

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ПЕРЕМАТЫВАНИЯ НИТЕЙ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БОБИН СОМКНУТОЙ НАМОТКИ**

*М.В. НАЗАРОВА*

(Камышинский технологический институт  
Волгоградского государственного технического университета)

В целях решения поставленной задачи в условиях лаборатории кафедры ткачества на стенде для формирования бобин сомкнутой намотки перематывались хлопчатобумажная, лавсановая и комплексная нити. В ходе эксперимента исследовались технологические параметры перематывания и их влияние на величину плотности намотки и выносливость нитей к многократным нагрузкам.

Одними из основных факторов, оказывающими влияние на процесс перематывания нитей, являются  $X_1$  – высота баллона, см;  $X_2$  – скорость перематывания ни-

тей, м/мин;  $X_3$  – масса грузовых шайб в натяжном приборе, г.

В качестве выходных параметров эксперимента были приняты  $Y_1$  – плотность намотки бобин, г/см<sup>3</sup>;  $Y_2$  – выносливость нитей к многократным нагрузкам, число циклов.

На основании известной информации о процессе перематывания нитей определим значения основных уровней факторов  $X_{0j}$ , интервалы варьирования факторов  $I_j$ , верхние и нижние уровни варьирования  $X_{Вj}$  и  $X_{Нj}$  (табл. 1).

Таблица 1

Уровни факторов и интервалы их варьирования	Натуральные значения факторов			Кодированные значения факторов		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Основной уровень $X_{0j}$	50	800	6	0	0	0
Верхний уровень $X_{Вj}$	60	1000	10	+1	+1	+1
Нижний уровень $X_{Нj}$	40	600	2	-1	-1	-1
Интервал $I_j$ варьирования	10	200	4	-	-	-

Для проведения эксперимента по определению оптимального режима перематывания нитей нами использовалась матрица

планирования Бокс-Вз, представленная в табл. 2, с кодированными и натуральными значениями факторов.

Таблица 2

Номер опыта U	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> , см	X <sub>2</sub> , м/мин	X <sub>3</sub> , г
1	+	+	+	60	1000	10
2	-	+	+	40	1000	10
3	+	-	+	60	600	10
4	-	-	+	40	600	10
5	+	+	-	60	1000	2
6	-	+	-	40	1000	2
7	+	-	-	60	600	2
8	-	-	-	40	600	2
9	+	0	0	60	800	6
10	-	0	0	40	800	6
11	0	+	0	50	1000	6
12	0	-	0	50	600	6
13	0	0	+	50	800	10
14	0	0	-	50	800	2

Выбор метода Бокса обусловлен тем, что он позволяет получать статистические математические модели процессов, используя факторное планирование, регрессионный анализ и движение по градиенту. При этом предполагается, что множество определяющих факторов задано, каждый из факторов управляем, результаты опытов воспроизводятся, опыты равноценны, решается задача поиска оптимальных условий, математическая модель процесса заранее не известна.

Применяемая матрица планирования Бокс-Вз, близкая к Д-оптимальным, обладает свойством равномерности и ротативности, имеет малое число опытов. Разница между двумя уровнями варьирования может составить менее 0,25 единицы кодированного масштаба. Меньшее число опытов по сравнению с матрицами РЦКЭ достигается за счет уменьшения числа опытов, имеющих равные дисперсии выходного параметра. Кроме того, данный метод широко используется в ткачестве – он дает хорошие результаты.

Основным критерием оптимизации процесса перематывания является плотность намотки нитей на паковку. Эксперимент, проведенный по выбранной матрице, позволяет получить математическую модель второго порядка, описывающую влияние факторов X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> на выбранные параметры оптимизации.

Все расчеты при проведении экспериментов проводились на ПЭВМ.

Математическая модель, описывающая зависимость плотности намотки от выбранных факторов процесса перематывания для хлопчатобумажной, лавсановой и комплексной нитей, имеет следующий вид:

хлопчатобумажная нить

$$y_1 = 0,499 + 0,01x_1 + 0,029x_2 - 0,001x_3 + 0,002x_2x_3 - 0,019x_1^2 - 0,03x_2^2 - 0,037x_3^2, \quad (1)$$

лавсановая нить

$$y_1 = 0,538 - 0,001x_1 - 0,019x_2 - 0,029x_3 - 0,006x_1^2 - 0,021x_2^2 - 0,031x_3^2, \quad (2)$$

комплексная нить

$$y_1 = 0,559 + 0,02x_1 - 0,001x_2 + 0,02x_3 + 0,001x_1x_2 + 0,001x_2x_3 - 0,01x_1^2 - 0,026x_2^2 - 0,023x_3^2. \quad (3)$$

Математическая модель, описывающая зависимость выносливости нитей к многократным нагрузкам от выбранных факторов для хлопчатобумажной, лавсановой и комплексной нитей, имеет вид:

хлопчатобумажная нить

$$y_1 = 7996 + 202x_1 + 205x_2 - 11x_3 - 11x_1x_2 - 10x_1x_3 + 2x_2x_3 - 392x_1^2 - 196x_2^2 - 597x_3^2, \quad (4)$$

лавсановая нить

$$y_1 = 19825 - 7x_1 - 633x_2 - 570x_3 + 25x_1x_3 - 58x_2x_3 - 525x_1^2 - 458x_2^2 - 575x_3^2, \quad (5)$$

комплексная нить

$$y_1 = 3997 + 96x_1 - 10x_2 + 189x_3 + 17x_1x_2 + 9x_1x_3 + 11x_2x_3 - 72x_1^2 - 206x_2^2 - 211x_3^2. \quad (6)$$

Для выполнения поставленной задачи оптимизации технологического процесса перематывания нитей при формировании бобин сомкнутой намотки был проведен анализ полученных регрессионных уравнений и исследованы двумерные сечения поверхностей отклика плотности намотки бобин и выносливости нитей к многократным нагрузкам.

Исследование поверхностей отклика выходных параметров оптимизации процесса перематывания проводилось методом двумерных сечений. При построении сечений поверхностей отклика при числе факторов  $n = 3$  один из них фиксировался на нулевом уровне.

Оптимизация технологического процесса перематывания нитей при формировании бобин сомкнутой намотки с целью получения бобин с наибольшей плотностью намотки и с наибольшей выносливостью нитей к многократным нагрузкам осуществлялась методом наложения двумерных сечений поверхностей отклика выходных параметров оптимизации при одном фиксированном входном параметре процесса перематывания.

Сравнивая между собой результаты решения систем уравнений, определяющих

выходные параметры оптимизации, находим, что метод наложения двумерных сечений поверхностей отклика для хлопчатобумажной нити осуществляем при  $X_3 = 0$ , для лавсановой нити при  $X_1 = 0$ , для комплексной нити при  $X_2 = 0$ .

Решение систем уравнений позволили определить кодированные значения варьируемых факторов, при которых достигается экстремум целевых функций:

– хлопчатобумажная нить

1) для  $Y_1 - X_1 = 0,28$ ,  $X_2 = 0,48$ ,  $X_3 = 0$ ,

2) для  $Y_2 - X_1 = 0,25$ ,  $X_2 = 0,52$ ,  $X_3 = -0,01$ ;

– лавсановая нить

1) для  $Y_1 - X_1 = -0,08$ ,  $X_2 = -0,45$ ,  $X_3 = -0,47$ ,

2) для  $Y_2 - X_1 = -0,02$ ,  $X_2 = -0,66$ ,  $X_3 = -0,46$ ;

– комплексная нить

1) для  $Y_1 - X_1 = 0,53$ ,  $X_2 = 0$ ,  $X_3 = 0,43$ ,

2) для  $Y_2 - X_1 = 0,70$ ,  $X_2 = 0,02$ ,  $X_3 = 0,46$ .

Анализ полученных значений позволяет сделать вывод о том, что наилучшие показатели целевых функций для хлопчатобумажной пряжи достигаются при  $X_3 = 0$ , для лавсановой нити при  $X_1$ , близком к 0, для комплексной нити при  $X_2 = 0$ . Принимая эти значения за оптимальные, можно построить графики наложенных поверхностей сечений целевых функций при фиксированной величине третьего фактора (на оптимальном уровне).

При исследовании полученных двумерных сечений поверхностей отклика нами определены оптимальные технологические параметры процесса перематывания нитей при формировании бобин сомкнутой намотки.

Оптимальные значения факторов, соответствующие экстремумам целевых функций для хлопчатобумажной, лавсановой и комплексной нитей, представлены в табл.3.

№ п/п	Сырьевой состав бобин	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов		
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> , см	X <sub>2</sub> , м/мин	X <sub>3</sub> , г
1	Хлопчатобумажная нить	0,25	0,5	0	52,5	900	6
2	Лавсановая	0	-0,5	-0,5	50	700	4
3	Комплексная	0,48	0	0,5	54	800	8

Установка оптимальных технологических параметров перематывания текстильных нитей различного волокнистого состава позволит получать паковки с требуемой плотностью наматывания:

для хлопчатобумажной пряжи 0,505 г/см<sup>3</sup>;

для лавсановой нити 0,545 г/см<sup>3</sup>;

для комплексной нити 0,565 г/см<sup>3</sup>.

### ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных регрессионных уравнений и исследование сечений поверхностей отклика позволили установить следующие закономерности:

наибольшее влияние на плотность намотки бобин при перематывании хлопчатобумажных нитей оказывает скорость перематывания нитей, лавсановой нити – количество грузовых шайб в натяжном приборе; комплексной нити – скорость перематывания нитей и количество грузовых шайб в натяжном приборе;

наибольшее влияние на выносливость нитей к многократным нагрузкам оказывает скорость перематывания нитей, для хлопчатобумажной и комплексной нитей еще и количество грузовых шайб в натяжном приборе, а для лавсановой нити – высота баллона нити при перематывании.

2. Для достижения наибольшей плотности намотки бобин сомкнутой намотки и лучшей выносливости нитей к многократным нагрузкам необходимо установить следующие технологические параметры перематывания: для хлопчатобумажной нити: высота баллона нити при перематывании 53 см, скорость перематывания 900 м/мин, масса грузовых шайб 6 г; для лавсановой нити: высота баллона 50 см, скорость перематывания 700 м/мин, масса грузовых шайб 4 г; для комплексной нити: высота баллона 54 см, скорость перематывания 800 м/мин, масса грузовых шайб 8 г.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 25.11.03.