

УДК 677.024.001.18

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНОГО
ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

С.Д. НИКОЛАЕВ, О.В. КОВАЛЕВА

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

При оптимизации технологического процесса ткачества чаще всего решаются компромиссные задачи с учетом одновременно нескольких критериев оптимизации, что помогает выбрать оптимальный режим изготовления тканей с заданными параметрами и свойствами.

В настоящей работе предложен метод оптимизации процесса ткачества, основанный на комплексном показателе эффективности [1]. Сущность данного метода заключается в том, что в одном комплексном показателе эффективности объединяются частные показатели, тем самым многокритериальная задача сводится к однокритериальной.

Исследования проводили на станке АТПР-100-4. Вырабатывали двухслойную

хлопчатобумажную ткань с соединением слоев по контуру заданного узора. В слоях использовалось полотняное переплетение; плотность ткани по основе и утку в верхнем и нижнем слоях равнялась 140 нитей/дм; линейная плотность основных и уточных нитей 25x2 текс.

Эксперимент проводили по плану Бокса-3. В качестве варьируемых факторов были выбраны следующие основные технологические параметры заправки ткани на станке: X_1 – заправочное натяжение; X_2 – положение скала относительно грудницы; X_3 – величина задней части зева. В табл. 1 приведены уровни варьирования факторов в натуральных и кодированных величинах.

Таблица 1

Факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	-1	0	1	
X_1 , сН	15	25	35	10
X_2 , мм	-20	0	20	20
X_3 , мм	320	350	380	30

Критериями оптимизации были приняты следующие свойства тканей: стойкость к истиранию и воздухопроницаемость. В

табл. 2 представлены результаты эксперимента по плану Бокса-3.

№ п/п	Кодированные значения факторов			Прочность ткани на истирание, циклы	Воздухопроницаемость ткани, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$
	X_1	X_2	X_3		
1	+	+	+	2954	1085
2	+	+	-	3474	1035
3	+	-	+	3310	1270
4	+	-	-	2525	1105
5	-	+	+	2949	1040
6	-	+	-	3545	1125
7	-	-	+	2720	1015
8	-	-	-	2485	1160
9	+	0	0	3392	1095
10	-	0	0	3032	1130
11	0	+	0	3749	1110
12	0	-	0	3206	1050
13	0	0	+	3478	1055
14	0	0	-	3787	1080

Расчет коэффициентов регрессии проводили с помощью ЭВМ.

Регрессионные уравнения для данных

$$Y = 3663 + 92,4X_1 + 242,5X_2 - 40,5X_3 - 87X_1X_3 + 78,25X_1X_2 - 267X_2X_3 - 451,375X_1^2 - 185,875X_2^2 - 0,875X_3^2;$$

– воздухопроницаемость:

$$Y = 1078 + 12X_1 - 20,5X_2 - 4X_3 - 30,625X_1X_3 + 55,626X_1X_2 - 6,875X_2X_3 - 34,687X_1^2 + 2,187X_2^2 - 10,313X_3^2.$$

Для проверки адекватности данных математических моделей был проведен полный дисперсионный анализ, в результате которого было установлено, что все коэффициенты регрессионных уравнений значимы, что подтверждает адекватность моделей.

Следующий шаг в решении данной компромиссной задачи состоял в определении оптимальных параметров для каждого критерия в пределах однокритериальной оптимизации.

Оптимальные параметры определяли численным методом с помощью программы Mathcad [2].

На рис. 1 представлено сечение поверхности отклика влияния технологических параметров станка на истирание ткани (значение фиксированного параметра соответствует оптимальному значению данного параметра, рассчитанному в рамках однокритериальной оптимизации). Фиксированный фактор $X_1 = 0,285$; варьи-

свойств ткани имеют следующий вид:
– стойкость ткани к истиранию:

руемый фактор X_3 ; расчетный фактор X_2 .

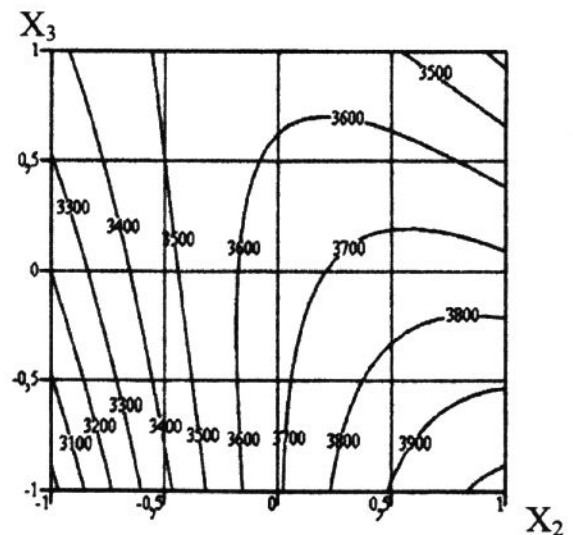


Рис. 1

Далее в целях оптимизации технологического процесса решали задачу многокритериальной оптимизации – в нашем случае с помощью метода комплексного показателя эффективности.

Объединение критериев в комплексный показатель проще всего осуществить, взяв формулу

$$F_c(X) = \sum_{i=1}^k c_i M_i(X), \quad (1)$$

где c_i – весовые коэффициенты; $M_i(X)$ – нормированная функция.

Поскольку критерии оптимизации имеют различные размерности и масштаб измерения числовых значений, необходимо каждый критерий привести к безразмерной форме, воспользовавшись нормированной функцией

$$M_j(X) = \frac{(F_j(X) - F_{j\min})}{F_{j\max} - F_{j\min}}, \quad (2)$$

где $M_j(X)$ – функция критерия оптимизации; $F_{j\max}$ – максимальное значение критерия; $F_{j\min}$ – минимальное значение критерия.

Перед включением безразмерных кри-

териев в комплексный критерий необходимо определить значимость каждого критерия в отдельности, то есть определить весовые коэффициенты, но при условии, что их сумма должна быть равна единице:

$$\sum_{j=1}^k c_j = 1. \quad (3)$$

Здесь c_1 – весовой коэффициент для функции стойкости ткани к истиранию; c_2 – весовой коэффициент для функции воздухопроницаемости.

По данному порядку расчета в программной среде Mathcad написана программа [3]. Для более полного анализа рассмотрено три варианта соотношения весовых коэффициентов и для каждого случая рассчитаны оптимальные параметры. Результаты расчета приведены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Параметры	Кодированное значение	Абсолютное значение	Значение комплексного показателя в данных точках $F_c(X)$	Значение функции стойкости ткани к истиранию в данных точках, циклы	Значение функции воздухопроницаемости в данных точках, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$
I вариант: $c_1 = 0.3; c_2 = 0.7$					
$X_1, \text{сН}$	0,657	31,57	$1,986 \cdot 10^3$	$3,971 \cdot 10^3$	$1,14 \cdot 10^3$
$X_2, \text{мм}$	1	20			
$X_3, \text{мм}$	-1	320			
II вариант: $c_1 = 0.5; c_2 = 0.5$					
$X_1, \text{сН}$	0,427	29,27	$1,983 \cdot 10^3$	$4,024 \cdot 10^3$	$1,109 \cdot 10^3$
$X_2, \text{мм}$	1	20			
$X_3, \text{мм}$	-1	320			
III вариант: $c_1 = 0.7; c_2 = 0.3$					
$X_1, \text{сН}$	0,343	28,43	$3,151 \cdot 10^3$	$4,032 \cdot 10^3$	$1,098 \cdot 10^3$
$X_2, \text{мм}$	1	20			
$X_3, \text{мм}$	-1	320			

В Ы В О Д Ы

1. Предлагаемый метод позволяет рассматривать разные варианты оптимальных решений в зависимости от назначения выработываемой ткани.

2. Оптимальным вариантом при решении данной компромиссной задачи принят 3-й вариант, поскольку значение комплексного показателя должно стремиться к максимальному.

3. Для выработки ткани при истирании, равном 4032 циклам, и при воздухопроницаемости, равной $1098 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, необходимо установить заправочное натяжение: 28,4 сН, положение скала относительно грудницы 20 мм, величину задней части зева 320 мм. Полученные оптимальные технологические параметры изготовления ткани на станке обеспечивают стабильное протекание технологического процесса

ткачества и выработку ткани с заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

2. *Дьяконов В.* MathCad 2001: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.

3. *Ковалева О.В.* Разработка метода расчета технологических параметров процесса прироя утка к опушке ткани: Дис....канд.техн.наук. – М.: МГТУ, 2003.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 10.09.04.
