

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ДЕЙСТВИЕТО НА
ОПТИЧНИ ИЗБЕЛИТЕЛИ В РЕЦЕПТУРИ НА ПРАХ ЗА ПРАНЕ****EXPERIMENTAL OPTIMISATION OF THE PERFORMANCE OF
OPTICAL WHITENING AGENTS IN THE FORMULA FOR LAUNDRY
DETERGENT****Валентин Грозев Зоя Грозева Йорданка Тачева***Шуменски университет “Епископ Константин Преславски”, 9712 Шумен,
ул. “Университетска” 115***Миглена Банкова***Фикосота – синтез ООД, София, бул. България №102, ет.4, офис 47***Ради Ганев***Висше строително училище “Любен Каравелов”, 1373 София, ул. “Суходолска” 175***Abstract**

The efficacy of four fluorescent agents as an additive in laundry detergent formulations was assessed using response surface methodology. A two factorial optimal composite design was chosen to explain the whitening performance. The model suggested that the factors temperature and the concentration of the optical whitening agent had a significant impact on whitening effect. The optimal conditions were temperature $53\pm 60^{\circ}\text{C}$ and the concentration of the optical whitening agent $0,25\pm 0,30\%$.

Keywords: modelling, optimisation, optical whitening agent, laundry detergent

ВЪВЕДЕНИЕ

Всички качествени прахове за пране съдържат флуоресцентни избелители. Известни са около 250 химични съединения с добър ефект на оптично избелване, но съгласно публикуван списък в Colour Index – III няколко десетки от тях се влагат в търговски продукти. Фирмите производители публикуват редица характеристики на своите продукти като луминофорна система, абсорбционен максимум, концентрационен коефициент на абсорбция, трайност към хлор, светлина и други показатели и препоръчват условия за тяхната употреба. Тези указания не винаги са достатъчни за производителите на прахове да изберат най – добър оптически избелител и оптималните условия за неговото използване за своите базови прахове за пране.

За определяне на състава на прахове за пране и условията за пране е използван

методът на експерименталното моделиране и оптимизация на получения математичен модел [1,2,3]. Чрез четирифакторен централен композиционен план са определени оптималните условия за отстраняване на мазнини от различни видове тъкани [1]. Prato и Morris [2] са установили, че максимално избелване при пране се получава при концентрация на детергента 0,20%, а влиянието на температурата на банята зависи от вида на изпираната тъкан. С помощта на метода на експериментална оптимизация е формулиран състав за миене на съдове и оптимизирано неговото действие [3]. При експеримента е използван централен композиционен план и е използван математичен модел от втори ред.

Друг подход за оптимизация състава на детергент от осем компонента е използван от Котомин и сътрудници [4]. Чрез осемфакторен дисперсионен анализ при четири

нива на концентрацията на всеки компонент е определен съставът на перилната баня, при която се наблюдава максимално изпиращо действие.

Целта на настоящата разработка е решаване на оптимизационна задача за определяне концентрацията на оптичен избелител и температурата в перилната баня, при които се постига максимален избелващ ефект на перилни препарати.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Използвани материали. В таблица 1 са представени данни за изследваните оптични избелители според каталози на фирмите – производители.

Таблица 1. Изследвани оптични избелители

Марка оптичен избелител	$\lambda_{\max}$, nm	$A_{1\text{cm}/1\%}$	Препоръчвани:	
			Температура, °C	Концентрация, %
Tinopal DMS-x	350	436	50-95	ниска
Photine CBUS-B	349	450	над 40	0,05÷0,5
BRY-10 D2150	350	436	-	-
Optiblanc2 M/GLT	353*	406*	-	-

Активността на препаратите се дефинира чрез концентрационния коефициент на абсорбция $A_{1\text{cm}/1\%}$, който показва поглъщането на 1 % разтвор при измерване в кювета с дебелина 1 cm при максималната дължина на поглъщане $\lambda_{\max}$ за съответния оптичен избелител.

По химичната си структура изследваните оптични избелители са производни на бис(триазириламино) стилбен дисулфонова киселина. Използвания при експериментите база - прах за пране съдържа всички необходими компоненти с изключение на оптичния избелител.

Тъканите, които се използват за пране и избелване са стандартни ЕМРА 211 (памук) и ЕМРА 213 (35% памук и 65% полиестер).

Моделиране на действието на оптичните избелители. Управляващи фактори при изследванията са температурата (x_1) и концентрацията на използваните оптични избелители (x_2) в перилната баня. Тези два параметъра определят степента на избел-

ване след изпиране и изсушаване на стандартните тъкани. Постоянни фактори са модулът на банята и времето за изпиране.

За моделиране на действието на оптичните избелители е приет полином от втора степен:

$$W=b_0+b_1.x_1+b_2.x_2+b_{1,2}.x_1.x_2+b_{1,1}.x_1^2+b_{2,2}.x_2^2 \quad (1)$$

където:

W – белота на тъканите по CIE;

x_1 –кодирани стойности за температурата на перилната баня;

x_2 –кодирани стойности за концентрацията на отическите избелители;

$b_0, b_1, b_2, b_{1,2}, b_{1,1}, b_{2,2}$ - регресионни коефициенти.

Натуралните и кодирани стойности на входните фактори са представени в таблица 2.

Таблица 2. Натурални и кодирани стойности на входните фактори

Фактори	Долно ниво, $x_i = -1$	Основно ниво, $x_i = 0$	Горно ниво, $x_i = 1$
Температура на перилната баня, X_1 , °C	30	45	60
Концентрация на оптичните избелители, X_2 , %	0,1	0,2	0,3

Методика на експеримента. Изпирането на образците тъкан се извършва в ландерометър – перилно устройство с осемнадесет контейнера, разположени на въртящ се вал по три на шест реда. Апаратът е снабден с регулатори за температура и време. Претегленото количество оптичен избелител се прехвърля количествено в мерителна колба от 100,00 cm³. Перилният разтвор съдържа прах за пране – база, дестилирана вода и определено количество от разтвора на оптическия избелител. Контейнерите на ландерометъра се зареждат с перилен разтвор и се поставят образците тъкани. При всеки опит стойностите за температурата и концентрацията на оптическия избелител в перилния разтвор се поддържат в съответствие с плана на експеримента. Модулът на банята е 1:50, времето за изпиране – 30 минути. Тъканите се изплакват два пъти по пет минути с 200 cm³ дестилирана вода и се сушат в опънато състояние при стайна

температура без достъп на слънчеви лъчи.

Степента на белота се измерва със спектрофотометър “Minolta CM-3500d”, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan.

План на експеримента и резултати.

Експерименталната работа е изпълнена съгласно оптимален композиционен план (таблица 3). Стойностите на регресионните коефициенти на математическите модели (уравнение 1) са представени в таблица 4. Оценката за пригодността на модела се извършва чрез коефициента на множествена корелация R и свързаната с

Таблица 3. Оптимален композиционен план и резултати от експеримента

Кодирани стойности		Степен на белота, CIE			
		Tinopal DMS-x	Photine CBUS-B	BRY-10 D2150	Optiblan c2M/GL T
x_1	x_2				
Стандартна памучна тъкан EMPA 211					
-1	-1	106,0	105,0	106,5	105,5
1	-1	106,6	104,9	107,5	107,0
-1	1	113,8	113,0	113,3	114,1
1	1	115,8	114,4	115,0	115,1
-1	0	113,0	111,0	113,6	112,2
0	-1	105,0	104,3	104,0	104,5
1	0	114,6	109,5	114,7	113,6
0	1	114,0	113,5	113,0	114,0
0	0	112,8	112,0	113,5	112,0
Стандартна тъкан памук-полиестер EMPA 213					
-1	-1	96,5	96,0	96,5	96,1
1	-1	98,0	96,8	97,1	98,0
-1	1	104,2	104,5	103,3	104,4
1	1	105,7	105,1	107,0	107,0
-1	0	102,4	102,6	103,9	103,1
0	-1	96,4	96,0	95,4	95,4
1	0	104,8	102,4	104,3	104,0
0	1	104,4	104,8	103,2	104,3
0	0	102,5	103,2	103,2	102,4

него величина F по методика, описана в [5]. Стойностите им са представени в таблица 3. При ниво на значимост $\alpha = 0,05$ и брой на степените на свобода $v_2 = 5$ и $v_1 = 5$ от таблицата на разпределението на Фишер се отчита $F_{(\alpha, v_1, v_2)} = 5,05$. Тази стойност е още по – ниска, ако някои от коефициентите в математическия модел са равни на нула. Коефициентът на множествена корелация се счита за значим при изпълнение на условието $F > F_{(\alpha, v_1, v_2)}$.

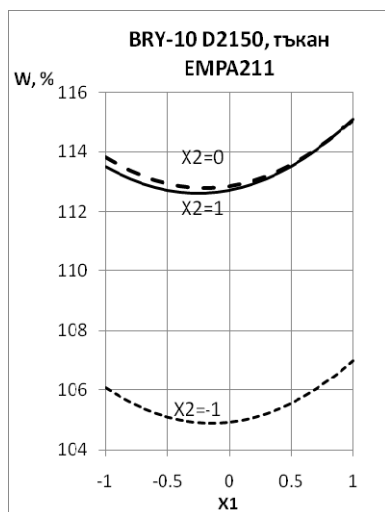
Получените математични модели дават възможност за изчисление степеня на избелване в цялата област на изменение на температурата на банята и концентрацията на изследваните флуоресцентни избелители.

Таблица 4. Стойности на регресионните коефициенти

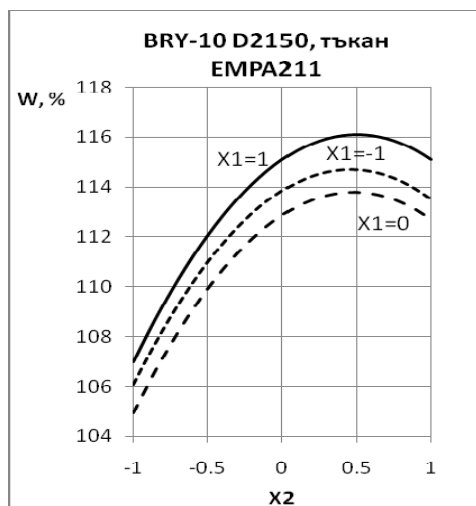
Регресионни коефициенти	Tinopal DMS-x	Photine CBUS-B	BRY-10 D2150	Optiblan c2M/GLT
Стандартна памучна тъкан EMPA 211				
b_0	112,78	111,03	112,87	111,88
b_1	0,70	-0,03	0,63	0,65
b_2	4,33	4,45	3,88	4,37
b_{12}	0,35	0,38	0,18	-0,13
b_{11}	1,03	-0,30	1,60	1,08
b_{22}	-3,27	-1,65	-4,05	-2,57
R	0,9992	0,9712	0,9845	0,9964
F	19,88	15,16	18,29	17,81
Стандартна тъкан памук-полиестер EMPA 213				
b_0	102,68	102,80	102,86	102,23
b_1	0,90	0,20	0,78	0,90
b_2	3,90	4,27	4,08	4,37
b_{12}	0,00	-0,05	0,78	0,18
b_{11}	0,83	0,10	1,42	1,40
b_{22}	-2,37	-2,20	-3,38	-2,30
R	0,9966	0,9943	0,9897	0,9949
F	22,63	16,35	21,25	12,01

Самостоятелното влияние на температурата на перилната баня (фактор 1) и концентрацията на оптичните избелители (фактор 2) се илюстрира с поредица от графики, построени на базата на регресионните уравнения от табл. 4. Фиг. 1 и 2 показват, че основно влияние върху избелването на тъканите оказва концентрацията на оптичния избелител BRY-10D2150, а температурата е второстепенен фактор. Температурната зависимост на белотата се дължи на конкурентното действие на два фактора – кинетичен (дифузия на молекулите на оптичния избелител) и термодинамичен (равновесно разпределение на оптичния избелител между влакното и перилния разтвор). Подобен ход имат графиките и на останалите изследвани оптични избелители. Взаимодействието на изследваните фактори оказва относително слабо влияние върху

избелването, което се определя от ниските стойности на коефициентите b_{12} в регресионните уравнения (таблица 4).



Фиг. 1. Изменение на степента на избелване на памук под влияние на температурата на банята (фактор x_1) при ниска ($x_2=-1$) средна ($x_2=0$) и висока ($x_2=1$) концентрация на BRY-10 D215

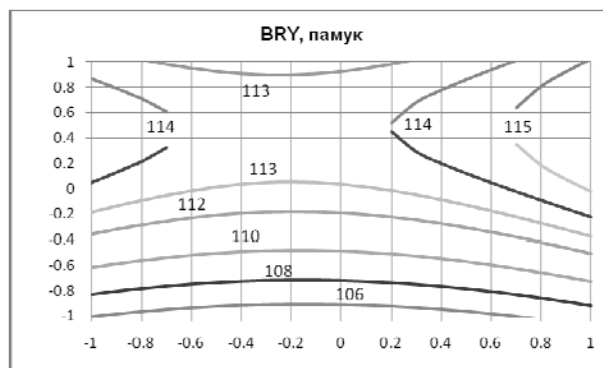


Фиг. 2. Изменение на степента на избелване на памук под влияние на концентрацията на оптичния избелител BRY-10 D2150 (фактор x_2) при ниска ($x_1=-1$), средна ($x_1=0$) и висока ($x_1=1$) температура на банята

След изпране белотата на памучната тъкан е средно с десет единици по CIE по-висока от тази на образците от памук/полиестер. Тези резултати се обясняват с по-високото поглъщане на лъчи от ултравиолетовия спектър в полиестерното влакно, което намалява флуоресценцията на оптичните избелители.

Белотата на тъканта след изпране в цялата област на изменение на двата управляващи фактора е представена чрез контурни

диаграми на фиг. 3.



Фиг. 3. Зависимост на белотата на тъкан памук E211 от температурата на банята и концентрацията на BRY-10 D2150

Оптимизация на действието на оптичните избелители в праха за пране. Оптимизационната задача може да се формулира като определяне на концентрацията на оптичните избелители и температурата на перилната баня, при които се получава максимален избелващ ефект. За целта чрез изменение на двата управляващи фактора със стъпка 0,1 в цялото факторно пространство се изчисляват абсолютните максимуми за всеки изследван продукт (таблица 5). Това са търсените стойности за концентрацията на избелителите и температурата на перилната баня, при които се получава максимален ефект на избелване.

Таблица 5. Максимални стойности на белота след изпирание

Оптичен избелител	Максимал ни стойности	Кодирани стойности		Натурални стойности	
		x_1	x_2	$X_1, ^\circ\text{C}$	$X_2, \%$
Стандартна памучна тъкан EMPA 211					
Tinopal DMS- x	116,2	1,0	0,7	60,0	0,27
Photine CBUS-B	113,9	0,5	1,0	52,5	0,30
		0,6	1,0	54,0	0,30
		0,7	1,0	55,5	0,30
BRY-10 D2150	116,1	1,0	0,5	60,0	0,25
Optiblanc 2M/GLT	115,4	1,0	0,8	60,0	0,28
Стандартна тъкан памук-полиестер EMPA 213					
Tinopal DMS- x	106,2	1,0	0,8	60,0	0,28
Photine CBUS-B	104,9	0,5	1,0	52,5	0,30
		0,7	0,9	55,5	0,29
		0,8	1,0	57,0	0,30
BRY-10 D2150	106,8	1,0	0,7	60,0	0,27
Optiblanc 2M/GLT	106,8	1,0	1,0	60,0	0,30

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените математични модели показват, че основен фактор на избелващото действие на оптични избелители в прахове за пране е тяхната концентрация в перилната баня, а температурата е второстепенен фактор. Максимален избелващ ефект се получава при високи температури на пране ($52,5 \div 60^{\circ}\text{C}$) и концентрация на оптичните избелители в перилната баня $0,25 \div 0,30\%$.

Получените резултати са валидни само за условията, при които са провеждани експериментите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Saisubramanian N., N. Nandakumar, N. Kamini, R. Puvanakrishnan. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, vol. 33, № 8, 669-676.
- [2] H.H.Prato, M.A. Morris, Textile research Journal, 1984, vol. 54, 637-644.
- [3] Bozetine I., T. Ahmed, C. Chitour, J. Canselier, Journal of surfactants and detergents, vol. 11, 4, 299-305.
- [4] Kotomin A., M. Petelskij, A. Abramson, A. Punin, O. Yakimchuk, Russian Journal of Applied Chemistry, vol. 74, 12, 2098-2102.
- [5] Вучков И., С. Стоянов. Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти, Техника, София, 1993.