = \frac{\partial T(y, \pi, \tau)}{\partial \theta} = 0. \quad (11)$$

Согласно условиям (8) и (9) функция $T(1, \theta, \tau)$ разрывна в точке $\tau=0$. Чтобы избежать от разрывов при численном расчете, введем новую неизвестную функцию $u(y, 0, \tau)$, определяемую соотношением

$$u = T - 1 + \Phi\left(\frac{1-y}{\sqrt{2\tau}}\right), \quad (12)$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятности. Функция u , как следует из соотношений (7...11), должна удовлетворять уравнению

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} = & \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{1}{y} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} + \left[\frac{2}{y} + \right. \\ & + Pe(1-y^2)\cos\theta \left. \right] \frac{\partial u}{\partial y} + \left[\frac{ctg\theta}{y^2} - \right. \\ & - \frac{Pe}{y}(1-2y^2)\sin\theta \left. \right] \frac{\partial u}{\partial \theta} + \left[\frac{2}{y} + \right. \\ & + Pe(1-y^2)\cos\theta \left. \right] (\pi\tau)^{-1/2} e^{-(1-y)^2/4\tau} \quad (13) \end{aligned}$$

с краевыми условиями

$$u(y, \theta, 0) = 0; \quad u(1, \theta, \tau) = 1; \quad |u(0, \theta, \tau)| < \infty;$$

$$\frac{\partial u(y, 0, \tau)}{\partial \theta} = \frac{\partial u(y, \pi, \tau)}{\partial \theta} = 0. \quad (14)$$

Поскольку коэффициенты при первых производных в уравнении (13) вблизи центра пузыря возрастают с ростом числа Пекле, то для обеспечения равномерной точности расчетной конечно-разностной схемы целесообразно сгущать сетку в окрестности точки $y=0$. С этой целью в исходном уравнении и краевых условиях было введено преобразование $y = \theta^{-s}$ и сетка строилась в координатах s, θ .

При решении использовали локально-одномерный метод переменных направлений Самарского. В направлении θ решали одномерное уравнение в момент времени $\tau_{j-1/2}$:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin\theta \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) + \\ & + Pe e^{-s} (2e^{-2s} - 1) \sin\theta \frac{\partial u}{\partial \theta} = -e^{-2s} \frac{\partial u}{\partial \tau} \quad (15) \end{aligned}$$

с граничными условиями

$$\partial u(s, 0, \tau) / \partial \theta = \partial u(s, \pi, \tau) / \partial \theta = 0.$$

В направлении s решали уравнение в момент времени τ_{j+1} :

$$e^s \frac{\partial}{\partial s} \left(e^s \frac{\partial u}{\partial s} \right) - [Pe e^{-s} (1 - e^{-2s}) \cos \theta] + f(s, \theta, \tau) = \frac{1}{2} e^{-2s} \frac{\partial u}{\partial \tau}, \quad (16)$$

где

$$f(s, \theta, \tau) = [2e^{-s} + Pe e^{-2s} (1 - e^{-2s}) \cos \theta] \frac{1}{\sqrt{\pi \tau}} e^{-(1-e^{-s})^2 / 4\tau} \quad (17)$$

с граничными условиями $u(0, \theta, \tau) = 0$; $u(\infty, \theta, \tau) < \infty$.

Разностную аппроксимацию уравнений (15) и (16) осуществляли при помощи монотонной неявной схемы Самарского для несамосопряженного эллиптического оператора. Схема расположения точек, с помощью которых производилась аппроксимация уравнений, представлена на рис. 1.

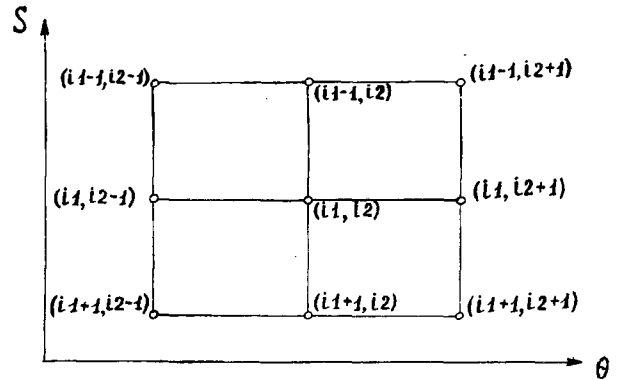


Рис. 1

Существующие разностные уравнения имеют вид:

$$\frac{1}{\sin \theta_{i2}} \left(a_2^+ \frac{u_{il, i2+1}^{j+1/2} - u_{il, i2}^{j+1/2}}{h^2} - a_2 \frac{u_{il, i2}^{j+1/2} - u_{il, i2-1}^{j+1/2}}{h^2} \right) + Pe (b_2^+ a_2^+ \frac{u_{il, i2+1}^{j+1/2} - u_{il, i2}^{j+1/2}}{h} + b_2^- a_2 \frac{u_{il, i2}^{j+1/2} - u_{il, i2-1}^{j+1/2}}{h}) = e^{-2s} \frac{u_{il, i2}^{j+1/2} - u_{il, i2}^j}{e}, \quad (18)$$

где $a_2^+ = \sin \theta_{i2} + 1/2$; $a_2 = \sin \theta_{i2} - 1/2$;

$r_2 = (2e^{-2s} - 1)e^{-s} \sin \theta$; $r_2^\pm = 0,5(r_2 \pm / r_2 /)$;

$$b_2^\pm = \frac{r_2^\pm}{\sin \theta_{i2}} (2e^{-2s} - 1)e^{-s}$$

для $0 \leq il \leq N-1$; $1 \leq i2 \leq M-1$ в направлении θ и

$$e^{s_{i1}} \left(a_1 \frac{u_{i1-1, i2}^{j+1} - u_{i1, i2}^{j+1}}{h^2} - a_1^+ \frac{u_{i1, i2}^{j+1} - u_{i1+1, i2}^{j+1}}{h^2} \right) + b_1^+ a_1 \frac{u_{i1-1, i2}^{j+1} - u_{i1, i2}^{j+1}}{h} + b_1^- a_1^+ \frac{u_{i1, i2}^{j+1} - u_{i1+1, i2}^{j+1}}{h} - b_1 e^{-2s_{i1}} u_{i1, i2}^{j+1} + f(s_{i1}, \theta_{i2}, (j+1)e) = e^{-2s_{i1}} \frac{u_{i1, i2}^{j+1} - u_{i1, i2}^j}{e}, \quad (19)$$

$$\text{где } a_1^+ = e^{-s_1} + 1/2h; \quad a_1 = e^{-s_1} - 1/2h;$$

$$u_{N,i_2}^{j+1} = 0. \quad (20)$$

$$r_1 = -Pe(1 - e^{-2s})e^{-s} \cos \theta;$$

$$r_1^\pm = 0,5(r_1 \pm |r_1|); \quad b_1^\pm = \frac{r_1^\pm}{e^{-s}}$$

для $0 \leq i_1 \leq N-1$; $1 \leq i_2 \leq M-1$ в направлении s .

Аналогичным образом аппроксимируются краевые условия. Для уравнения (18) эти условия таковы:

$$u_{i_1,0}^{j+1/2} = u_{i_1,1}^{j+1/2}, \quad u_{i_1,m-1}^{j+1/2} = u_{i_1,m}^{j+1/2}.$$

Краевые условия для уравнения (19) имеют вид:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{h} + r_1\right)e^{-s_0 + (h_1/2)} \frac{u_{1,i_2}^{j+1} - u_{0,i_2}^{j+1}}{h} = \\ = e^{-3s_0} \frac{u_{0,i_2}^{j-1} - u_{0,i_2}^j}{e} - fe^{-s_0}, \end{aligned}$$

Уравнения (18) и (19) решали методом прогонки. При расчетах использовали сетку, равномерную по s и θ , с шагом по пространству $h=0,1$. Вблизи границ $\theta=0$ и $\theta=\pi$ шаг сетки выбирали равным h^2 . Проверку программы осуществляли методом пробной функции и сравнением с аналитическим решением при $Pe=0$. Расчеты проводили на ЭВМ.

Описанная выше неявная конечно-разностная схема имеет существенное преимущество перед явными схемами, поскольку она устойчива для любых чисел Пекле и при любом соотношении между шагами во времени и по пространству. Устойчивость же явных схем достигается лишь при выполнении определенных условий, связывающих структуру сетки с параметрами исходных уравнений.

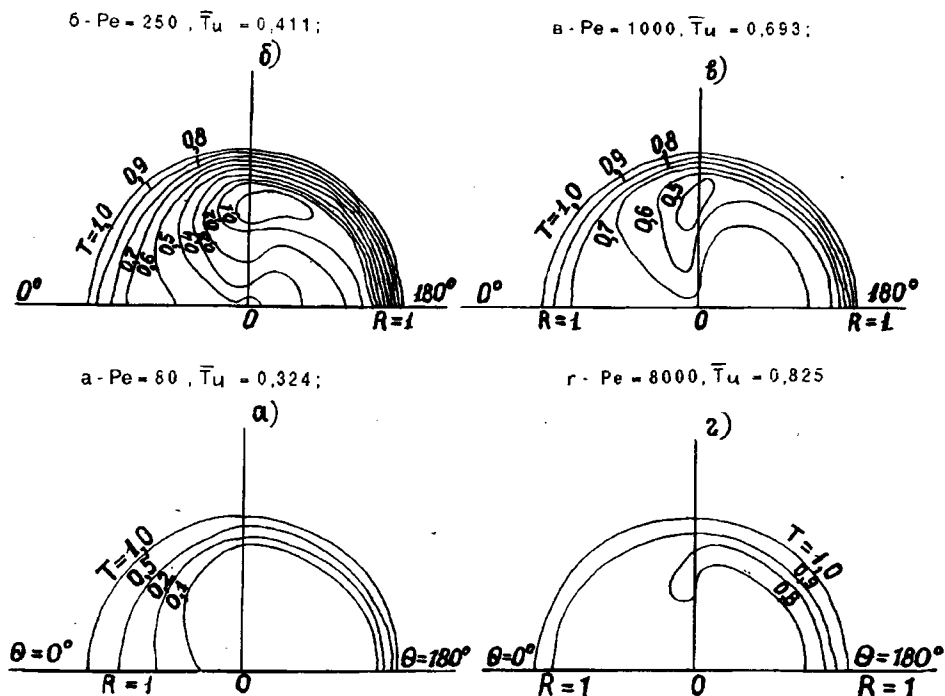


Рис. 2

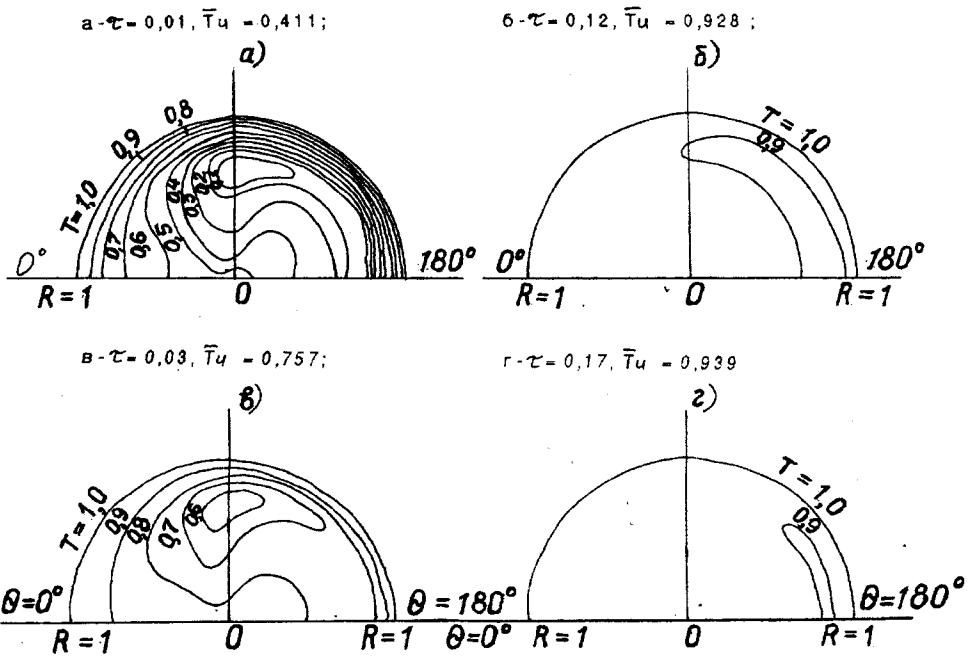


Рис. 3

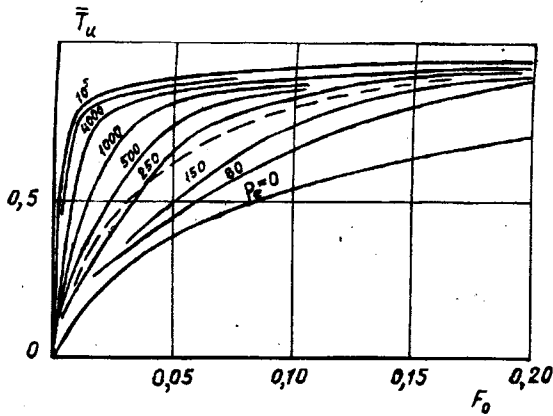


Рис. 4

В результате численного решения уравнения (7) получены распределения температур по объему пузырька для различных критериев Пекле и Фурье (рис. 2 – для фиксированного момента времени $\tau=0,01$, рис. 3 – со временем для $Re=250$), зависимости средней безразмерной температуры газа от критерия Фурье (рис.4), а также зависимости полного значения критерия Нуссельта от критерия Пекле (рис. 5) и критерия Фурье (рис. 6, где 1- $Pe=0$; 2-20; 3-80; 4-250; 5-500; 6-1000; 7-4000; 8-8000; 9-10000; 10-15000; 11- $P=100000$).

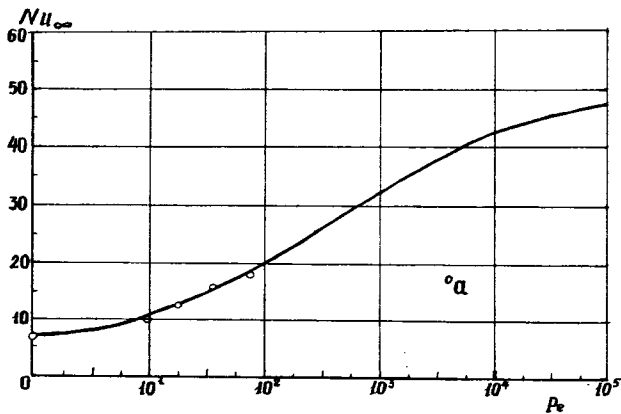


Рис. 5

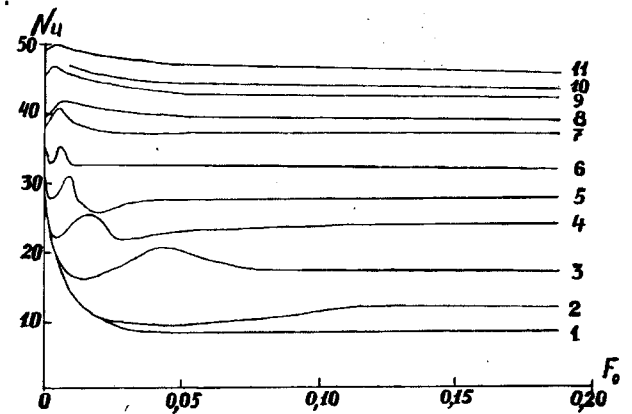


Рис. 6

Из приведенных рисунков видно, что полученные нами результаты хорошо совпадают с результатами работ [1,2] в интервале чисел Пекле от 0 до 80 как по зависимости средней температуры от времени, так и по локальному критерию Нуссельта.

Значения локального критерия Нуссельта, полученные ранее для критерия Re , больше 80, значительно меньше значений, полученных нами, и с ростом Re асимптотически приближаются к кривой, соответствующей модели Кронига-Бринка.

Из рис. 3 следует, что при $Re > 80$ критерий Nu по результатам нашего решения продолжает возрастать с ростом Re и выходит на постоянное значение, равное примерно 50 при $Re = 10^5$.

Представленные результаты показывают, что при характерных для рассматриваемых вращающихся барботажных скрубберов числах Рейнольдса, равных $10^2 - 10^3$, средний критерий Нуссельта достигает 30...50, что свидетельствует об очень

высокой интенсивности тепломассообмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшенин П.А., Былинкин Б.С., Белов С.А. Основы теории вращающихся тепло- и массообменных барботажных аппаратов. М.: Легпромбыт-издат, 1991.
2. Heertjes P.M., de Nie L.H. Chem. Eng. Sei, 1966.
3. Popovich A.I. Henges I. Wärme und Stoffübertragung, 1971.
4. Милл-Томпсон А.М. Теоретическая гидродинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1964.
5. Popovich A.I., Iervis R.E., Trass O. Chem. Eng. Sei, 1964.
6. Самарский А.А. Введение в теорию разных схем. – М.: Наука, 1971.
7. Сафонов А.И., Крылов В.С., Горшенин П.А. Исследование гидродинамики при диспергировании газа во вращающийся слой жидкости. – ТОХТ, 1973, т. 7, №3.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 30.03.01.

УДК 677.21.021.174 : 681.3.06

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ
НА МАЛОГАБАРИТНЫХ ДВУХБАРАБАННЫХ
ЧЕСАЛЬНЫХ МАШИНАХ**

А. Ф. ПЛЕХАНОВ, М. М. БОНДАРЧУК

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

Как известно, имитационное моделирование, являющееся наиболее мощным и универсальным методом исследования и оценки эффективности систем, поведение которых зависит от воздействия случайных факторов, в настоящее время широко используется в различных областях науки и техники.

В целях анализа механико-технологических процессов в текстильной промышленности наиболее часто применяют методы активного эксперимента, позволяющие провести количественную оценку эффективности системы. В случаях, когда желательно рассмотреть поведение системы в той или иной ситуации, возможно применение имитационного моделирования, базирующегося на методе Монте-Карло [1].

Так, для имитационного моделирования процесса кардочесания можно использовать один из эвристических методов – метод затраты – эффект, поскольку из сущности задачи следует, что одни показатели желательно увеличить (производительность кардочесальной машины, эффективность очистки), а другие – уменьшить (количество волокна в отходах, зажгученность, количество пороков в прочесе).

Для данного метода в качестве обобщенного показателя эффективности используется следующее отношение:

$$w_0 = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} w_i}{\prod_{i=m_1+1}^m w_i}, \quad (1)$$

где w_0 – обобщенный показатель эффективности; w_i – математическое ожидание числа показателей; $i=1, \dots, m_1$ – номер показателей, значения которых желательно увеличивать; $i=m_1+1, \dots, m$ – номер показателей, значения которых желательно уменьшать.

Часто первая группа показателей отождествляется с целевым эффектом, а вторая – с затратами на его достижение.

При разработке имитационных моделей необходимо помнить, что любая созданная система должна стремиться к принципу осуществимости. Создаваемая модель должна обеспечивать достижение поставленной цели исследования с вероятностью, существенно отличающейся от нуля, и за конечное время. Обычно задают некоторое пороговое значение P_0 вероятности достижения цели моделирования $P(t)$, а также приемлемую границу t_0 времени достижения этой цели. Модель можно считать осуществимой, если одновременно выполнены два неравенства:

$$P(t) \geq P_0, \quad (2)$$

$$t \leq t_0. \quad (3)$$

При создании концептуальной модели на первом этапе осуществляли сбор фактических данных на основе работы с литературой и технической документацией, проводили натурные эксперименты, сбор экспертной информации, а также выдвигали гипотезы относительно значений параметров и переменных, для которых отсутствует возможность получения фактических данных.

В работах Ф. Лейфельда [2] была предложена следующая формула определения ожидаемого эффекта очистки волокнистого материала с засоренностью 4% и более:

$$\mathcal{E}_a = 100(1 - \ell^{\frac{MCS_m}{10}}), \quad (4)$$

где M – машинный фактор, изменяющийся в пределах от 0,5 до 1,5; C – коэффициент, учитывающий склонность хлопка к очистке, изменяющийся в пределах от 0,5 до 1,5; S_m – содержание сорных и жестких примесей, %

На основе проведенного теоретического анализа этой формулы авторами настоящей статьи сделан вывод о том, что она не соответствует вышеуказанным методам, так как не работает при определенных значениях засоренности волокнистого материала и не отражает реальной зависимости очистительной способности чесальной машины от засоренности, что подтверждают эксперименты, проведенные нами в производственных условиях.

В свою очередь нами разработано и предлагается эмпирическое уравнение определения ожидаемого эффекта очистки волокнистого материала применительно к чесальной машине ЧМД - 4 при переработке хлопка низких сортов и прядомых отходов:

$$\mathcal{E}_a = 15 \sqrt[20]{3,2 S_{cm}}, \quad (5)$$

где M – машинный фактор, изменяющийся в пределах от 1 до 10; S_m – содержание сорных и жестких примесей, %; 15 и 3,2 – постоянные, полученные эмпирически.

В формулу не включены факторы C (сырьевой фактор) и P (фактор производительности), поскольку применительно к заданному виду сырья и исследуемой конструкции чесальной машины их можно задавать постоянными и равными соответственно $C=0,2$ и $P=1$.

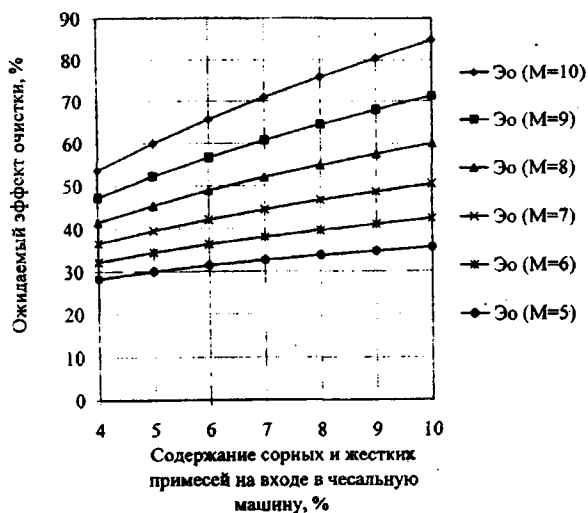


Рис. 1

График полученной зависимости (5) – ожидаемый эффект очистки волокнистого материала при различных значениях машинного фактора M приведен на рис. 1.

Основываясь на теоретическом анализе процесса кардочесания и проведенных экспериментах, на кафедре прядения хлопка МГТУ им. А.Н. Косыгина, разработана имитационная модель малогабаритной кардочесальной машины ЧМД-4, осуществляющая визуализацию процесса передачи волокон через ее рабочие органы. Имитация движения потока волокнистого материала в форме «меченных» материальных частиц через технологическую схему чесальной машины, предложенную в графическом виде на экране монитора (рис. 2), реализована в среде программирования Турбо Паскаль (версия 7.0) [3].

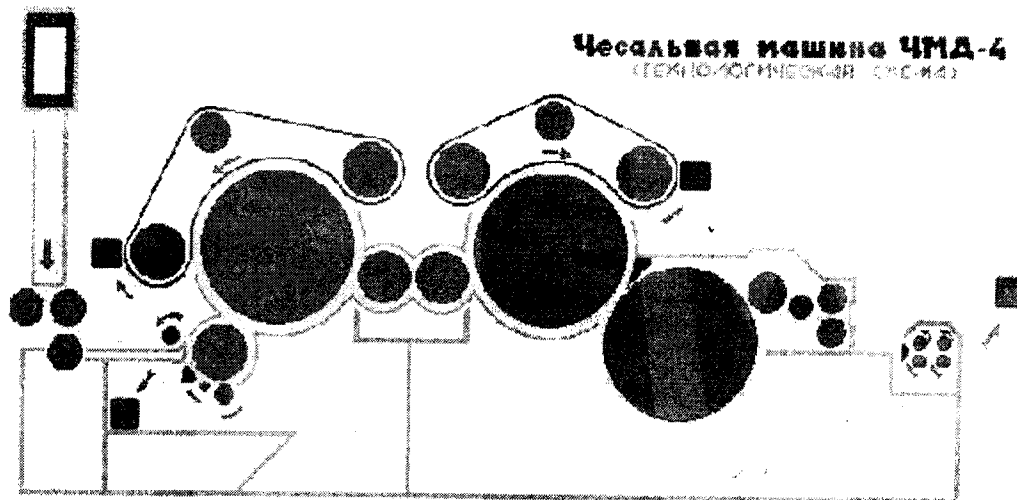


Рис. 2

Имитационная модель малогабаритной чесальной машины ЧМД-4 основана на компьютерной анимации и может быть отнесена к обучающим программам.

Внедрение данной разработки в учебный процесс при чтении лекций и проведении практических занятий и лабораторных работ позволит повысить наглядность протекания процесса кардочесания.

ВЫВОДЫ

1. В результате теоретического анализа формулы Ф. Лейфельда показано, что она не отвечает реальной зависимости очистительной способности чесальной машины от засоренности волокнистого материала.

2. Получена эмпирическая зависимость для определения ожидаемого эффекта очистки волокнистого материала засоренностью от 4 до 10% на чесальной машине ЧМД-4.

3. Разработана имитационная модель малогабаритной кардочесальной машины ЧМД-4, реализованная в среде программирования Турбо Паскаль (версия 7.0).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 1999. С. 3 ... 26.
2. Leifeld F. // Melliland Textilberichte. – № 11, 1984. P. 717...720.
3. Фараонов В.В. Программирование на персональных ЭВМ в среде Турбо-Паскаль. – М.: Изд-во МГУ, 1990.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 06.01.01.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ПОЛИНОМА ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВАЛКОВОЕ УСТРОЙСТВО – ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Е.Н. КАЛИНИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Цель поставленной задачи заключается как в решении уравнений механической цепи, так и в определении такого сочетания параметров ее элементов, при котором есть возможность достижения устойчивого состояния системы. Как показано ранее в [1, 2], нами использован метод, основанный на решении уравнений, описывающих топологию структурной модели системы с последующими решением уравнений системы в символьном виде и численным их анализом с применением символьного

$$D_{\Sigma}(p) = \det \begin{bmatrix} (D_{18} + D_{19})p^2 + (D_1 + D_{13})p + (D_{12} + D_{17}) & (D_{18} + D_{19})p^2 + D_{17} & -D_{19}p^2 \\ (D_{18} + D_{19})p^2 + D_{17} & (D_{18} + D_{19})p^2 + (D_{14} + D_{16})p + (D_3 + D_{17}) & -D_{19}p^2 \\ -D_{19}p^2 & -D_{19}p^2 & D_{19}p^2 + D_6 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Коэффициенты полинома, представленные по Лапласу, являются рациональными функциями от p , что справедливо при определении каждой кинематической переменной из уравнений [3 (11)]. Таким образом, при решении задач анализа и синтеза системы актуальной становится возможность определения переменных, определяющих ее устойчивость.

Визуальное изучение переменных системы, образующих коэффициенты полинома (1), позволяет определить перечень элементов цепи, способных влиять на динамические свойства системы. Так, динамическая жесткость приводного вала k_3 как конструкционный параметр входит в состав коэффициентов полинома (1) и влияет как на технологические (динамический прогиб, влажность обрабатываемого материала при его обезвоживании, равномерность влажности по ширине полотна, равномерность интенсивности воздействия на полотно в процессах заключительной отделки), так и на эксплуатационные харак-

анализа. Использованный метод позволяет установить взаимосвязь между свойствами решения и численными значениями элементов матриц и коэффициентов.

Уравнение [3 (11)], решенное относительно кинематических переменных \bar{k}_1, \bar{k}_3 и \bar{k}_6 , содержит $D_{\Sigma}(p)$ многочлен по p , являющийся выражением определителя матрицы коэффициентов и называемый характеристическим полиномом

теристики устройства (прочность, надежность и др.) и является определяющим устойчивостью системы наряду с большинством ее переменных.

Проблема устойчивости системы в целом может быть решена и без учета конкретных значений переходных ее элементов, то есть задача численного анализа цепи может быть сведена к вычислению корней характеристического полинома (1). В нашем случае их количество составит 5 (полином пятой степени), причем из двух пар сопряженных комплексных корней вида $p = \alpha + j\beta$ и одного вещественного корня, что обусловлено наличием в системе сопротивлений r_i полного комплексного сопротивления. Исследование колебательной системы на устойчивость по первому приближению выполнено нами применительно к десяти значениям величины динамической жесткости приводного вала, изменяющейся в пределах $k_5 = 124 \cdot 10^4 \dots 304 \cdot 10^4 \text{ Н/см}$ с целью определения значений коэффициента k_5 , соответ-

ствующих отрицательным значениям вещественных частей корней характеристического полинома, а следовательно, устойчивости системы. Визуализация результатов исследования характеристического по-

линома с возможностью определения границ устойчивости по одному параметру k_5 представлена на рис. 1.

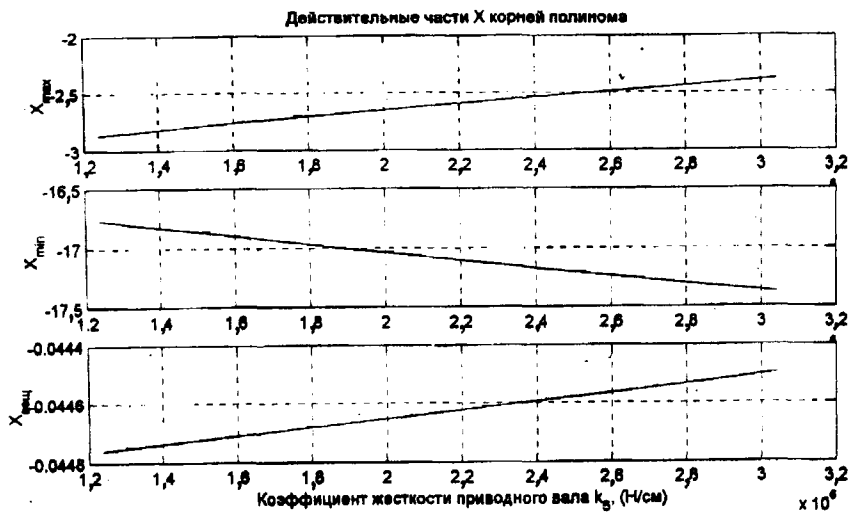


Рис. 1

Изменение динамической жесткости k_5 связано с использованием принципа предварительно напряженного состояния конструкции приводного вала отжимного устройства с целью увеличения его жесткости за счет создания дополнительной осевой нагрузки, создаваемой и регулируемой гидравлическим механизмом в процессе работы валкового устройства [4]. Результаты анализа показывают, что устойчивость системы определена отсутствием вещественных частей корней в правой комплексной полуплоскости на всем интервале значений динамической жесткости k_5 (рис.1) при нулевом положении равновесия изображающей точки фазового пространства.

По причине линеаризации уравнений возмущенного движения системы теория первого приближения не всегда приводит к правильным заключениям о поведении системы. Для решения вопроса об устойчивости или неустойчивости полинома без предварительного вычисления его корней воспользуемся критерием Гурвица, дающим возможность не только установить картину распределения корней полинома (нулей определителя системы), выражающих ее собственные частоты на комплексной плоскости (рис.2), но и определить необходимые изменения параметров системы в направлении, обеспечивающем устойчивость движения системы (рис.3).

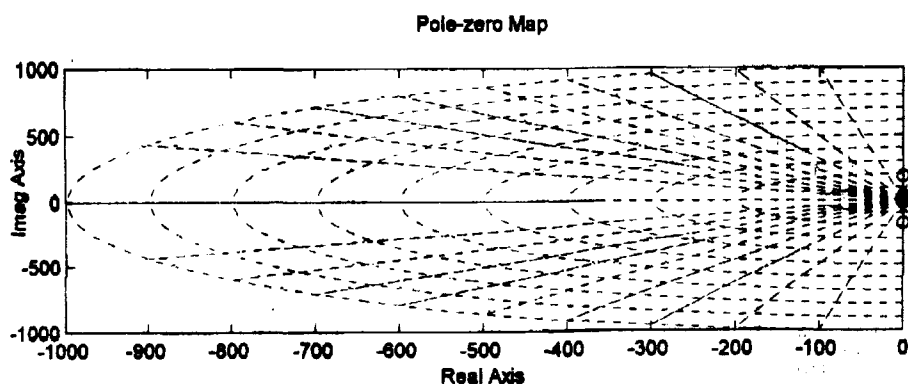


Рис. 2

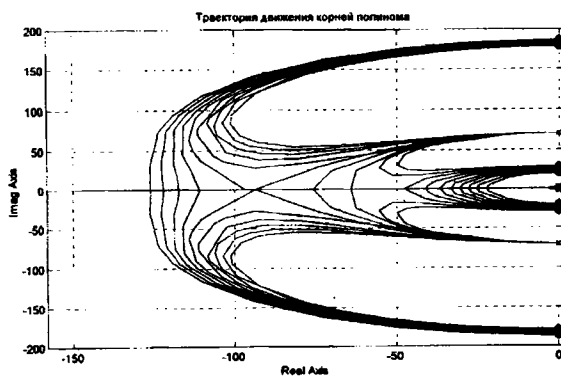


Рис. 3

Рассматривая переменные k_i, τ_i и m_i как ветви механической цепи и определив, имеет ли характеристический полином (1) вещественные коэффициенты и отсутствие нулей в правой полуплоскости, установим соответствие исследуемого полинома полиному Гурвица. В соответствии с методом [5] характеристический полином представлен в виде суммы четной и нечетной частей

$$D_z(p) = m(p) + n(p),$$

где $m(p)$ и $n(p)$ – слагаемые, содержащие коэффициенты при членах полинома с четными и нечетными степенями соответственно.

Одновременно с определением выражения (1) как полинома Гурвица, мы имеем возможность выразить реактивную функцию системы через отношение $m(p)/n(p)$, которая тесно связана с обратной связью, характеризующей отклик системы в целом на внешнее воздействие.

Процедура проверки системы на устойчивость по Гурвицу заключалась в разложении (со старшей степенью в числителе) в цепную дробь вида [5]:

$$\frac{m(p)}{n(p)} = b_1 p + \frac{1}{b_2 p + \frac{1}{b_3 p + \frac{1}{b_4 p + \frac{1}{b_5 p}}}}$$

причем $m(p)/n(p)$ будет реактивной функцией при условии для всех $b_i > 0$ (при допущении $b_1 = 0$), а физический смысл нулей $D_\Sigma(p)$ заключается в их соответствии ре-

зонансу сил, а полюсов – резонансу скоростей. Карта расположения на комплексной плоскости нулей и полюсов полинома и траектории движения корней полинома (рис.2 и 3) получены в результате создания процедурой-конструктором TF-модели [6] при использовании установленных матриц ячеек числителей и знаменателей отношения $m(p)/n(p)$. Положение нулей и полюсов на мнимой оси свидетельствует об условной устойчивости системы в целом, а численный анализ цепной дроби для каждого варианта сочетаний входных параметров свидетельствует об устойчивости системы на третьем и восьмом шаге значений жесткости k_5 .

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм численного эксперимента, позволяющий решать задачи анализа и синтеза динамической системы с пятью степенями свободы на основе теорем первого приближения и критерия устойчивости Гурвица.

2. Результаты вычислительного эксперимента позволили вести наблюдения за состоянием устойчивости системы при различных численных значениях входных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 6. С. 91...93.
2. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 1. С. 102 ... 106.
3. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 2. С. 134...138.
4. Патент РФ № 1747571 МКИ D06C 15/08. Вал для машин отделочного и бумажного производства / Е.Н. Калинин, Ю.Л. Талепоровский, А.И. Куликов. – Оpubл. 1992. Бюл. №26.
5. Сешу С., Балабанян Н. Анализ линейных цепей / Пер. с англ. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963.
6. Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x – К.: Издательская группа ВНУ, 2000.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 20.03.01.

УДК 677.017.428

**ИЗМЕНЕНИЕ ИСХОДНЫХ СВОЙСТВ НИТЕЙ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТКАНИ***Х.А. АЛИМОВА, А.Д. ДАМИНОВ, Д.Д. ИНОГАМДЖАНОВ***(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)**

Многokратные растяжения нитей основы в ткачестве, их перетирание как о рабочие органы ткацкого станка, так и между собой, а также циклические изгибные деформации при прохождении глазков галев (изгиб при взаимодействии с другими органами станка представляется несущественным) приводят к возникновению усталостных явлений в поведении нитей. Имеющиеся исследования по усталости нитей, в частности [1], не исчерпывают всего разнообразия факторов, характеризующих данное явление.

Необходимость в дальнейших исследованиях обусловлена потребностью практики тканеформирования с целью получения достаточно простых и удобных для применения, адекватных с реальностью моделей, позволяющих описать динамику изменения свойств упругой системы заправки в любой зоне ткацкого станка.

В связи с этим, представляется интересным с помощью экспериментов проследить за величиной изменения свойств пряжи в результате воздействия на нее циклических знакопеременных нагрузок на станке.

В настоящей работе приводятся результаты сравнительных испытаний крученой шелковой нити линейной плотности 14,3 текс и одиночной хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 18,5 текс до и после процесса ткачества соответственно. Причем шелковая нить, рассматриваемая

нами, использовалась в качестве утка в ткани полотняного переплетения в сочетании с хлопчатобумажной пряжей в основе с линейной плотностью 16,6 текс и абсолютной плотностью ткани 310 нитей по основе и 350 нитей по утку на 10 см. Хлопчатобумажная пряжа перерабатывалась также в полотняную ткань с льняной пряжей с 20,8 текс в утке и абсолютной плотностью ткани 300 нитей по основе и 220 нитей по утку.

Тканеформирование осуществляли на станке Пиканоль Омни с пневматическим способом прокладывания утка в лаборатории Гентского текстильного института (Бельгия). Исходные хлопчатобумажная и крученая шелковая нити были отобраны с ткацкого навоя и уточной бобины указанного ткацкого станка соответственно. После ткачества нити извлекались из названных выше образцов тканей. Полученные таким образом образцы нитей подвергали испытаниям на разрывной машине Статимат М фирмы Техтекно (Германия). Определенные непосредственно перед испытаниями фактические линейные плотности составляли 14,3 и 18,2 текс для крученой шелковой нити и хлопчатобумажной пряжи соответственно.

Сравнительные результаты испытаний представлены в табл. 1, содержащей усредненные показатели плотности пряж до и после ткачества.

№	Показатели пряжи (нити)	Вид пряжи (нити)			
		крученая шелковая		хлопчатобумажная	
		1	2	1	2
1	Разрывное удлинение, %	12,8±0,2	7,5±0,5	4,5±0,2	5,8±0,2
2	Разрывная нагрузка, сН	379±4,3	287,6±21,5	423,5±16,3	432,3±16,1
3	Работа разрыва, сН·см	1637,0	664,6	513,6	554,9
4	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	26,4	20,1	23,3	23,4
5	Время разрыва, с	7,7	4,5	2,7	3,5
6	Модуль при 0,5÷1%, сН/текс	504,9	237,9	586,0	216,7
7	Модуль при 1÷1,5%, сН/текс	539,4	336,1	472,7	334,0

Примечание. 1 – до ткачества; 2 – после ткачества.

Проанализируем полученные результаты поочередно для шелковой нити и хлопчатобумажной пряжи по каждому показателю. Так, разрывное удлинение шелковой нити снизилось после ткачества до 7,5 с 12,8 % до ткачества, или на 41,4 %. Разрывная нагрузка соответственно составила 379,0 сН до ткачества и 287,6 сН после него, что свидетельствует о снижении на 24,1 % ресурсов шелковой нити в ходе тканеформирования по этому показателю. По величине работы, затрачиваемой на разрыв, снижение составляет 59,4 % (с 1637 сН·см до 664,6 сН·см). При участии в тканеформировании шелковая пряжа также «потеряла» 23,9 % по удельной разрывной нагрузке и на 41,6 % уменьшилось время разрыва.

Несколько парадоксальный характер имеют результаты по второму образцу – одиночной хлопчатобумажной пряже. Здесь наблюдается некоторое увеличение по показателям: на 28,9 % по разрывному удлинению, на 8 % по работе разрыва и на 29,6 % по времени разрыва. Создается впечатление, что образец после многотысячных циклов нагружения на станке не только не устал, а даже «отдохнул», заметно «прибавив» в разрывных показателях.

Поясним поподробнее полученные результаты, ограничившись комментариями лишь по пяти показателям разрыва для

шелковой нити (также и для хлопчатобумажной) из табл. 1, хотя ее последние две строки заняты еще двумя величинами, относящимися не к моменту разрыва. Речь идет о модулях деформации при 0,5...1 %-ном и 1...1,5 %-ном удлинениях соответственно. Именно по этим двум показателям наблюдается одинаковая тенденция: существенное снижение как для шелковой, так и для хлопчатобумажной пряжи – для шелковой на 52,9 % по модулю при 0,5...1 %-ном удлинении и на 37,7 % при 1...1,5 %-ном, а для хлопчатобумажной пряжи на 63,0 % и на 29,3 % соответственно.

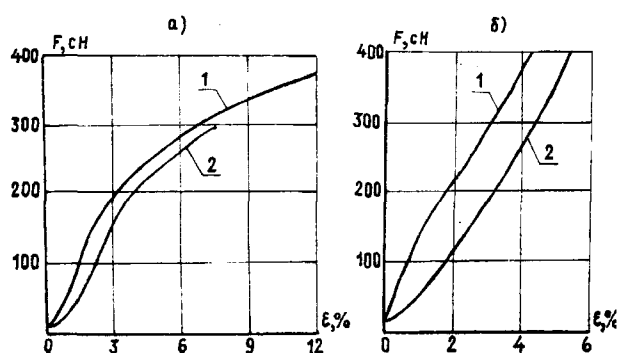


Рис. 1

Далее рассмотрим диаграммы растяжения, представленные на рис. 1, где кривые 1 – до ткачества и 2 – после ткачества. Результаты, показанные на диаграммах а) –

для шелковой нити и б) – для хлопчатобумажной пряжи наглядно подтверждают, что разрывные показатели не могут явиться мерой усталости перерабатываемого на станке сырья. Действительно, значения рабочих нагрузок в процессах ткачества лежат в диапазоне 25...30 % от разрывных. Иными словами, при перерабатывании волокнистого материала на технологическом оборудовании его не подвергают разрыву, а перерабатывают в менее критических режимах. Потому правомернее было бы ориентироваться не на разрывные характеристики материала как критерии оценки изменения его свойств при переработке, в частности, усталости, а на модуль деформации, по которому налицо полное совпадение направленности изменения свойств при тканеформировании для обоих образцов нитей. Опираясь на результаты рис. 1, приходим к выводу, что модуль деформации представляет собой угол наклона начального, практически прямолинейного участка кривой разрыва.

Характер представленных кривых отчетливо показывает, что переработанная пряжа, особенно в области рабочих нагрузок, действительно не та, как до переработки на станке. Если ранее это была качественная оценка, то теперь имеется и количественное подтверждение изменения свойств пряжи в ткачестве непосредственно из эксперимента: ясно виден различный характер кривых в рабочем диапазоне нагружения. Угол наклона начальных участков различен, то есть модуль деформации

у переработанного материала значительно ниже по сравнению с исходным, что подтверждает снижение его сопротивляемости внешним нагрузкам вследствие усталости в результате многократного циклического деформирования при переработке.

ВЫВОДЫ

1. Мерой усталости волокнистых материалов в текстильных процессах и, в частности, нитей в тканеформировании, является не комплекс разрывных характеристик, а модуль деформации.

2. Необходимы уточнения в корреляционных зависимостях между показателями исходной пряжи и вырабатываемой ткани из нее.

3. Требуется дальнейшие исследования по адекватному отображению приведенных результатов эксперимента в определяющих уравнениях через соответствующий математический аппарат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носов М.П., Теплицкий С.С. Усталость нитей. – Киев: Техника, 1975.

2. Крагельский И.В. Динамическое определение прочности текстильных материалов. – М.: Гизлегпром, 1933.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования тканей и трикотажа. Поступила 01.12.00.

УДК 667.052

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ

У. Ю. ТИТОВА, Ю. В. БЕЛОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Существующие в настоящее время математические модели строения ровницы из-за большого числа допущений и огра-

ничений дают лишь приближенную картину [1,2]. В данной работе поставлена задача создания математической модели

строения ровницы, пригодной для последующего численного анализа процесса вытягивания в валичных вытяжных приборах.

Задача решалась в два этапа.

1) Выявление и определение показателей структурных элементов ровницы (табл.1).

Таблица 1

p	q	a_i	c_i	l_i
Сечение 1				
1	4	8,63	4,79	22,7
			3,92	46,2
			3,30	37,3
			0,14	57,3
Сечение 2				
2	4	9,21	4,37	38,8
			8,07	81,6
			3,04	47,0
			5,75	70,7
	3	8,16	3,81	52,4
			4,34	22,2
			3,34	62,0

2) Выявление и определение позиций структурных элементов ровницы в пространстве (рис. 1).

локон в одном сечении; q – количество элементарных волокон в комплексе; Sh – расстояние между сечениями; a_i – взаимное смещение комплексных волокон; c_i – смещения элементарных волокон; l_i – длины элементарных волокон.

На рис.1 приведена схема расположения 3-х комплексных волокон. Для наглядности волокна расположены в одной плоскости (x, y). Как следует из табл.1, к сечению 1 привязан один комплекс из 4-х волокон, а к сечению 2 – два комплекса (из 4-х и 3-х элементарных волокон).

Табл.1 получена с помощью специальной программы численного моделирования, а рис.1 – с помощью программы графического моделирования в системе ALISP.

При моделировании структуры реальной ровницы возникают проблемы обработки значительных по объему массивов информации. С этой целью проанализированы две современных системы: Borland C++ Builder и Delphi 5. Наиболее эффективной для моделирования структуры реальной ровницы оказалась система Delphi 5.

Алгоритм разработанной программы включает два описанных выше этапа: формирование структуры ровницы и фор-

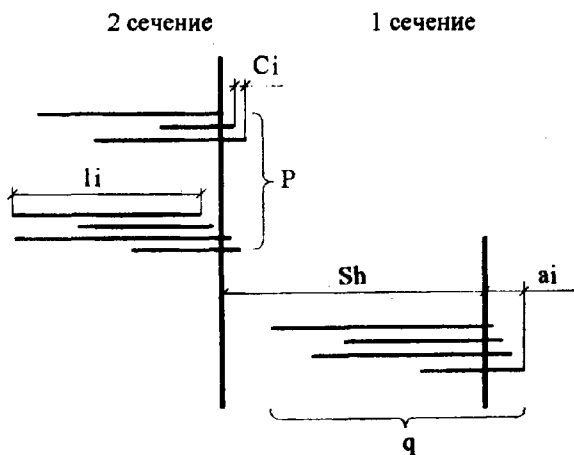


Рис. 1

В первом приближении элементарные волокна ровницы моделировались отрезками прямых линий. В качестве исходных данных для численного моделирования использовали результаты физических экспериментов на льняной ровнице [3]. В табл.1 структура ровницы представлена следующими показателями: d – количество сечений по длине анализируемого участка ровницы; p – количество комплексных во-

мирование в численной форме потока волокнистого материала с вычислением длин комплексных волокон и их положений в потоке. В такой форме численная модель волокнистого материала в дальнейшем

может быть использована для моделирования процесса вытягивания ровницы. В табл.2 представлены два варианта результатов моделирования.

Таблица 2

D1		D2		D3	
1	2	1	2	1	2
58	22,8	76	26,2	61	25,0
340	68,5	148	76,8	132	75,0
209	114,3	268	127,4	190	125,0
114	160,0	217	178,0	185	175,0
88	205,7	132	228,6	210	225,0
62	251,3	62	279,2	75	275,0
63	297,0	38	329,8	44	325,0
29	347,7	29	380,4	40	375,0
18	388,4	16	431,0	25	425,0
11	434,2	9	481,6	23	475,0
8	479,8	5	532,2	15	525,0

Примечание. 1 – количество; 2 – длина волокон.

В варианте D1 при формировании массивов длин и смещений элементарных волокон использовались законы распределения, полученные экспериментально, а распределение числа волокон в технических комплексах моделировалось на базе нормального закона распределения. Вариант D2 получен с использованием законов распределения всех элементов структуры льняной ровницы, выявленных в результате физических экспериментов: длин и смещений элементарных волокон, взаимного смещения технических комплексов, а также распределения количества элементарных волокон в технических комплексах. Вариант D3 составлен по данным физического эксперимента на льняной ровнице.

Общими для первых 2-х вариантов расчета являются параметры d , p , Sh ; векторы распределений длин и количеств элементарных волокон; величин и количеств взаимных смещений элементарных волокон:

$mL = (20, 40, 60, 80, 100)$; $qL = (89, 5, 3, 2, 1)$; $mC = (0,9; 2,7; 4,5; 6,3; 8,1)$; $qC = (69, 18, 6, 4, 3)$; $A = 10$ – максимальная величина смещений технических комплексов; $W = 400$ – максимальное количество элементарных волокон в комплексе.

В варианте D2 вместо параметров A , W введены экспериментальные векторы этих величин:

$mA = (1, 3, 5, 7, 9)$; $qA = (8, 20, 17, 13)$; $mW = (80, 160, 240, 320, 400)$; $qW = (743, 627, 196, 81, 14)$.

ВЫВОДЫ

1. Разработан численный метод моделирования структуры льняной ровницы с использованием системы Delphi 5.

2. Проведены сравнительные расчеты 2-х вариантов с различными исходными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург Л.Н. и др. Динамика основных процессов прядения (гребнечесание и вытягивание), 4. 2. – М.: Легкая индустрия, 1972. С. 95...102.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. С. 218...221.

3. Титова У.Ю. Исследование структуры льняной ровницы // Сб. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, 1997.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 30.01.01.

УДК 677.024:628.8.001.5

К ВОПРОСУ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ НА ПРОДУКТЕ В ПРОЦЕССЕ ТКАЧЕСТВА

А.Е. СОЛОДИХИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Испытания способа удаления электростатических зарядов проводили в ткацком цехе Ивановской ордена Трудового Красного Знамени ткацкой фабрики имени 8 Марта [1].

Планом исследований предусматривались три этапа:

первый – изучение состояния микроклимата с учетом его метеорологических и электрических параметров;

второй – модернизация существующей системы кондиционирования в комплексе с установками для доувлажнения воздуха с целью оптимизации метеорологических и электрических параметров среды;

третий – оценка влияния параметров воздушной среды на характер протекания технологического процесса ткачества, электризацию продукта и санитарно-гигиенические условия труда.

В цехе располагалось 936 станков типа П-125-ZB-8, вырабатывающих бязь арт. 134 из пряжи №34,5 по основе и утку. В части цеха, выделенной под опытный участок, находилось 260 станков. Требуемый температурно-влажностный режим в цехе обеспечивали кондиционеры КТ-120 и

система доувлажнения Туман с форсунками ФД-2 с двухсторонним факелом.

Измерения метеорологических (температура t , °С и относительная влажность φ , %) параметров воздушной среды выполняли психрометром Ассмана с механическим прососом; электрических – счетчиком ионов САИ-ТГУ-66 (раздельно – положительные n^+ и отрицательные n^- плотности пространственных электрических зарядов). Коэффициент униполярности, представляющий отношение $n^+ / n^- = q$, находили с помощью расчетов.

Величины электростатических зарядов на нитях оценивали косвенным методом путем измерения их электрических потенциалов относительно «земли» электростатическим вольтметром С'50. Ввиду того, что одной из целей настоящей работы являлось определение эффективности испытуемого способа нейтрализации, применение приборов прямого отсчета позволяло более точно оценить результаты по сравнению с имеющимися приборами, измеряющим плотности электростатических зарядов бесконтактным способом, например, прибором ПК2-ЗА ЛИОТ.

Уровень значений \ Параметры	t, °C	φ, %	n ⁺ , 10 ³ е/см ³	n ⁻ , 10 ³ е/см ³	q
Максимальный	26.8	72	18.83	11.69	1.61
Минимальный	24.6	58	4.24	5.42	0.45
Средний	25.5	63,5	9,75	10,24	0,95

Примечание. е – заряд электрона.

Результаты измерений параметров воздушной среды на высоте от пола 1,3 м представлены в табл.1 (замеры проводили в 24 различных точках). Анализ табл. 1 свидетельствует о значительной неравномерности распределения параметров по площади цеха, что создает неблагоприятные условия для протекания технологического процесса и ухудшает санитарно-гигиенические нормы и, как следствие, условия труда. Это подтверждают и значения коэффициента униполярности, превышающие оптимальные (0,5), а в отдельных зонах уже и явно негативно влияющие на состояние здоровья работающих (предельно допустимые 1,35) [2].

Определение знака электростатических зарядов на нитях прибором ЦНИИшелка, принцип действия которого заключается в изменении потенциала управляющей сетки пентода 6Ж1П при поднесении дискового электрода (антенны) к заряженному телу с последующей фиксацией анодного тока неоновой лампочкой. Как и ожидалось, знак зарядов положительный. Результаты измерений показали, что значения электрических потенциалов отличны друг от друга, как по ширине полотна, так и вдоль его. Наибольшие значения потенциалов имели место в зоне приобоя, где они достигали значений порядка нескольких сотен вольт. При этом на станках, расположенных в зонах, где наблюдались наибольшие отклонения от рекомендуемых значений параметров воздушной среды, электрические потенциалы нитей были значительно выше, что вполне согласуется с данными из [3].

С целью выравнивания метеорологических и электрических параметров воздушной среды – приближения их к значениям соответствующим нормам, на опытном участке форсунки ФД-2 заменили двумя электроаэрозольными генераторами ЭАГУ-3 [4], которые, в отличие от первых, разместили на фронтальной стороне разводки (со стороны навоя), поскольку именно с этой стороны поверхностная плотность зарядов на продукте максимальна.

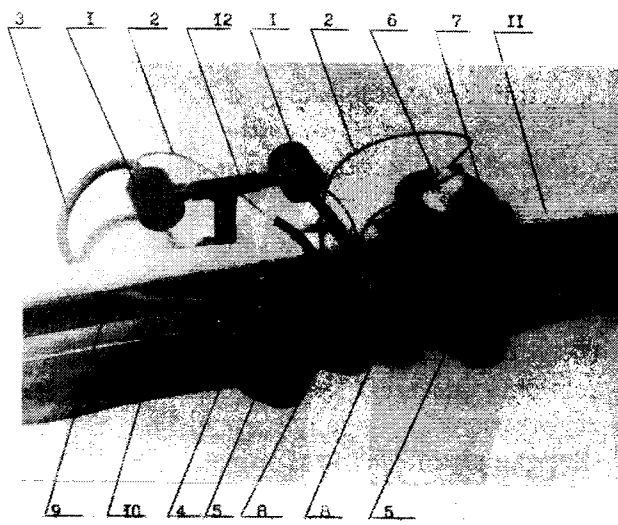


Рис. 1

Монтаж ЭАГУ-3 (вариант №1) на линии доувлажнения показан на рис. 1, где 1 – ЭАГУ-3; 2 – токоподводящий провод; 3 – шланг для подвода воды; 4 – водяной

дроссель; 5 – хомут; 6 – электрическая вилка; 7 – электрическая розетка на распределительной коробке; 8 – индикатор короткого замыкания; 9 – воздушная линия; 10 – водяная линия; 11 – электрическая линия; 12 – тройник. Ввиду того, что опытный участок располагался в общем зале, во избежание влияния «краевого эффекта» в его центральной части было ото-

брано 80 станков, на которых и выполнялись все запланированные измерения.

Включение ЭАГУ-3, которые одновременно регулировали влажность воздуха и электризовали (ионизировали) водовоздушную смесь (гидроаэрозоль), нормализовало метеорологические и электрические параметры воздушной среды.

Таблица 2

Уровень значений	Параметры	t, °C	φ, %	n ⁺ , 10 ³ е/см ³	n ⁻ , 10 ³ е/см ³	q
Максимальный		25,3	66	30,5	50,0	0,61
Минимальный		23,9	62	29,3	48,1	0,61
Средний		24,2	64	29,8	48,6	0,61

Результаты измерений в тех же точках, что и в табл.1, представлены в табл.2. При их сравнении четко прослеживается улучшение указанных параметров, что обеспечивает комфортность и улучшение санитарно-гигиенических условий труда. Так,

колебания температуры и относительной влажности соответственно не выходят за пределы 3...4%, а коэффициент униполярности на всей площади опытного участка близок к оптимальному: 0,61.

Таблица 3

Без электризации				Электризация			
$\bar{\varphi}$, В	φ_K , В	S_K , В	S_{σ} , %	$\bar{\varphi}$, В	φ_K , В	S_K , В	S_{σ} , %
159	167	52	33	57	54	19	33

Разброс колебаний величин электрических потенциалов нитей, измеренных в зоне прибора, можно оценить с помощью результатов из табл. 3, в которой приведены результаты обработки, полученные с 80 станков опытного участка до и после включения установки для электризации среды.

В табл.3 средневзвешенная арифметическая потенциала:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^K m_i \varphi_i}{n}, \quad (1)$$

где m_i – интервальная численность; K – количество интервальных численностей; n – общее число измерений (80);

среднеквадратическое:

$$\varphi_K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R m_i \varphi_i^2}{n}}; \quad (2)$$

среднеквадратическое отклонение:

$$S_K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K m_i (\varphi_i - \bar{\varphi})^2}{n}}; \quad (3)$$

коэффициент вариаций:

$$S_0 = 100S_K/\bar{\varphi} \% \quad (4)$$

Таким образом, в результате изменения электрического состояния среды произошло сужение диапазона электрических потенциалов на нитях примерно в три раза от 50...350 до 20...120 В, что, в свою очередь, не смогло не отразиться на таком по-

казателе характера протекания технологического процесса, как обрывность.

В свое время фабрика имени 8 Марта планировалась и была построена как фабрика-автомат, где работа каждого станка (выработка, обрывность и др.) контролировалась вычислительной лабораторией, оснащенной ЭВМ.

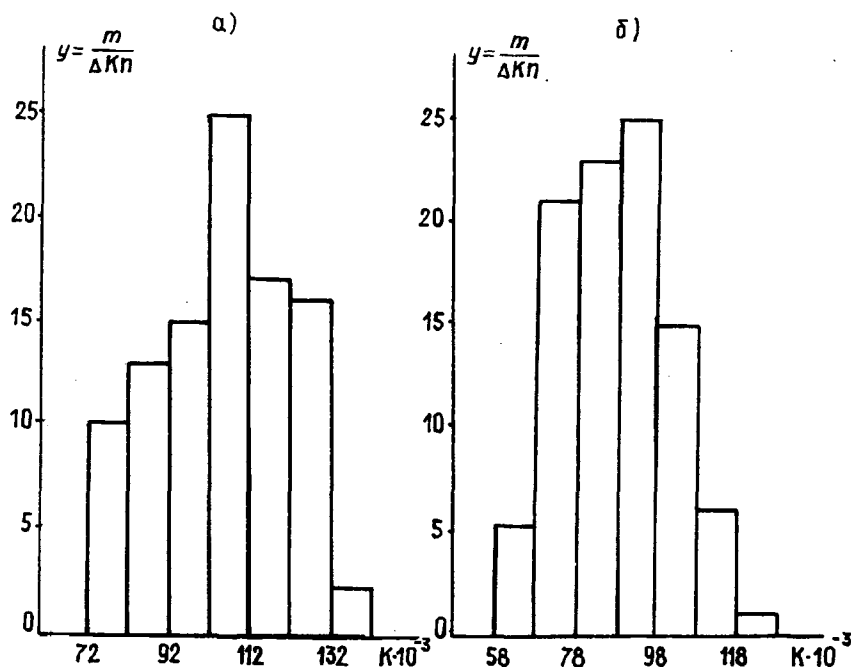


Рис. 2

Согласно данным, полученным из этой лаборатории, построены гистограммы количества K обрывов на метр для тех же

станков, на которых измерялись электрические потенциалы (рис.2: а) – до включения электризации; б) – после).

Таблица 4

Без электризации				Электризация			
\bar{K}^*	K_K	S_K^*	$S_0, \%$	\bar{K}^*	K_K	S_K^*	$S_0, \%$
0,100	0,101	0,016	16	0,082	0,083	0,013	15

Примечание. * – обрывов/м.

Результаты обработки данных по формулам (1...4), сведенные в табл. 4, свидетельствуют, что благодаря количественному и качественному изменениям в элек-

трическом состоянии воздушной среды достигнуто среднее снижение обрывности на 18%, а характер гистограмм указывает на уменьшение рассеяния, то есть диапа-

зон колебаний обрывностей сужается с 0,072...0,132 до 0,058...0,118 обрывов/м.

ВЫВОДЫ

Установлено, что применение способа удаления электростатических зарядов [1] обеспечивало нормализацию метеорологических параметров воздушной среды, а целенаправленное регулирование – величину и соотношение между электрическими пространственными зарядами, в результате чего обрывность на ткацких станках снижалась в среднем на 18% и улучшались санитарно-гигиенические условия труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 381185 СССР. Способ удаления электростатических зарядов в текстильном производстве/ А.Е. Солодихин, Е.В. Горбунова. – Оpubл. 1972. Бюл. №21.
2. Минх А.А. Ионизация воздуха и ее гигиеническое значение. – М.: Медгиз, 1963.
3. Власов П.В., Галкина З.И. Нейтрализация зарядов статического электричества в ткачестве. – М.: Легкая индустрия, 1977.
4. А.с. 621936 СССР. Пневматическая форсунка с электризацией факела/ А.Е. Солодихин, Е.В. Горбунова. – Оpubл. 1976. Бюл. №27.

Рекомендована кафедрой электротехники. Поступила 27.05.00.

К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРА АНДРЕЕВИЧА УСЕНКО

9 июля 2001 года исполнилось 90 лет со дня рождения и 65 лет производственной, научной и учебно-педагогической деятельности заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина Владимира Андреевича Усенко.



В течение 10 лет проф. Усенко В.А. работал деканом факультетов, 5 лет – проректором по научной работе.

В.А. Усенко – высококвалифицированный методист, прекрасный лектор и воспитатель молодежи. За время своей продолжительной и плодотворной педагогической деятельности он подготовил 62 кандидата и трех докторов технических наук, которые успешно работают почти во всех республиках бывшего

В.А. Усенко родился в г. Троицке Челябинской области. После окончания средней школы в 1929 г. он три года работает учителем, а в 1932 г. поступает в Московский текстильный институт, который и оканчивает с отличием в 1938 году.

Два года В.А. Усенко трудился на Московском шелковом комбинате «Красная роза», а затем поступил в аспирантуру МТИ на кафедру технологии шелка.

В.А. Усенко – участник Великой Отечественной войны. После демобилизации в 1946 г. он возвращается в МТИ, восстанавливается в аспирантуру и в 1947 г. защищает кандидатскую диссертацию, а в 1957 г. – докторскую.

В 1948 г. В.А. Усенко присваивается ученое звание доцента, а в 1958 г. – профессора.

С 1956 по 1959 гг. В.А. Усенко заведовал кафедрой технологии шелка, на базе которой им была организована новая кафедра переработки химических волокон, которой он руководил до 1988 г. и на которой продолжает работать в настоящее время

СССР, а также в дальнем зарубежье.

Глубокие и обстоятельные исследования позволили проф. В.А. Усенко возглавить у нас в стране разработку некоторых научных проблем в области производства и переработки химических волокнистых материалов: прядение химических волокон в чистом виде и в смеси с другими волокнами; выработка высокообъемной пряжи; производство текстурированных нитей; технология получения комбинированных нитей и крученых комплексных химических нитей различного назначения.

Проф. В.А. Усенко опубликовано 14 учебников для вузов, 10 монографий и научно-технических книг, около 300 научных статей и брошюр, им получено 37 авторских свидетельств на изобретение. Семь статей В.А. Усенко опубликованы в энциклопедиях (БСЭ, Энциклопедия полимеров) и 30 статей – в зарубежных журналах.

Некоторые книги, написанные В.А. Усенко, переизданы в других странах. Так, учебник «Коконмотальное и шелкокрутильное производство» в 1957 г. пере-

издан в Китае, а учебник «Переработка химических волокон» в 1979 г. переиздан на английском языке.

В настоящее время В.А. Усенко является членом редколлегии журнала «Текстильная промышленность», активно работает в диссертационном совете МГТУ им. А.Н. Косыгина.

Проф. В.А. Усенко не только видный ученый, но и талантливый педагог, хороший организатор, руководитель и воспитатель, пользующийся большим уважением товарищей, коллег и учеников. В нем сочетаются трудолюбие, желание помочь тем, кто обращается к нему за советом, а также высокие принципиальность и требовательность к себе и другим.

За военные заслуги и большие достижения в научной и учебной деятельности проф. В.А. Усенко награжден орденами Красной Звезды, Отечественной войны II

степени, двумя орденами «Знак Почета» и 18 медалями. В 1972 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации».

Сердечно поздравляем Владимира Андреевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, долгих, плодотворных лет работы, новых творческих успехов в научных исследованиях и в деле подготовки высококвалифицированных специалистов, а также талантливых ученых и исследователей.

**Ректорат, деканат механико-технологического факультета и кафедра переработки химических волокон Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина.
Редколлегия и редакция журнала «Технология текстильной промышленности».**

**РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ “ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ
ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК”****В.М. ЧЕСУНОВ***(Московский государственный университет дизайна и технологии)**

В книге рассмотрены вопросы, связанные с практическим применением эксергетического метода термодинамического анализа к исследованию тепломассообменных процессов. При этом авторы не останавливаются на констатации степени использования энергоносителей в анализируемых установках, а изучают пути и способы снижения эксергетических потерь в промышленных установках.

Сжато и в то же время достаточно информативно авторы изложили основные теоретические положения эксергетического метода, знание которых позволят читателю успешно справляться с задачей анализа эффективности работы тепломассообменного оборудования, используемого в химической и текстильной технологиях.

Особое внимание в книге уделено эксергетическому анализу работы сушильных установок. Это обусловлено, во-первых, тем, что сушка является одним из наиболее энергоемких процессов, и, во-вторых, тем, что эти установки включают значительную часть типового тепломассообменного оборудования.

Предлагаемая книга практически первая, в которой представлены и систематизированы инженерные методики анализа

сушильного оборудования. Следует отметить, что авторы не только излагают разработанные ими методики, но и демонстрируют применение последних на реальных промышленных установках. Результаты такого анализа являются ценным фактическим материалом для специалистов-практиков. Анализ работы типовых сушильных установок, содержащийся в данном исследовании, может служить основой для разработки практических рекомендаций по совершенству их работы.

Отдельная глава книги посвящена анализу тепломассообменного оборудования отделочного производства: впервые на конкретных примерах продемонстрированы возможности и достоинства эксергетического анализа для поиска рациональных схем использования энергоносителей в текстильной технологии.

Вполне оправдано и то внимание, которое авторы уделяют вопросам, связанным с использованием активных гидродинамических режимов при сушке дисперсных материалов. Им удалось обосновать и предложить методику оценки необходимого уровня активизации гидродинамической обстановки в промышленных сушильных установках. В основе этого метода лежит

* Б.С. Сажин, А.П. Булеков, В.Б. Сажин. Эксергетический анализ работы промышленных установок. – М., 2000.

предложенный авторами эксергетический функционал.

Несомненное достоинство книги состоит в том, что она содержит необходимый справочный материал и методики, что позволяет рассматривать ее как практическое руководство по применению эксергетического метода к анализу эффективности работы промышленных установок в химической, текстильной и смежных с ними технологиях.

Книга полезна как научным работникам, так и специалистам-практикам, занятым вопросами эффективности работы теплообменных установок. В такой же степени она нужна и учащимся высших и средних учебных заведений, которые найдут в ней ответы на вопросы, связанные с разработкой энергосберегающего оборудования.

Поступила 06.04.01.

СОДЕРЖАНИЕ

Текстильное материаловедение

<i>Шляхтенко П.Г., Мариева Н.Г.</i> Оптическое исследование строения композитного тканого материала.	3
<i>Лунькова С.В., Буторина Н.В., Егоров К.В., Гусев Б.Н.</i> Определение взаимосвязи качества сортировки хлопкового волокна с сортом пряжи.	7

Первичная обработка. Сырье

<i>Корабельников Р.В., Ширяев А.В., Корабельников А.Р.</i> Моделирование процесса взаимодействия рабочего органа с прядкой волокна в процессе очистки.	10
--	----

Прядение

<i>Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Сакалов М.А., Арутюнян К.А., Свешникова Л.А.</i> Кручение текстильных материалов неподвижными крутильными органами в форме косоугольного геликоида.	14
<i>Зарубин В.М., Виноградов А.А., Ульянов Д.А., Шмелева Т.В.</i> Определение динамических характеристик движения волокна в машине для регенерации однородных отходов.	17
<i>Нифтулина Н.В., Капитанов А.Ф.</i> Исследование формы и размеров клочков шерсти.	21
<i>Ушакова Н.Л.</i> Подготовка волокносмеси к прядению.	24

Ткачество

<i>Николаев С.Д., Мельяченко Ж.В.</i> Анализ причинно-следственных связей при изготовлении мебельно-декоративной ткани на основе бинарной причинно-следственной теории информации.	28
<i>Синицын В.А., Муратова Г.И., Кузнецова С.М.</i> Метод расчета раппортов тканей сложных переплетений.	32
<i>Карева Т.Ю.</i> Натяжение основных нитей при формировании ткани с переменным направлением осей нитей в процессе ткачества.	37
<i>Суркова В.М., Булгаков В.Ф., Сурков А.В.</i> Построение заправочного рисунка ремизной ткани с помощью электронных таблиц Excel.	41
<i>Джаманкулов К.Д., Архангельский Г.В., Джаманкулов А.К.</i> Намотка нитей с помощью автоматического клиноремного вариатора сновальной машины типа СП.	43

Отделка

<i>Одинцова О.И., Козлова О.В., Варламова Н.А., Смирнова О.К., Мельников Б.Н.</i> Влияние ПАВ на процесс крашения хлопчатобумажных тканей сернистыми красителями.	48
<i>Михайлова С.Л., Чешкова А.В., Шибашова С.Ю.</i> Изучение тополитической активности ферментов в процессе промывки грубого шерстяного волокна.	52
<i>Давидзон М.И.</i> О коэффициенте скорости массопереноса при промывке тканей.	56

Технология нетканых материалов

<i>Кахраманов Ф.Р., Фролов В.Д., Никифорова Е.Н., Паринков Р.М.</i> Деформация волокна при аэродинамической рассортировке волоконвоздушной смеси.	60
---	----

Трикотажное производство

<i>Щербаков В.П., Заваруев В.А.</i> Теория и критерии образования сукрутин при вязании.	64
<i>Цитович И.Г., Андреев А.Ф., Шемякина Л.М., Галушкина Н.В.</i> Инженерные расчеты материалоемкости трикотажных полотен.	70

Швейное производство

<i>Мокеева Н.С., Кононина И.М., Кавардакова В.Г., Емельянова А.И.</i> Разработка концептуальной модели ассортимента специальной одежды для медицинских работников с учетом воздействия вредных производственных факторов.	74
<i>Шершнева Л.П., Сунаева С.Г.</i> Математические методы в исследованиях потребительского спроса на одежду.	79

Текстильные машины и аппараты

<i>Жданов А.С., Виноградов Б.Н.</i> Влияние конструктивных параметров цепного нитераскладчика на длину и максимальный диаметр бобины.	83
<i>Подъячев А.В., Кузнецов В.А.</i> Оптимизация конструктивных параметров валов шлихтовальной секции нового типа.	86
<i>Васильева Е.Г.</i> Расчет усилия пружины усовершенствованного зевобразовательного механизма.	88

Автоматизация технологических процессов

<i>Глазунов В.Ф., Шишкин В.П., Вилков П.В., Литвинский А.Н.</i> Экспериментальное исследование механизма намотки пряжи с электрифицированным мотальным барабанчиком.	91
--	----

Экология и промтеплоэнергетика

<i>Сажин Б.С., Тюрин М.П.</i> Перспективы использования тепловых насосов в текстильной промышленности.	96
<i>Корнюхин И.П., Жмакин Л.И., Козырев И.В.</i> Тепловой баланс секции сушильной машины. Постановка задачи.	101
<i>Горшенин П.А.</i> Математическое моделирование тепломассообменных процессов во вращающихся барботажных скрубберах.	106

Информационные технологии

<i>Плеханов А.Ф., Бондарчук М.М.</i> Имитационное моделирование процесса очистки на малогабаритных двухбарабанных чесальных машинах.	112
<i>Калинин Е.Н.</i> Компьютерное исследование характеристического полинома динамической системы валковое устройство – текстильный материал.	115

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Алимова Х.А., Даминов А.Д., Иногамджанов Д.Д.</i> Изменение исходных свойств нитей при формировании ткани.	118
<i>Титова У.Ю., Белов Ю.В.</i> Численное моделирование структуры льняной ровницы.	120
<i>Солодихин А.Е.</i> К вопросу нейтрализации электростатических зарядов на продукте в процессе ткачества.	123
К 90-летию со дня рождения Владимира Андреевича Усенко.	128
<i>Чесунов В.М.</i> Рецензия на книгу “Эксергетический анализ работы промышленных установок”.	130