

зменшується в порівнянні з необробленим зразком. А вологовміст зразків, оброблених, препаратом "Semana" не змінюється. Тобто зменшення поверхневого опору відбувається за рахунок збільшення вологовмісту тканини: така тенденція не характерна для поліестер-трикотажа 1 і поліестер-трикотажа 2.

#### Висновки

У результаті експериментальних досліджень визначено питомий об'ємний і поверхневий електричні опори текстильних матеріалів за запропонованою технологією. Встановлено оптимальну концентрацію антистатичних агентів – 15г/л. Показано, що катіоноактивні ПАР здатні адсорбуватись на негативно – заряджених поверхнях, якими являються волокна пластмаси, мінерали. Можливо відбувається модифікація поверхні волокон за допомогою катіоноактивних ПАР. Встановлено вологовміст текстильних матеріалів в інтервалі відносної вологості повітря від 20 % до 80,6 %. Показано, що вміст вологи залежить від виду матеріалу та його структури.

#### Література

1. Теплинський А. М. Мости для измерения высокоомных сопротивлений и малых постоянных токов / Теплинський А. М. – Л.: Энергия, 1970. – 92 с.
2. Савчук Н. П. Элекризуемость обувных материалов и обуви и разработка мер ее снижения: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Н. П. Савчук. – Хмельницький, 1991. – 236 с.
3. Матков В. Н. Изучение электрических сопротивлений искусственных кож и пленочных материалов / В. Н. Матков, П. Ю. Снегерева, Ю. М. Запольский // Кожев. – обув. промышленность. – 1987. – № 2 – С. 33– 34.
4. Мигляченко О. Ф. Вплив вологи й температури на питомий електричний опір штучної шкіри / О. Ф. Мигляченко, Ю. М. Милосердов // Легка промисловість. – 1972. – № 3 – С. 44.
5. Статическое электричество при переработке химических волокон / [под ред. И. П. Генца]. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 346 с.
6. Михеева Е. Я. Определение удельного электрического сопротивления как нового показателя гигиенических свойств обувных материалов / Е. Я. Михеева, М. П. Артышевская // Экспресс-информация. Обувная промышленность. – М.: ЦНИИГЭИ легпром, 1972. – Вып. II. С. 3– 9.
7. Запольский Ю. М. Оценка электризуемости искусственных кож / Ю. М. Запольский, В. В. Куляков, А. Н. Волков // Кожев. обув. промышленность. – 1984. – № 7 – С. 13– 14.
8. Статическое электричество в промышленности и методы защиты / [Копылов А. В., Качанов А. В., Дадыно В. П. и др.]. – М.: МАИ, 1975. – С. 55.

Надійшла 16.9.2010 р.

УДК 677.027.4: 519.711

Г.С. ОЛІЙНИК

Хмельницький національний університет

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ФАРБУВАННЯ АКТИВНИМИ БАРВНИКАМИ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН

*Розглянуто процес розробки математичних моделей процесу фарбування бавовняних тканин активними барвниками, що дають можливість коригувати технологічний процес.*

*A development of mathematical models of process of painting of cottonades process is considered by active dyes which enable to correct a technological process.*

Ключові слова: математичні моделі, фарбування, активні барвники, бавовняні тканини.

#### Постановка проблеми

Використання комп'ютерних технологій в галузі проектування технологічних процесів опоряджувального виробництва вимагає, у першу чергу, систематизації інформації, необхідної для розв'язання задач проектування. Введення в опоряджувальне виробництво відповідних наукових досліджень є можливим при проведенні всебічних досліджень.

Більшість фізичних та інших законів, що лежать в основі технічних досліджень, а також ряд економічних залежностей виробництва можуть бути виражені в математичній формі. Для текстильних процесів притаманні багатofакторні залежності, де математичним шляхом не завжди вдається знайти приховані взаємозв'язки та закономірності.

Проблема одержання найбільшої кількості відомостей про процеси, що досліджуються при обмежених витратах є актуальною. У зв'язку з цим виявляється необхідним широке застосування методів, що дозволили б оптимальним чином організувати експеримент.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

У технічній літературі практично відсутні рекомендації та дослідження технологічного процесу промивки бавовняних тканин, надрукованих активними барвниками, із застосуванням очищеної стічної води

[1,2]. Використання очищеної стічної води в технологічних процесах текстильних виробництв призведе до зниження витрат води, пари, електроенергії, забезпечить зниження собівартості продукції та підвищення її конкурентоздатності. Необхідно працювати над розробкою ресурсозберігаючої технології на основі застосування очищеної стічної води.

Метою досліджень є розробка математичних моделей фарбування активними барвниками, що ґрунтується на використанні оптимальної організації експерименту.

#### Виклад основного матеріалу

Формалізація методів експериментального пошуку оптимальних умов протікання процесів стала можливою внаслідок розвитку теорії і практичних прийомів дослідження робочих характеристик і планування експерименту, що дозволяють обрати оптимальну стратегію дослідження при неповній інформації про процес. Крім того, за своєю організацією, процес моделювання повинен відповідати вимогам економічності, що також досягається використанням на всіх його стадіях математичних методів планування та обробки експериментів, що широко застосовується в дослідницькій практиці і мають у своєму розпорядженні відпрацьовані процедури, доведені до каталогу стандартних планів і програм для ЕОМ.

В результаті проведених досліджень з виявлення можливості використання очищених стічних вод [3] у лабораторних і виробничих умовах при промивці надрукованих бавовняних тканин встановлено, що застосування очищеної стічної води дозволяє одержати пофарбовання ідентичні пофарбуванням отриманим на технічній воді. Тому в даній роботі з метою оптимізації технологічного процесу промивки бавовняних тканин, надрукованих активними барвниками, з багаторазовим використанням очищеної стічної води використовували метод математичного планування – повний факторний експеримент [4].

В якості досліджувальних факторів були взяті:

- частка використання очищеної води у фарбувальній ванні –  $x_1$ ;
- кількість циклів використання очищеної стічної води у фарбувальній ванні –  $x_2$ .

За вихідний параметр був прийнятий показник, що характеризує якість фарбування – інтенсивність фарбування  $K/S$ . Розрахунок  $K/S$  робили за формулою Гуревича-Кубелки-Мунка:

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} - \frac{(1-R_0)^2}{2R_0}, \quad (1)$$

- де  $R$  – коефіцієнт відображення світла пофарбованим зразком;  
 $R_0$  – коефіцієнт відображення світла білим зразком тканини.  
 Коефіцієнт відображення  $R$  визначали на *Spekoll M-10*.  
 У табл. 1 наведені рівні й інтервали варіювання даних факторів.

Таблиця 1

#### Найменування факторів, рівні й інтервали варіювання

Фактор	Рівні варіювання			Інтервал варіювання $\Delta x_i$
	-1	0	+1	
- частка використання очищеної води у фарбувальній ванні – $x_1$	0,45	0,55	0,65	0,10
- кількість циклів використання очищеної стічної води у фарбувальній ванні – $x_2$	1	4	7	3

Математична модель об'єкта дослідження представлялась у виді поліноміального рівняння:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (2)$$

де  $b_0, b_{ij}, b_{ii}$  – коефіцієнти, що характеризують відповідно лінійні ефекти, ефекти взаємодії і квадратичні ефекти;

$x_i, x_j$  – фактори;

$y$  – параметр оптимізації (вихідний параметр).

Переведення натуральних перемінних у кодові  $x_i$  і вихідні параметри представлені в табл. 2.

Таблиця 2

#### Моделювання процесу промивки бавовняних тканини, надрукованих активним яскраво-червоним 6С і безактивном червоним G8В

№ дослідження	№ реалізації	Матриця планування в кодованих факторах					
		$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 x_2$	$x_1^2$	$x_2^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	8	1	0	0	0	0	0
2	9	1	1	1	1	1	1
3	6	1	-1	1	-1	1	1
4	2	1	-1	-1	1	1	1
5	7	1	1	-1	-1	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	4	1	1	0	0	1	0
7	5	1	0	1	0	0	1
8	1	1	-1	0	0	1	0
9	3	1	0	-1	0	0	1

Максимальна дисперсія 0,0072

Перевірка однорідності дисперсії за критерієм Кохрена (активний яскраво-червоний 6С):

Розрахунковий критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S_i^2(\max)}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (3)$$

$$G_T = \left\{ \begin{array}{l} N = 9 \\ f = m - 1 = 2 - 1 = 1 \end{array} \right\} = 0,6385, \quad (4)$$

$$G_p = 0,3293. \quad (5)$$

Перевірка однорідності дисперсії за критерієм Кохрена (безактив червоний G8B):

Розрахунковий критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S_i^2(\max)}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (6)$$

$$G_T = \left\{ \begin{array}{l} N = 9 \\ f = m - 1 = 2 - 1 = 1 \end{array} \right\} = 0,6385, \quad (7)$$

$$G_p = 0,4060. \quad (8)$$

Після реалізації плану (з рандомізацією порядку проведення дослідів) одержали наступні математичні моделі:

для активного яскраво-червоного 6С:

$$K/S = 44,249 - 1,931x_1 - 5,464x_2 - 1,453x_1x_2 - 1,016x_1^2 - 13,789x_2^2, \quad (9)$$

для безактиву червоного G8B:

$$K/S = 5,966 - 0,111x_1 - 0,254x_2 - 0,077x_1x_2 - 0,195x_1^2 - 0,733x_2^2. \quad (10)$$

Перевірка значимості коефіцієнта моделі.

Дисперсія відтворюваності:  
барвники

$$S_{\text{вос}}^2 = \frac{2 \sum_{i=1}^N (Y_{ij} - Y_i)^2}{N} = 0,0049, \quad (11) \quad \text{активний яскраво-червоний 6С}$$

$$S_{\text{вос}}^2 = \frac{2 \sum_{i=1}^N (Y_{ij} - Y_i)^2}{N} = 0,0033, \quad (12) \quad \text{безактив червоний G8B}$$

Дисперсія помилки дослідів:  
барвники

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_{\text{вос}}^2}{Nm} = 0,0012; \quad (13) \quad \text{активний яскраво-червоний 6С}$$

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_{\text{вос}}^2}{Nm} = 0,0008; \quad (14) \quad \text{безактив червоний G8B}$$

Для лінійних моделей дисперсію, пов'язану з помилками у визначенні коефіцієнтів регресії ( $S_{b_i}^2$ ), визначали по вищевказаній формулі.

Довірчим інтервалом коефіцієнта регресії є інтервал його значень від  $b_i - \Delta b_i$  до  $b_i + \Delta b_i$ .

Довірчі інтервали для коефіцієнтів:

барвники

активний яскраво-червоний 6С

$$\Delta b_{0,ii} = 0,023$$

$$\Delta b_i = 0,012$$

$$\Delta b_{ij} = 0,035$$

безактив червоний G8B

$$\Delta b_{0,ii} = 0,019$$

$$\Delta b_i = 0,010$$

$$\Delta b_{ij} = 0,029$$

Перевірка адекватності моделі: дисперсія адекватності:

активний яскраво-червоний 6С

безактив червоний G8B

$$S^2_{\text{пекло}} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y}_i)^2}{N - \lambda} = 0,013, \quad (15) \quad S^2_{\text{пекло}} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y}_i)^2}{N - \lambda} = 0,018, \quad (16)$$

де  $f_{\text{пекло}} = N - \lambda$  – число ступенів волі $\lambda$  – число коефіцієнтів моделі

Гіпотезу про адекватність (придатність) моделі перевіряли за допомогою критерію Фішера:

$$F = \frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2_{(y)}}, \quad (17)$$

де  $S^2_{\text{пекло}}$  – залишкова дисперсія або дисперсія адекватності;  $S^2_{(y)}$  – дисперсія відтворюваності.Значення  $F$  критерію, знайдене з рівняння (17) порівнюють з табличним при обраній довірчій ймовірності для перевірки значимості розходження між дисперсією адекватності і дисперсією відтворюваності.

Розрахункове значення критерію Фішера:

барвники

активний яскраво-червоний 6С

безактив червоний G8B

 $F_p = 3,634$ ; $F_p = 3,481$ ;

табличне значення критерію Фішера

$$F_T = \{f_{\text{пекло}} = 4; f_{\text{вос}} = N(n-1) = 9\} = 4,13; \quad (18) \quad F_T = \{f_{\text{пекло}} = 4; f_{\text{вос}} = N(n-1) = 9\} = 3,87; \quad (19)$$

Для даних моделей усі дисперсії однорідні, усі коефіцієнти значимі. Моделі адекватні, тому що  $F_p = 3,634 < F_T = 4,13$  і  $F_p = 3,481 < F_T = 3,87$ Максимізація математичних моделей за вихідним параметром  $K/S$  показує, що максимальне значення інтенсивності промивки бавовняних тканин, надрукованих активними барвниками, з застосуванням очищеної стічної води, можна одержати при наступних значеннях факторів:

- 1) частка використання очищеної води у фарбувальній ванні – 45 %;
- 2) кількість циклів використання очищеної води – 4.

Для отримання оптимальних значень факторів, які забезпечують промивку бавовняних тканин світлих і середніх тонів, необхідно проводити оптимізацію з обмеженнями. Це є метою подальших досліджень.

**Висновок**

Таким чином, застосування математичних методів планування і оптимізації експерименту дозволяє виявити режими, що забезпечують необхідні вихідні показники. Використання очищеної стічної води можна рекомендувати для застосування в процесі промивки бавовняних тканин, надрукованих активними барвниками для отримання насичених кольорів пофарбувань.

Підтримка в належному стані процесу фарбування в опоряджувальних виробництвах є важливими напрямком інженерної та наукової діяльності. Суттєву роль у цьому відіграє постановка наукових експериментів, розробка методів оптимального використання наявних можливостей для удосконалення виробничого процесу.

**Література**

1. Володин В. М., Цырлин А. М. Управление процессами химической технологии / В. М. Володин, А. М. Цырлин. – М.: Химия, 1987. – 383 с.
2. Мурах А. И. Интенсификация химико-технологических процессов / Мурах А. И. – М.: Химия, 1990. – 260 с.
3. Пат. 51782 UA Україна, 7 CO2F/24. Спосіб очистки стічних вод / Г. С. Олійник. – 2002. Бюл. № 12.
4. Барабашук В. И. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) / Барабашук В. И. – М.: Легкая индустрия, 1996. – 284 с.

Надійшла 12.9.2010 р.