

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ ВІДПИРАННЯ БІЛИЗНИ В АВТОМАТИЧНИХ ПРАЛЬНИХ МАШИНАХ

В статті представлені результати дослідження впливу концентрації миючого засобу, водного модулю та потужності нагрівального елемента на якість прання в автоматичних пральних машинах. В ході дослідження проведено повний факторний експеримент типу 3³ та отримано математичну модель у вигляді рівняння регресії другого порядку, що характеризує вплив зазначених параметрів на відпирання тканини. Аналіз отриманих результатів свідчить про ефективність методів дослідження, що були застосовані.

Ключові слова: процес прання, відпирання, миючий засіб, водний модуль, нагрівальний елемент.

I.V. PETKO, T.J. BILA, V.V. STATSENKO

Kyiv national university of design and technology

DETERMINATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL FACTORS INFLUENCE ON WASHING ACTION QUALITY IN AUTOMATIC WASHING MACHINES

Abstract – Drum type household washing machine widespread use demand strong requirements to the washing. The studies results of detergent concentration, water module and power heating element effect on the washing quality are shown. Washing action was selected as a parameter that characterizes washing quality.

Full factorial experiment of type 3³ was implemented during the investigation. It's planning matrix and output values are presented in the article. The mathematical model in the form of the second order regression equation was created based on its results. Also on the basis of the mathematical model actual linen processing parameters in drum type automatic washing machine were calculated. The results analysis confirmed the research methods effectiveness.

Keywords: washing process, washing action, detergent, water module, heating element.

Вступ

Широке використання побутових пральних машин барабанного типу [1, 2] зумовлює високі вимоги, що висуваються до якості процесу прання. Забезпечення цих вимог можливо досягти як за рахунок створення більш досконалого обладнання, так і за рахунок оптимізації процесу прання. В роботі розглядається останній варіант, адже його реалізація дозволяє не тільки покращити відпирання тканини, але й зменшити її фізичний знос, що виникає через вплив миючих речовин та рухомих частин машини.

Постановка завдання

Метою дослідження є визначення впливу концентрації миючого засобу, водного модулю та потужності нагрівального елемента на якість прання, виражену відпиранням тканини.

Результати та їх обговорення

При обробці білизни в автоматичних пральних машинах барабанного типу на неї діє ціла система факторів, аналіз яких є достатньо складним завданням. Крім того, невідомо, які фактори здійснюють найбільший вплив та забезпечують кращі показники якості обробки білизни.

Для визначення впливу показників проведений повний факторний експеримент, при якому якість обробки білизни визначається ефективністю відпирання.

Ефективність відпирання – здібність машини при одночасному впливі механічного, хімічного і теплового факторів випрати зразки тканин за номінальним завантаженням і в заданих умовах. Її визначають фотоколометричним методом виміру коефіцієнта відбиття на зразках тканин з різними видами забруднень. Ефективність відпирання у відсотках для кожного виду забруднення розраховується за формулою:

$$EF_{Bn} = \frac{X_{Ki} - X_{0i}}{X - X_{0i}}, \quad (1)$$

де X_{0i} – загальне середнє арифметичне коефіцієнтів відбиття для i -го виду забруднювача, визначене на зразках до прання, %;

X_{Ki} – загальне середнє арифметичне коефіцієнтів відбиття для i -го виду забруднювача на зразках після прання, %;

X – загальне середнє арифметичне коефіцієнтів відбиття для чистого зразка до забруднення, %.

З попередніх спостережень визначались фактори, що здійснюють вплив на якість відпирання, до яких відносяться концентрація миючого засобу G , водний модуль B та потужність нагрівального елемента (ТЕНа) N . Технологічний процес обробки білизни в установці забезпечував нагрівання миючого розчину протягом попереднього та основного прання, обмежуючись при попередньому пранні температурою 313°K, а при основному пранні – 358°K. Тому що характер залежності діаграми зміни температури миючого розчину є лінійним, то для кожної потужності нагрівального елемента визначався час нагрівання та циклу прання.

Головною метою цього дослідження було визначення впливу зазначених вище факторів (G , B та N) на якість прання. Всі фактори змінювалися в ході експерименту на трьох фіксованих рівнях (експеримент типу 3³) [3, 4]. Для кожної комбінації факторів проводилось три паралельні досліді.

Математична модель приймалась у вигляді поліному другого порядку:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (2)$$

де b_i – коефіцієнти рівняння регресії;

x_i – фактори;

y – вихідна величина.

Для даного дослідження рівняння (2) можна записати у вигляді:

$$O_{gbm} = b_0 + b_g G_g + b_b B_b + b_n N_n + b_{gb} GB_{gb} + b_{ng} NG_{ng} + b_{nb} NB_{nb} + b_{gg} G_g^2 + b_{bb} B_b^2 + b_{nn} N_n^2 + \varepsilon_{m(gbm)}, \quad (3)$$

де O_{gbm} – вимірювальна величина (відпирання тканини);

b_0 – загальний ефект в усіх спостереженнях (істинне середнє сукупності, з якої отримана вибірка);

G_g – відповідає ефекту концентрації миючого засобу ($g = 1, 2, 3$);

B_b – відповідає ефекту водного модуля ($b = 1, 2, 3$);

N_n – відповідає ефекту потужності ТЕНу ($n = 1, 2, 3$);

$\varepsilon_{m(gbm)}$ – випадкова похибка експерименту ($m = 1, 2, 3$).

Інші члени рівняння відповідають взаємодії факторів G, B, N .

Враховуючи структуру процесу обробки білизни, що досліджувався, для обробки результатів застосували дисперсійний аналіз, в якому визначили дві дисперсії: перша з них є оцінкою розсіювання, що задається похибкою досліду ($\sigma_1^2 \rightarrow \sigma^2(\varepsilon)$), друга задавалась розсіюванням факторів, що вивчаються. У найпростішому випадку $\sigma_2^2 \rightarrow \sigma^2(\varepsilon) + m\sigma^2(N)$, де N – фактор, що вивчається, m – кількість паралельних дослідів. За допомогою дисперсійного співвідношення $F(f_1, f_2) = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}$ перевірялась нуль-гіпотеза $\sigma^2(N) = 0$, де

f_1, f_2 – ступені свободи.

Якщо результати дисперсійного аналізу вказували на наявність значущої різниці в середніх для різних дослідів, то далі ранжували їх за величиною, та з'ясували між якими середніми існує значуща різниця. Перевірка значущості була розпочата з найменшої взаємодії шляхом порівняння її дисперсії з остаточною. Якщо ця взаємодія не була значущою, то приєднували її до залишку та отримували нову оцінку значущості.

План даного експерименту містить 27 комбінацій факторів, які у загальному вигляді разом з результатами дослідів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Матриця планування та результати експерименту

№ дослідів	Фактор			Результати вимірювання		
	G	B	N	m_1	m_2	m_3
1	1	1	1	51,4	49,3	51,2
2	1	1	2	50,8	52,2	50,7
3	1	1	3	50,8	52,1	53,2
4	1	2	1	53,1	52,2	52,7
5	1	2	2	53,3	54,1	52,2
6	1	2	3	54,2	52,2	53,7
7	1	3	1	52,3	54,0	53,0
8	1	3	2	54,0	54,3	53,3
9	1	3	3	53,7	55,2	53,8
10	2	1	1	56,6	54,9	55,7
11	2	1	2	55,9	56,4	56,1
12	2	1	3	57,0	57,0	55,4
13	2	2	1	58,9	57,6	57,2
14	2	2	2	61,7	62,8	61,4
15	2	2	3	62,2	61,4	63,8
16	2	3	1	58,7	59,4	57,9
17	2	3	2	62,4	61,2	64,0
18	2	3	3	62,8	63,1	63,0
19	3	1	1	55,4	56,1	54,4
20	3	1	2	56,1	57,0	59,9
21	3	1	3	56,2	56,6	57,1
22	3	2	1	57,3	56,6	56,1
23	3	2	2	57,7	55,9	56,6
24	3	2	3	57,1	57,4	57,1
25	3	3	1	57,3	56,2	56,6
26	3	3	2	58,0	57,7	56,1
27	3	3	3	58,2	57,1	56,6

Для визначення коефіцієнтів рівняння регресії застосували метод найменших квадратів, який у загальному випадку можна записати у наступному вигляді:

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - y(x_i)]^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2 \rightarrow \min.$$

Прирівняли до нуля часткові похідні $\sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2$ за коефіцієнтами b_i , отримали систему рівнянь, яка дозволила визначити значення коефіцієнтів b .

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2}{\partial b_0} = \left[\sum_{i=1}^n (y_i - y(B, N, G))^2 \right]' = 0$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2}{\partial b_1} = \left[\sum_{i=1}^n (y_i - y(B, N, G))^2 \right]' = 0$$

...

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2}{\partial b_n} = \left[\sum_{i=1}^n (y_i - y(B, N, G))^2 \right]' = 0$$

Після проведення відповідних розрахунків рівняння (3) прийняло вигляд:

$$\begin{aligned} O_{gbnm} = & -145 + 3,162G_g + 57,151B_b + 5,079N_n - 0,052GB_{gb} + \\ & + 0,013NG_{ng} - 0,813NB_{nb} - 0,046G_g^2 - 5,07B_b^2 - 0,575N_n^2 \end{aligned} \quad (4).$$

Характеристика рівняння: $\sigma_{\text{залишкове}} = 0,9$; $R = 0,96$.

Аналіз рівняння показав, що всі коефіцієнти b_i є значимими. Позитивний вплив на відпирання здійснюють ефекти факторів G, B, N першого порядку та взаємодія GN . Інші ефекти здійснюють негативний вплив.

Відносна похибка між фактичними та розрахунковими значеннями відпирання не перевищувала 1,3%.

Взявши часткові похідні у рівнянні (4) по кожному з факторів $\frac{\partial O}{\partial G}$, $\frac{\partial O}{\partial B}$, $\frac{\partial O}{\partial N}$ отримали систему, що

складалась з трьох рівнянь. Її розв'язок дозволив визначити фактичні величини параметрів технологічного процесу обробки білизни у побутовій автоматичній пральній машині барабанного типу ($G = 32$ г/кг, $B = 4,75$ л/кг, $N = 2,23$ кВт).

Висновки

Для встановлення ступеня та форми впливу факторів, що розглядались, на відпирання доцільно використовувати метод багатфакторного кореляційного аналізу.

Рівняння регресії, що отримане у ході досліджень, у порівняних умовах роботи побутової пральної машини дозволяє швидко і з достатньою точністю визначити відпирання білизни в залежності від зміни тих або інших факторів.

Наведені залежності можна використовувати при плануванні оптимальних параметрів технологічного процесу обробки білизни в побутових автоматичних пральних машинах барабанного типу.

Література

1. Електропобутова техніка : навч. підручник / [Петко І.В., Бурмістенков О.П., Кострицький В.В. та ін.]. – К. : КНУТД, 2009. – 204 с.
2. Лебедев В.С. Расчёт и конструирование типовых машин и аппаратов бытового назначения / Лебедев В.С. – М. : Лёгкая и пищевая промышленность, 2009. – 327 с.
3. Лудченко А.А. Основы научных исследований : [учеб. пособие] / Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. ; под ред. А.А. Лудченко. – [2-е изд., стер.]. – К. : О-во "Знання", КОО, 2010. – 113 с.
4. Спирин Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : [конспект лекций (отдельные главы из учебника для вузов)] / Спирин Н.А., Лавров В.В. ; под общ. ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ - УПИ, 2004. – 257 с.

References

1. Elektropobutova tehnika: Navchal'nij pidruchnik / [Petko I.V., Burmistenkov O.P., Kostric'kij V.V. ta in.]. – K.: KNUTD, 2009. – 204 p.
2. Lebedev V.S. Raschjot i konstruirovanie tipovyh mashin i apparatov bytovogo naznachenija, M., Ljogkaja i pishhevajja promyshlennost', 2009, 327 p.
3. Ludchenko A.A., Ludchenko Ja.A., Primak T.A. Osnovy nauchnyh issledovanij: Ucheb. posobie / Pod red. A.A. Ludchenko. – 2-e izd., ster. – K.: O-vo "Znaniya", KOO, 2010. – 113 p.
4. Spirin N.A., Lavrov V.V. Metody planirovanija i obrabotki rezul'tatov inzhenernogo jekspe rimenta: Konspekt lekciij (otdel'nye glavy iz uchebnika dlja vuzov) / Pod obshh. red. N.A. Spirina. Ekaterinburg: GOU VPO UGTU - UPI, 2004. – 257 p.

Рецензія/Peer review : 10.3.2013 р.

Надрукована/Printed : 21.4.2013 р.