

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*А.А. ТУВИН, С.В. ПАВЛОВ, С.П. ЗИМИН, Б.Н. ГУСЕВ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

В исследовании [1] показано, что наряду с сырьевой и технологической составляющими весомым фактором (около 20%), влияющим на качество выпускаемой продукции, является наличие на предприятии эффективно действующей системы технического контроля. Следует отметить, что в отличие от [2] в терминологическом плане здесь наиболее уместно понятие "технологический контроль", под которым понимается проверка соответствия эффективности технологических режимов оборудования, изменения состояния, свойств, форм сырья, материала или полуфабриката в процессе производства продукции, так как в данном исследовании речь идет о новых формах контроля эффективности технологических процессов и качества продуктов прядильного производства.

Используемая сегодня на текстильных предприятиях система технологического контроля (план контроля) прядильного производства [2] сформирована по его различным этапам и заключается, во-первых, в несистемной группировке объектов контроля, а, во-вторых, в использовании незначительного количества контролируемых параметров, которое не всегда достоверно оценивает исследуемый технологический процесс и качество формируемого продукта.

Иными словами, существующая система технологического контроля [2] прядильного производства развивалась мед-

леннее совершенствования самих технологических процессов ввиду отставания темпов создания стандартов на новые формы и методы измерений. В связи с этим для решения проблемы существенного повышения качества производимой продукции в первую очередь необходимо более активно совершенствовать как саму систему технологического контроля, так и методы измерения показателей качества полуфабрикатов и параметров технологических процессов.

Суть предлагаемой новой стратегии системы контроля технологических процессов прядильного производства состоит в том, что на первом этапе решается задача оперативного количественного оценивания эффективности технологического процесса и определения качества полученного текстильного продукта. Для этой цели использованы комплексный показатель эффективности (КПЭ) технологического процесса и комплексный показатель качества (КПК) продукта. При наличии методик по определению КПЭ каждого технологического процесса и методик по вычислению КПК продуктов прядильного производства принципиально изменяется и сама методология оптимизации значений параметров технологического оборудования относительно известной схемы [3].

Накопленный опыт построения КПЭ для конкретных технологических процессов (ТП) прядильного производства [4], [5]

указывает на возможность использования как комплекса разнородных количественных показателей изменения свойств перерабатываемого продукта и комплекса статистических характеристик по основному свойству формируемого продукта прядельного производства.

Первоначально остановимся на характере построения КПЭ с использованием комплекса разнородных количественных

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_H = \sum_{i=1}^n (\Delta X_i / \|\Delta X_i\|) \alpha_i - \sum_{i=1}^m (\|\Delta X_i\| / \Delta X_i) \alpha_i, \quad (1)$$

где  $\Delta X_i = (X_i)_{\text{вых}} - (X_i)_{\text{вх}}$  – фактическое значение  $i$ -го единичного показателя эффективности;  $\|\Delta X_i\| = \|(X_i)_{\text{вых}}\| - \|(X_i)_{\text{вх}}\|$  – базовое значение  $i$ -го единичного показателя эффективности;  $(X_i)_{\text{вх}}$  и  $(X_i)_{\text{вых}}$  – соответственно входное и выходное фактические значения  $i$ -го единичного показателя эффективности;  $\|(X_i)_{\text{вх}}\|$  и  $\|(X_i)_{\text{вых}}\|$  – соответственно входное и выходное базовые значения  $i$ -го единичного показателя эффективности;  $\alpha_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя эффективности;  $n, m$  – количество соответственно позитивных и негативных свойств.

Наличие того или иного свойства продукта при оценке технологической эффективности определяется назначением конкретного ТП или всего оборудования, его целью и сущностью.

Схема расчета КПК принципиально не отличается от схемы определения КПЭ, где точками (объектами) контроля качества продукта являются проектируемая и технологическая смеси волокон, чесальная лента и лента после ленточных машин, а также ровница и пряжа.

показателей изменения свойств перерабатываемого полуфабриката. Особенностью в данном случае является необходимость введения понятия абсолютной эффективности  $\Delta \mathcal{E}$  технологического процесса на основе вычисления обобщенных оценок позитивных  $\mathcal{E}_n$  и негативных  $\mathcal{E}_H$  изменений свойств полуфабриката на основании выражения

Принципиальное отличие состоит лишь в том, что для построения КПК использованы количественные характеристики свойств выходного продукта в соответствии с выражением

$$Q = \sum_{i=1}^p (q_z) \gamma_i, \quad (2)$$

где  $q_z^{(n)} = (Z_i / \|Z_i\|) \leq 1$ ;  $q_z^{(H)} = (\|Z_i\| / Z_i) \leq 1$  – соответственно позитивный и негативный относительные показатели качества;  $Z_i, \|Z_i\|$  – фактическое и базовое (нормативное) значения  $i$ -го единичного показателя качества;  $\gamma_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го единичного показателя;  $p$  – количество единичных показателей качества.

Использование того или иного свойства при оценивании качества выходного продукта определяется видом текстильного материала и установленными показателями оценки качества, характерными для данной продукции.

Т а б л и ц а 1

Факторы оптимизации	Уровни варьирования				
	-1,682	-1	0	+1	1,682
Соотношение частных вытяжек $U_1$	1,62	1,72	1,87	2,02	2,12
Разводка в основной зоне вытягивания $U_2$ , мм	$L_6 + 3,6$	$L_6 + 5$	$L_6 + 7$	$L_6 + 9$	$L_6 + 10,4$
Разводка во второй зоне вытягивания $U_3$ , мм	$L_6 + 3,6$	$L_6 + 5$	$L_6 + 7$	$L_6 + 9$	$L_6 + 10,4$

П р и м е ч а н и е.  $L_6$  – величина базовой разводки вытяжного прибора ленточной машины.

С учетом предложенной стратегии по совершенствованию системы контроля технологических процессов прядильного производства рассмотрим конкретный пример оптимизации параметров вытяжного прибора ленточной машины Л2-50-220У, где в качестве факторов оптимизации приняты параметры  $U_1$ ,  $U_2$  и  $U_3$ , для которых определены соответствующие уровни варьирования (табл. 1), а в качестве критериев оптимизации  $Q$  – комплексный показатель качества ленты и  $\Delta\mathcal{E}$  – комплексный показатель эффективности процесса вытягивания:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \varphi(U_1, U_2, U_3) \Rightarrow 1, \\ \Delta\mathcal{E} &= \varphi(U_1, U_2, U_3) \Rightarrow 1. \end{aligned} \right\} (3)$$

Процесс оптимизации проводился по ротатбельному центральному композици-

онному эксперименту, где расчет критериев оптимизации осуществляли на основании выражений (1) и (2).

В качестве входных и выходных единичных показателей эффективности процесса вытягивания использовали линейную плотность и коэффициент вариации по линейной плотности ленты, количество пороков на единицу массы, показатели ориентации, распрямленности и параллелизации волокна, а также штапельную массодлину и удельную разрывную нагрузку волокна.

В качестве единичных показателей качества ленты на уровне простого свойства использовали толщину и засоренность ленты, ориентацию, параллелизацию и распрямленность волокон в ленте. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер испытания	Факторы оптимизации			Критерии оптимизации	
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$Q$	$\Delta\mathcal{E}$
1	1	1	1	0,748	0,820
2	1	1	-1	0,750	0,817
3	1	-1	1	0,750	0,830
4	1	-1	-1	0,746	0,827
5	-1	1	1	0,754	0,821
14	0	0	1,68	0,700	0,823
15	0	0	0	0,741	0,838
16	0	0	0	0,748	0,840
17	0	0	0	0,755	0,845
18	0	0	0	0,750	0,836
19	0	0	0	0,749	0,839
20	0	0	0	0,741	0,844

Наилучшим режимом работы оборудования принято то, у которого  $Q = 0,755$  и  $\Delta\mathcal{E} = 0,845$ , поскольку происходит сочетание максимальных значений КПК и КПЭ. Этим условиям работы оборудования соответствует испытание № 17.

В целях проверки показателей точности результатов данной методики проведена оптимизация процесса вытягивания на ленточных машинах с использованием стандартных математических методов планирования эксперимента [3]. Для этого

был задействован ротатбельный центральный композиционный эксперимент, где в качестве критериев оптимизации использовали единичные показатели качества при построении КПК в новой методике оптимизации.

Далее многокритериальное решение преобразовали в однокритериальное, рассчитав для этого комплексный показатель  $F$  в виде:

$$F = 9,443 - 0,014U_1 - 0,011U_2 + 0,013U_3 + 0,016U_1^2 + 0,223U_1U_2 - 0,174U_2^2 - 0,102U_1U_3 - 0,163U_2U_3 + 0,004U_3^2. \quad (4)$$

После этого оптимизацию функции F осуществляли с помощью симплексного метода Нелдера–Мида при известных значениях весовостей и ограничениях параметров оптимизации. Расчет заканчивался

при достижении комплексным показателем F наибольшего значения.

Расхождение значений показателей качества, полученных по двум методикам оптимизации, приведено в табл.3.

Таблица 3

Методика оптимизации	Линейная плотность, ктекс	Коэффициент вариации по линейной плотности, %	Показатель ориентации волокон в ленте, %	Показатель параллелизации волокон в ленте, %	Показатель распрямленности волокон в ленте, %	Количество пороков в ленте, кол./г
С использованием КПК и КПЭ (новая методика)	3,3	4,9	90,8	60,8	75,1	238,0
С применением единичных показателей (известная методика [5])	3,3	4,8	94,0	60,4	74,7	241,0
Рассогласование результатов, %	0,0	2,1	3,4	0,7	0,5	1,2

Анализ рассогласования результатов табл. 3 показывает, что оно находится в пределах допустимой ошибки (5% при доверительной вероятности 0,95).

Таким образом, преимущества новой методики оптимизации с одновременным использованием КПК и КПЭ состоят в том, что, во-первых, используется большее количество единичных показателей качества текстильного продукта, а, во-вторых, применяется дополнительный критерий оптимизации – комплексный показатель эффективности технологического процесса, который одновременно адекватно отражает состояние данного процесса.

## ВЫВОДЫ

Предложена система технологического контроля прядильного производства, состоящая из одновременного использования комплексных показателей качества продукции и эффективности технологического процесса, а также менее трудоемкой схемы

расчета оптимальных значений параметров технологического оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов С.В. Разработка методов контроля эффективности технологических процессов и качества формирования ленты в хлопкопрядильном производстве: Дис.... канд. техн. наук. – Иваново, ИГТА, 2002.
2. Иванов С.С., Филатова О.А. Технический контроль в хлопкопрядении. – М.: Легкая индустрия, 1978.
3. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
4. Павлов С.В., Буторина Н.В., Гусев Б.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №6. С.3...5.
5. Павлов С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №3. С.34...35.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 26.01.04.