

<https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.2.4>

УДК 675.026:519.85

ПЕРВАЯ Н. В., НІКОНОВА А. В., АНДРЕЄВА О. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РІДИННОГО ОЗДОБЛЕННЯ ШКІРИ

**Мета.** Визначити оптимальні параметри рідинного оздоблення натуральної шкіри для верху взуття з використанням сучасних хімічних матеріалів: органічного синтану на основі ароматичних сполук Politan BN для нейтралізації, синтетичного дубителя на основі меламіну Retanal LMV для додублювання-наповнювання, а також аніонних жирувальних препаратів CMX-473 і Sulphirol C для жирування.

**Методика.** Для реалізації поставленої мети у дослідженні використано методи повного факторного експерименту, комп'ютерного моделювання, органолептичної оцінки, хімічного та фізико-механічного аналізу натуральної шкіри.

**Результати.** Одержано адекватну математичну модель, що описує вплив параметрів обробки на показники хромової шкіри для верху взуття з козлини. За допомогою комп'ютерного моделювання з використанням програми MathCAD визначено умовно-оптимальні параметри, які забезпечують раціональну витрату хімічних матеріалів для нейтралізації, додублювання-наповнювання та жирування, покращення хімічних та фізико-механічних властивостей готової шкіри.

**Наукова новизна.** Встановлено взаємозв'язок між параметрами процесів рідинного оздоблення та такими показниками якості шкіри, як границя міцності при розтягу, відносне видовження при напруженні 10 МПа, абсолютна паропроникність, об'ємний вихід.

**Практична значимість.** За результатами проведеного дослідження встановлено умовно-оптимальні параметри процесів рідинного оздоблення (витрата синтану Politan BN 3,6 % під час нейтралізації, синтану Retanal LMV 4,5 % під час додублювання-наповнювання, співвідношення 70:30 препаратів CMX-373 та Sulfirol C під час жирування при загальній витраті жиру 5,0 %), які забезпечують отримання високоякісної хромової шкіри для верху взуття з козлини. Визначено, що порівняно із традиційною обробкою, за їх використання можливе покращення таких важливих показників шкіри, як збільшення границі міцності при розтягу на 19,4 %, відносного видовження при напруженні 10 МПа – на 3,4 %, абсолютної паропроникності – на 52,3 %, об'ємного виходу – на 21,7 %.

**Ключові слова:** рідинне оздоблення, параметри, хімічні матеріали, математична модель, шкіра, показники

**Вступ.** Прогнозування властивостей готових шкіряних виробів можливо за рахунок удосконалення існуючих та розробки нових технологій шляхом застосування сучасних ефективних екологічно безпечних хімічних матеріалів, здатних забезпечувати функціонально-споживчі та виробничо-економічні вимоги до цих виробів [1]. При цьому правильний вибір матеріалів для обробки шкіри ґрунтується не лише на їх сумісності з колагеном та іншими застосованими хімічними реагентами, а й на раціональному використанні матеріальних ресурсів, оскільки визначає економічну доцільність розробки.

На сьогоднішній день дослідження з удосконалення процесів рідинного оздоблення зосереджені на застосуванні різноманітних композицій біогенних аніонних жирувальних препаратів [2-3], біодеградабельних барвників [4-5], додублювально-наповнювальних синтанів [6-7], що не містять токсичні сполуки хрому та феноли тощо. Номенклатура сучасних хімічних матеріалів є результатом багаторічної роботи як незалежних науковців-дослідників, так і таких відомих промислових виробників як Smit&Zoom, Lowenstein, ВАТ «Шебекинская индустриальная химия», Clariant Inc., Cromogenia Units тощо. Так використання цих матеріалів

дозволяє забезпечити якість готової продукції завдяки рівномірному забарвленню, наповненості різних топографічних ділянок, збільшити вихід шкір по товщині та площі. Разом з тим, застосування матеріалів різного походження для отримання шкір з комплексом необхідних функціональних властивостей потребує встановлення сумісності та визначення технологічних параметрів. У зв'язку з цим використання математичних методів багатокритеріальної оптимізації при удосконаленні та розробці ресурсощадних технологій виробництва залишається актуальним [8-9].

**Постановка завдання.** У попередніх роботах авторами досліджено процеси жирування [10], нейтралізації та додублювання-наповнювання [11] шкіри з використанням сучасних хімічних матеріалів фірм Smit&Zoom та Cromogenia units. Встановлено, що застосування препарату *Sulfirol C* для жирування дозволяє забезпечити ергономічні та гігієнічні показники шкіри; комбінування процесу нейтралізації синтаном *Politan BN* на основі ароматичних сполук з процесом додублювання-наповнювання шкір синтетичними дубителем *Retanal LMV* на основі меламіну позитивно позначається на показниках міцності, об'ємного виходу та виходу по площі. При цьому в умовах експерименту [11] змінювали лише вид застосованих матеріалів, тому метою даної роботи було визначити найбільш раціональні витрати органічного синтану на основі ароматичних сполук *Politan BN* для нейтралізації, синтетичного дубителя на основі меламіну *Retanal LMV* для додублювання-наповнювання, а також співвідношення аніонних жирувальних препаратів – напівсинтетичного *CMX-473* і натурального *Sulphirol C* на основі сульфітованого риб'ячого жиру.

За об'єкт дослідження обрано процеси нейтралізації, додублювання-наповнювання та жирування у виробництві шкір для верху взуття з козлини, а за предмет – оптимізація параметрів вищезгаданих процесів шляхом визначення найбільш раціональної витрати застосованих хімічних матеріалів.

Як і у попередніх дослідженнях, у роботі використали отриманий за відомою методикою виробництва хромової шкіри для верху взуття з козлини [12] струганий шкіряний напівфабрикат *Wet-blue*, показники якого цілком відповідали вимогам нормативної документації [13]. Скомплектовані за методом асиметричної бахроми дослідні *групи 1-8* по два зразки в кожній групі обробляли відповідно до методики [11]. У контрольній групі *9к* нейтралізацію виконували сумішшю карбонату та формиату натрію при витраті 0,6 та 1,5 % відповідно, додублювання-наповнювання не проводили, а жирування виконували препаратом *CMX-473* при витраті 5,0 %. Умови обробки напівфабрикату наведено в таблиці 1. Витрату всіх матеріалів визначали від маси вихідних зразків у перерахунку на активну речовину.

Таблиця 1

Умови обробки шкіряного напівфабрикату

Група	Витрата матеріалів, %			
	нейтралізація	додублювання-наповнювання	жирування	
	<i>Politan BN</i>	<i>Retanal LMV</i>	<i>Sulfirol C</i>	<i>CMX-473</i>
1	4,0	5,0	3,5	1,5
2	4,0	5,0	1,5	3,5
3	4,0	3,0	3,5	1,5
4	4,0	3,0	1,5	3,5
5	3,0	5,0	3,5	1,5
6	3,0	5,0	1,5	3,5
7	3,0	3,0	3,5	1,5
8	3,0	3,0	1,5	3,5
9к	–	–	–	5,0

Дослідження виконували в лабораторних умовах у скляних ємностях об'ємом 1 л на установці для збовтування, завдяки чому забезпечувалися необхідний температурний режим, постійне перемішування (частота обертання 8-10 хв<sup>-1</sup>). Під час обробки дослідних груп ускладнень не виявлено, зразки готових шкіри до (Crust) та після покриття були наповненими, м'якими, з чистою шовковистою лицьовою поверхнею. Після сушильно-зволожувальних процесів та операцій для зразків провели заключне оздоблення. Шкіри всіх груп досліджували після двократного нанесення покриття наступного складу, мас. ч.: Codayeso RPI 4377 (18 %) – 150; Акрил 1755 (28,6 %) – 100; казеїн (10 %) – 50; воскова емульсія (20 %) – 40; вода – 200. Витрата – 70±10 г/м<sup>2</sup>. Для закріплення використано склад, мас. ч.: нітроемульсія LE 5555 (80 %) – 100; вода – 100. Витрата – 55±10 г/м<sup>2</sup>.

Для отримання об'єктивних експериментальних даних дослідження використано хімічні, фізико-механічні та статистичні методи аналізу натуральної шкіри, у тому числі комп'ютерне моделювання [14]. Для визначення параметрів процесу рідинного оздоблення застосували метод повного факторного експерименту типу 2<sup>3</sup>, що дозволило мінімально обмежити кількість дослідів, побудувати математичну модель процесу, обрати найбільш оптимальний варіант [15].

Після серії попередніх дослідів визначили найбільш важливі фактори:  $X_1$  – витрата синтану *Politan B* для нейтралізації, %;  $X_2$  – витрата синтану *Retanal LMV* для додублювання-наповнювання, %;  $X_3$  – співвідношення витрат жирувальних препаратів *Sulphirol C* та *CMX-473*, %, а також їх рівні варіювання (табл. 2).

Таблиця 2

Найменування фактору	Витрата матеріалів, %		
	<i>Politan BN</i>	<i>Retanal LMV</i>	<i>Sulphirool C : CMX-473</i>
Кодоване позначення	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нульовий рівень $x_{i0}$	3,5	4,0	2,5 : 2,5
Нижній рівень $x_{i \min}$	3,0	3,0	1,5 : 3,5
Верхній рівень $x_{i \max}$	4,0	5,0	3,5 : 1,5

За вихідні змінні (функції відгуку) обрали фізико-механічні та гігієнічні показники готової шкіри, які дають достатньо повне уявлення про ефективність процесу рідинного оздоблення: границю міцності при розтягу ( $\sigma_p$ ), відносне видовження при напруженні 10 МПа ( $l_{10}$ ), абсолютну паропроникність (ПП) та об'ємний вихід (VR). Матриця планування та параметри оптимізації наведені у табл. 3.

Таблиця 3

### Значення факторів і параметри оптимізації

№	Значення факторів			Значення функцій відгуку											
				$\sigma_p$ , 10 МПа			$l_{10}$ , %			ПП, мг/см <sup>2</sup> · год			VR, см <sup>3</sup> /100 г білку		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_{1u}^1$	$Y_{2u}^1$	$Y_u^1$	$Y_{1u}^2$	$Y_{2u}^2$	$Y_u^2$	$Y_{1u}^3$	$Y_{2u}^3$	$Y_u^3$	$Y_{1u}^4$	$Y_{2u}^4$	$Y_u^4$
1	+1	+1	+1	1,83	2,06	1,95	40,91	40,33	40,62	2,61	2,21	2,41	340,83	329,63	335,23
2	+1	+1	-1	1,56	1,41	1,49	38,82	34,32	36,57	1,80	1,08	1,44	324,83	316,83	320,83
3	+1	-1	+1	1,84	1,77	1,81	45,04	41,90	43,47	1,88	1,08	1,48	314,34	303,74	309,04
4	+1	-1	-1	1,63	1,45	1,54	40,50	39,59	40,05	1,40	1,02	1,21	319,28	309,28	314,28
5	-1	+1	+1	1,38	1,42	1,40	45,98	41,00	43,49	1,99	1,98	1,99	321,99	309,10	315,54
6	-1	+1	-1	1,48	1,55	1,52	57,35	45,06	51,21	1,08	1,10	1,09	295,97	285,97	290,97
7	-1	-1	+1	1,53	1,51	1,52	38,50	30,50	34,50	1,27	1,30	1,29	318,62	310,42	314,52
8	-1	-1	-1	1,80	1,78	1,79	32,30	30,60	31,45	1,40	1,30	1,35	319,63	310,30	314,96

Для розрахунку та побудови оптимальної області процесу рідинного оздоблення використали комп'ютерну програму MathCAD [16].

**Результати дослідження.** Після обробки результатів експерименту отримали адекватні математичні моделі рівнянь регресії (1-4) в кодованих одиницях, які описують залежності найбільш вагомих показників готової шкіри від витрати основних матеріалів.

**Границя міцності при розтягу:**

$$Y_1 = 1,63 + 0,07 X_1 + 0,06 X_1 X_2 + 0,14 X_1 X_3 \quad (1)$$

Критерій Фішера  $F = 2,96 < F_{табл} = 3,84$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи у знаменнику  $f_1 = 8$ ; число ступенів свободи у числівнику  $f_2 = 4$ ), рівняння адекватне. Критерій Кохрена  $G = 0,44 < G_{табл} = 0,68$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи  $f_1 = m - 1 = 1$ ; число ступенів свободи  $f_2 = N = 8$ ), дисперсія відтворювана, похибка дослідів  $S_0^2 = S_u^2 = 0,68$ . Критерій Стьюдента  $t_{табл} = 2,31$ , тоді  $t_{b0} = 75,06 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b1} = 3,18 > t_{табл}$

, значущий;  $t_{b2} = 1,79 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b3} = 1,96 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b12} = 2,77 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b13} = 6,41 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b23} = 2,02 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b123} = 0,23 < t_{табл}$ , незначущий. Похибка 0,1 %.

**Відносне видовження при напруженні 10 МПа:**

$$Y_2 = 40,17 + 2,80 X_2 - 4,38 X_1 X_2 \quad (2)$$

Критерій Фішера  $F = 1,13 < F_{табл} = 4,07$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи у знаменнику  $f_1 = 8$ ; число ступенів свободи у числівнику  $f_2 = 3$ ), рівняння адекватне. Критерій Кохрена  $G = 0,55 < G_{табл} = 0,68$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи  $f_1 = m - 1 = 1$ ; число ступенів свободи  $f_2 = N = 8$ ), дисперсія відтворювана, похибка досліду  $S_0^2 = S_u^2 = 17,13$ . Критерій Стьюдента  $t_{табл} = 2,31$ , тоді  $t_{b0} = 38,83 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b1} = 0,01 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b2} = 2,71 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b3} = 0,35 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b12} = 4,24 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b13} = 1,47 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b23} = 1,23 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b123} = 1,38 < t_{табл}$ , незначущий. Похибка 4,1 %.

**Паропроникність:**

$$Y_3 = 1,53 + 0,2 X_2 + 0,26 X_3 - 0,21 X_2 X_3 \quad (3)$$

Критерій Фішера  $F = 0,98 < F_{табл} = 3,84$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи у знаменнику  $f_1 = 8$ ; число ступенів свободи у числівнику  $f_2 = 4$ ), рівняння адекватне. Критерій Кохрена  $G = 0,20 < G_{табл} = 0,68$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи  $f_1 = m - 1 = 1$ ; число ступенів свободи  $f_2 = N = 8$ ), дисперсія відтворювана, похибка досліду  $S_0^2 = S_u^2 = 0,09$ . Критерій Стьюдента  $t_{табл} = 2,31$ , тоді  $t_{b0} = 20,18 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b1} = 1,37 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b2} = 2,64 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b3} = 3,41 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b12} = 1,19 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b13} = 0,68 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b23} = 2,73 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b123} = 0,43 < t_{табл}$ , незначущий. Похибка 0,3 %.

**Об'ємний вихід:**

$$Y_4 = 314,4 + 5,45 X_1 + 4,43 X_3 - 4,16 X_1 X_2 + 5,58 X_2 X_3 \quad (4)$$

Критерій Фішера  $F = 3,58 < F_{табл} = 3,64$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи у знаменнику  $f_1 = 8$ ; число ступенів свободи у числівнику  $f_2 = 5$ ), рівняння адекватне. Критерій Кохрена  $G = 0,49 < G_{табл} = 0,68$  (рівень значущості  $\alpha = 0,05$ ; число ступенів свободи  $f_1 = m - 1 = 1$ ; число ступенів свободи  $f_2 = N = 8$ ), дисперсія відтворювана, похибка досліду  $S_0^2 = S_u^2 = 51,38$ . Критерій Стьюдента  $t_{табл} = 2,31$ , тоді  $t_{b0} = 333,06 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b1} = 2,51 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b2} = 0,68 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b3} = 2,32 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b12} = 3,89 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b13} = 1,04 < t_{табл}$ , незначущий;  $t_{b23} = 3,12 > t_{табл}$ , значущий;  $t_{b123} = 0,38 < t_{табл}$ , незначущий. Похибка 5,1 %.

З одержаних рівнянь регресії випливає, що для границі міцності та об'ємного виходу (рівняння 1, 4) вагомим з окремих факторів є витрата синтану при нейтралізації, а для відносного видовження при 10 МПа (рівняння 2) – витрата синтану для додублювання-наповнювання, з підвищенням яких дані показники зростають. Для абсолютної

паропроникності вагомим фактором є співвідношення жирувальних препаратів (рівняння 3). При цьому покращення цього показника уможливується при більшій витраті препарату *Sulphirool C* у порівнянні *CMX-473*.

Позитивно впливає на показники об'ємного виходу та паропроникності більша витрата у жирувальній композиції препарату *Sulphirool C*. Також встановлено, що сумісний вплив факторів  $X_1X_2$  зумовлює зниження показників відносного видовження та об'ємного виходу, а сумісний вплив  $X_2X_3$  – паропроникності. У той же час, виявлено, що сумісний вплив всіх трьох факторів відсутній для кожного рівняння.

Оскільки досліджуваний процес описується декількома рівняннями регресії (важливими є декілька вихідних змінних), наступним завданням стало вирішення компромісної задачі оптимізації. Користуючись отриманими математичними моделями рівнянь, у середовищі програми MathCAD побудували діаграму процесу рідинного оздоблення (рисунок), яка відображає раціональну область показників шкіри [15-16].

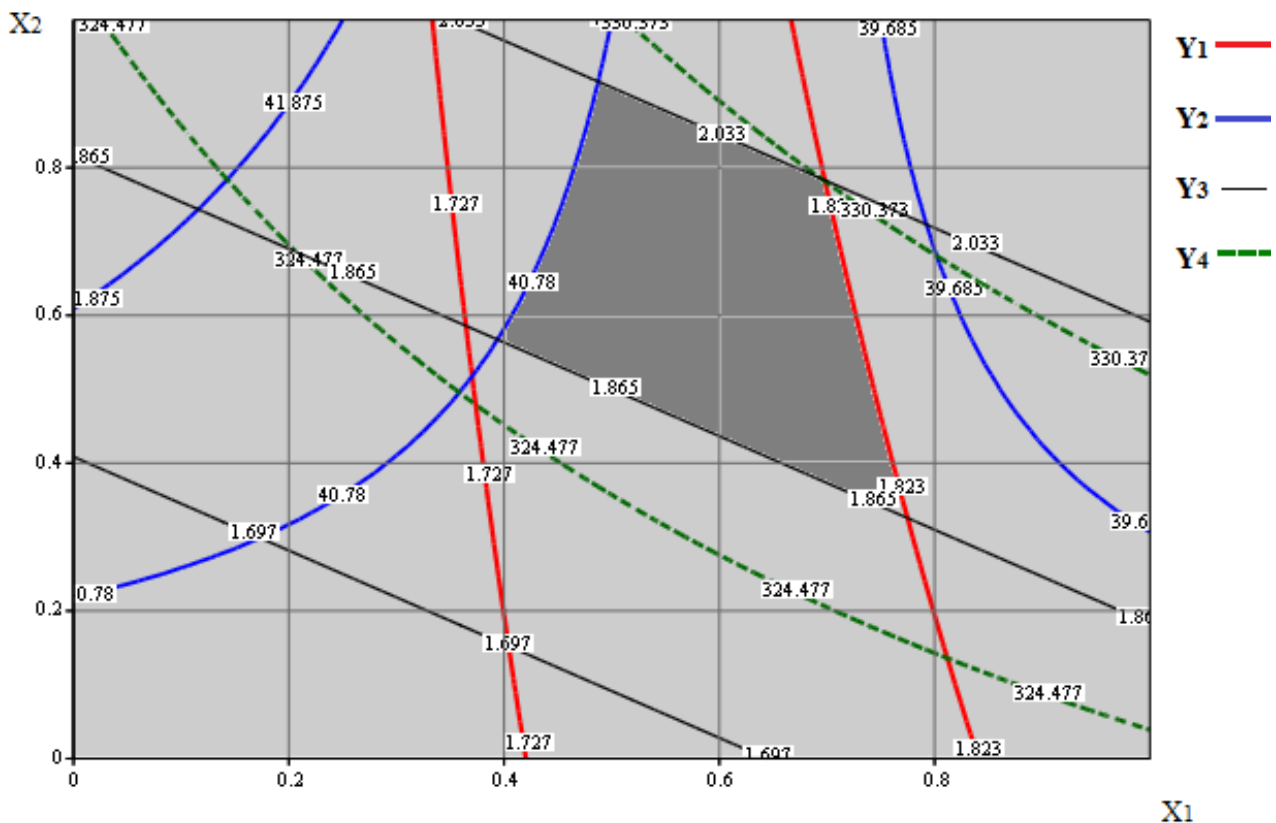


Рис. Діаграма раціональної області рідинного оздоблення  
в кодованих одиницях

Для встановлення оптимальних параметрів рідинного оздоблення за безградієнтним методом пошуку оптимуму розраховували відносні умовно-оптимальні показники шкіри у кодованих одиницях:  $X_1 = 0,6$ ,  $X_2 = 0,7$ ,  $X_3 = +1$ , яким відповідають такі функції відгуку, як: границя міцності при розтягу  $Y_u^1 = 1,80 \cdot 10$  МПа; відносне видовження при напруженні 10 МПа  $Y_u^2 = 39,5$  %; абсолютна паропроникність  $Y_u^3 = 1,95$  мг/см<sup>2</sup> · год; об'ємний вихід  $Y_u^4 = 328$  см<sup>3</sup>/100 г. Таким чином, раціональними параметрами обробки є витрата синтану *Politan BN*  $x_1 = 3,6$  % при

нейтралізації, синтану *Retanal LMV*  $x_2 = 4,5\%$  – при подублюванні-наповнюванні; співвідношення витрат жирувальних препаратів *Sulfirol C* та *CMX-473*  $x_3 = 3,5\% : 1,5\%$  (або 70 : 30 при загальній витраті жиру 5,0 %).

Крім того, проаналізували вплив умов рідинного оздоблення на такі важливі характеристики готової шкіри, як міцність лицьового шару, рівномірність розподілу в різних напрямках показників одновісного розтягу (границі міцності при розтягу  $K\sigma_p$ , розтріскування лицьової поверхні  $K\sigma_n$  та відносного видовження при 10 МПа  $Kl_{10}$ ), вихід по товщині та площі, а також гідрофобність за показником часу поглинання краплі води (таблиця 4).

Встановлено, що у більшості випадків такі показники шкір дослідних груп як границя міцності при розтягу (групи 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8) та розтріскування лицьової поверхні (групи 1, 3, 4, 7, 8) значно кращі порівняно з показниками контрольної групи 9к. Так, найбільший високий показник розтріскування лицьової поверхні шкіри ( $1,9 \cdot 10$  МПа) досягається у групі 1 при максимальній витраті всіх матеріалів, найнижчий ( $1,35 \cdot 10$  МПа) – у групі 5 при мінімальній витраті синтану *Politan BN*, максимальній – синтану *Retanal LMV* та співвідношенні жирувальних препаратів 70 : 30.

Таблиця 4

#### Результати фізико-механічних випробувань шкіри

Група	Границя міцності при розтягу $\sigma_p$ , 10 МПа	Розтріскування лицьової поверхні $\sigma_n$ , 10 МПа	Відносне видовження при напруженні 10 МПа $l_{10}$ , %	Абсолютна паропроникність, мг/см <sup>2</sup> · год	Об'ємний вихід, см <sup>3</sup> /100 г білка	Коефіцієнт рівномірності $\sigma_l$	Коефіцієнт рівномірності $\sigma_{роз}$	Коефіцієнт рівномірності $l_{10}$	Вихід по товщині, %*	Вихід по площі, %*	Час поглинання краплі води, год
1	1,95	1,90	40,6	2,41	335,2	0,90	0,90	0,94	89,7	95,4	$\geq 2,0$
2	1,49	1,44	36,5	1,44	320,8	0,97	0,97	0,95	90,0	97,6	2,0
3	1,81	1,76	43,5	1,48	309,0	0,98	0,98	0,95	89,1	94,7	$\geq 2,0$
4	1,54	1,49	40,0	1,21	314,3	0,95	0,95	0,70	82,1	94,3	1,5
5	1,40	1,35	43,5	1,99	315,5	0,90	0,90	0,81	90,0	97,5	1,5
6	1,52	1,38	51,2	1,09	290,9	0,70	0,70	0,66	87,6	98,4	1,7
7	1,52	1,47	34,5	1,29	314,5	0,95	0,95	0,80	87,9	98,7	2,0
8	1,79	1,78	31,4	1,35	314,9	0,90	0,90	0,79	85,0	91,9	1,5
9к	1,45	1,45	40,9	0,93	256,9	0,95	0,95	0,94	90,0	90,3	1,5

Примітка: \* щодо вихідного напівфабрикату

В цілому найкращі розкрийні властивості шкіри забезпечуються у групах 2 і 3, оскільки порівняно з контрольним варіантом обробки підвищуються коефіцієнти рівномірності розподілу показників границя міцності при розтягу  $K\sigma_p$  та розтріскування лицьової поверхні  $K\sigma_n$  (відповідно на 2,0-3,0 %), відносного видовження при 10 МПа  $Kl_{10}$  (на 1,0 %). В інших випадках ці показники на рівні з контрольними або дещо гірші. При визначенні впливу умов обробки на вихід шкір по

товщині встановлено зменшення цього показника у групах 1, 3, 4, 6, та 8 на 0,3-5,0 % порівняно з контрольним. Разом з тим, у всіх випадках умови обробки дослідних шкір позитивно впливають на вихід по площі (підвищення показника на 1,6-8,4 % щодо контрольного), що пов'язано з різним характером розподілу та взаємодії застосованих матеріалів у структурі дерми. При оцінюванні гідрофобних характеристик готових шкір встановлено найбільший час поглинання краплі води ( $\geq 2,0$  год) для дослідних груп 1 та 3, що можна пояснити високою адгезією покриття внаслідок спорідненості матеріалів покривної фарби до поверхні шкіри.

**Висновки.** З метою оптимізації параметрів рідинного оздоблення розроблено математичну модель, яка адекватно описує вплив витрати матеріалів для нейтралізації, наповнювання та жирування на показники міцності, пружно-пластичних та гігієнічних властивостей, а також об'ємного виходу натуральної шкіри для верху взуття. З використанням комп'ютерного моделювання у середовищі програми MathCAD визначено такі умовно-оптимальні параметри як витрата синтану *Politan BN* при нейтралізації – 3,6 %, синтану *Retanal LMV* при подублюванні-наповнюванні – 4,5 %, співвідношення витрати жирувальних препаратів *Sulphirool C* та *CMX-473* – 70 : 30. Встановлено, що за цих параметрів можливе покращення таких важливих показників шкіри, як збільшення границі міцності при розтягу на 19,4%, відносного видовження при напруженні 10 МПа – на 3,4 %, абсолютної паропроникності – на 52,3 %, об'ємного виходу – на 21,7 % порівняно із традиційною обробкою. Подальші дослідження планується присвятити вивченню впливу умовно-оптимальних параметрів рідинного оздоблення на ергономічні та гігієнічні властивості готових шкір.

#### Література

1. Горбачов А. А., Кернер С. М., Андреева О. А., Орлова О. Д. *Основи створення сучасних технологій виробництва шкіри та хутра* : монографія. Київ : КНУТД, 2007. 190 с.
2. Inescope study on fatliquoring agent's environmental impact. Life ecofatting project life10 env/it/000364. Режим доступу: [http://www.pi.iccom.cnr.it/ecofatting/wp-content/uploads/2013/11/deliverable\\_action1-2\\_d5.pdf](http://www.pi.iccom.cnr.it/ecofatting/wp-content/uploads/2013/11/deliverable_action1-2_d5.pdf)
3. Leather International. Advances and modern techniques in fatliquoring and retanning. Режим доступу: <http://www.leathermag.com/features>
4. Wang Y. Synthesis, properties and application in leather colouration of novel polymeric dye based on hyperbranched poly (amine-ester). *JLSTC*. 2017. 101(4). P. 183–189.
5. Velmurugan P., Kannan S.K., Balachandar V., Lakshmanaperumalsamy P., Chae J. C. and Oha B. T. Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather.

#### References

1. Horbachov A. A., Kerner S. M., Andreieva O. A., Orlova O. D. *Osnovy stvorennia suchasnykh tekhnolohii vyrobnytstva shkiry ta khutra* [Basics of creating modern technologies for the production of leather and fur] : monohrafiia. Kyiv : KNUVD, 2007. 190 p. [in Ukrainian].
2. Inescope study on fatliquoring agents environmental impact. Life ecofatting project life10 env/it/000364. Retrieved from: [http://www.pi.iccom.cnr.it/ecofatting/wp-content/uploads/2013/11/deliverableaction1-2\\_d5.pdf](http://www.pi.iccom.cnr.it/ecofatting/wp-content/uploads/2013/11/deliverableaction1-2_d5.pdf) [in English].
3. Leather International. Advances and modern techniques in fatliquoring and retanning. Retrieved from: <http://www.leathermag.com/features> [in English].
4. Wang Y. Synthesis, properties and application in leather colouration of novel polymeric dye based on hyperbranched poly (amine-ester). *JLSTC*. 2017. 101(4). P. 183–189. [in English]
5. Velmurugan P., Kannan, S. K., Balachandar V., Lakshmanaperumalsamy P., Chae, J. C. and Oha, B. T. Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather. *Carbohydrate Polymers*. 2010. No 79 (2). P. 262–268. [in English].



- Carbohydrate Polymers*. 2010. No 79 (2). P. 262–268.
6. Jayakumar G. C., Sangeetha S., Sreeram K. J., Raghava Rao J., Unni Nair B. Metal organic based sytan for multi-stage leather processing. *JALCA*. 2015. 110 (9). P. 288–294.
7. Островская А. В. Латфуллин И. И. Аминоальдегидные смолы в кожевенном производстве. *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. №8. С. 179–181.
8. Брановицька С. В., Бондаренко С. Г., Данилкович А. Г., Сангінова О. В., Червінський В. О. Багатокритеріальна оптимізація процесу дублення за модифікованим методом Хука-Дживса. *Наукові вісти НТУУ «КПІ»*. 2014. №1. С. 99–105.
9. Bacardit A., Díaz G., Casas C., Olle L. Low Carbon products to design innovative leather processes. Part III: Optimization of an eco-friendly formulation using Tara. *JALCA*. 2015. 110 (9). P. 302–308.
10. Первая Н. В., Андреева О. А., Ніконова А. В., Сорока Ю. Ф., Лагодна К. М. Дослідження фізико-хімічних і технологічних властивостей препаратів для жирування шкіряного напівфабрикату. *Легка промисловість*. 2018. №3. С. 36–43.
11. Первая Н. В., Ніконова А. В., Андреева О. А. Дослідження впливу процесів рідинного оздоблення на властивості натуральної шкіри. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну «Технічні науки»*. 2019. (130) №1. С. 46-55. <https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.1.5>.
12. Балберова Н. А., Михайлов А. Н., Шуленкова Е. И., Кутьин В. А. *Справочник кожевника (Технология)*; под ред. Н. А. Балберовой. Москва : Легпромбытиздат, 1986. 272 с.
13. ТУУ 00302391-03-98. Шкіряний напівфабрикат Wet-blue. Технічні умови. Київ, 1998. 14 с.
14. Головтеева А. А., Куциди Д. А., Санкин Л. Б. *Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха* ; под ред. И. П. Страхова. Москва : Легкая индустрия, 1982. 312 с.
6. Jayakumar G. C., Sangeetha S., Sreeram K. J., Raghava Rao J., Unni Nair B. Metal organic based sytan for multi-stage leather processing. *JALCA*. 2015. 110 (9). P. 288–294. [in English].
7. Ostrovskaya, A. V. Latfullin I. I. Aminoal'degidnye smoly v kozhevnom proizvodstve [Aminoaldehyde resins in leather production]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. №8. P. 179–181. [in Russian].
8. Branovytska S. V., Bondarenko S. H., Danylkovych A. H., Sanhinova O. V., Chervinskyi V. O. Bahatokryterialna optymizatsiia protsesu dublennia za modyfikovanyim metodom Khuka-Dzhivsa [Multicriteria optimization of the tanning process using the modified Huck-Jevsy method]. *Naukovi visti NTUU «KPI»*. 2014. №1. P. 99–105. [in Ukrainian].
9. Bacardit A., Díaz G., Casas C., Olle L. Low Carbon products to design innovative leather processes. Part III: Optimization of an eco-friendly formulation using Tara. *JALCA*. 2015. 110 (9). P. 302–308. [in English].
10. Pervaia N. V., Andreieva O. A., Nikonova A. V., Soroka Yu. F., Lahodna K. M. Doslidzhennia fizyko-khimichnykh i tekhnolohichnykh vlastyvostei preparativ dlia zhyruvannia shkirianoho napivfabrykatu [Investigation of physical-chemical and technological properties of modern preparations for fatliquoring of semi-finished leather]. *Lehka promyslovist*. 2018. №3. P. 36–43. [in Ukrainian].
11. Pervaia N. V., Nikonova A. V., Andreieva O. A. *Doslidzhennia vplyvu protsesiv ridynnoho ozdoblennia na vlastyvosti naturalnoi shkiry* [Investigation of the influence of liquid finishing processes on properties of natural leather] «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design». 2019. (130) №1. С. 46-55. <https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.1.5>. [in Ukrainian].
12. Balberova N. A., Mikhaylov A. N., Shulenkova E. I., Kut'in V. A. *Spravochnik kozhevnik (Tekhnologiya)* [Tanner's Handbook (Technology)]; pod red. N. A. Balberovoy. Moskva : Legprombytizdat, 1986. 272 p. [in Russian].
13. ТУУ 00302391-03-98. Shkiriany napivfabrykat. Wet-blue. Tekhnichni umovy [Leather semi-finished product wet-blue. Specifications]. Kyiv, 1998. 14 p. [in Ukrainian].
14. Golovteeva A. A., Kutsidi D. A., Sankin L. B. *Laboratornyy praktikum po khimii i tekhnologii kozhi i mekha* [Laboratory Workshop on Chemistry and Technology of Leather and Fur]; pod red. I. P. Strakhova. Moskva : Legkaya industriya, 1982. 312 p. [in Russian].
15. Pinchuk S. I. Orhanizatsiia eksperymentu ta optymizatsiia tekhnolohichnykh system [Organization of

15. Пінчук С. І. Організація експерименту та оптимізація технологічних систем. Київ : Діва, 2008. 324 с.

16. Холоднов В. А., Лебедева М. Ю. Системный анализ и принятие решений. Решение задач оптимизации химико-технологических систем в среде Mathcad и Excel. Санкт-Петербург, 2005. 220 с.

the experiment and optimization of technological systems]. Kyiv Diva, 2008. 324 p. [in Ukrainian].

16. Kholodnov V. A., Lebedeva M. Yu. Systemnyi analiz y pryniatye reshenyi. Reshenye zadach optymyzatsyy khymyko-tekhnolohycheskykh system v srede Mathcad y Excel [System analysis and decision making. Solution of problems of optimization of chemical and technological systems in the environment of Mathcad and Excel]. Sankt-Peterburh, 2005. 220 p.

**PERVAIA N. V.**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5086-3926>

Scopus Author ID: 55976214600

Department of Design and Technologies of Leather Products,  
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**NIKONOVA A. V.**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8396-2664>

Department of Biotechnology, Leather and Fur,  
Kyiv National University of Technologies and  
Design, Ukraine

**ANDREYEVA O. A.**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8374-2306>

Scopus Author ID: 57189216288

Department of Biotechnology, Leather and Fur, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТНОЙ ОТДЕЛКИ КОЖИ

ПЕРВАЯ Н. В., НИКОНОВА А. В., АНДРЕЕВА О. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Определить оптимальные параметры жидкостной отделки натуральной кожи для верха обуви с использованием современных химических материалов: органического синтана на основе ароматических соединений Politan BN для нейтрализации, синтетического дубителя на основе меламина Retanal LMV для додубливания-наполнения, а также анионных жирозальных препаратов – SMX-473 и Sulphirol C для жирования.

**Методика.** Для реализации поставленной цели в исследовании использованы методы полного факторного эксперимента, компьютерного моделирования, органолептической оценки, химического и физико-механического анализа кожи.

**Результаты.** Получена адекватная модель, описывающая влияние параметров обработки на показатели хромовой кожи для верха обуви из козлыны. С помощью компьютерного моделирования с использованием программы MathCAD определены условно-оптимальные параметры, обеспечивающие рациональный расход химических материалов для нейтрализации, додубливания-наполнения и жирования, повышение качества готовой кожи.

**Научная новизна.** Установлена взаимосвязь между параметрами процессов жидкостной отделки и такими показателями качества кожи, как предел прочности при растяжении, относительное удлинение при напряжении 10 МПа, абсолютная паропроницаемость, объемный выход.

**Практическая значимость.** По результатам проведенного исследования установлены оптимальные параметры процессов жидкостной отделки (расход синтана Politan BN 3,6 % при нейтрализации, синтана Retanal LMV 4,5 % при додубливании-наполнении, соотношение 70:30 препаратов SMX-373 и Sulfirol C при жировании с общим расходом жира 5,0 %), обеспечивающие получение высококачественной хромовой кожи для верха обуви из козлыны. Определено, что по сравнению с традиционной обработкой, при их использовании возможно улучшение таких важных показателей кожи, как увеличение предела прочности при растяжении на 19,4%, относительного удлинения при напряжении 10 МПа - на 3,4%, абсолютной паропроницаемости - на 52,3 %, объемного выхода - на 21,7%.

**Ключевые слова:** жидкостная отделка, параметры, химические материалы, математическая модель, кожа, показатели.

## OPTIMIZATION THE PARAMETERS OF LIQUID FINISHING OF LEATHER

PERVAYA N. V., NIKONOVA A. V., ANDREYEVA O. A.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Determine the optimal parameters of liquid finishing of natural leather for uppers shoes using advanced chemical materials: organic syntan Politan BN based on the aromatic compounds for neutralization, synthetic retanning syntan Retanal LMV based on the melamine for retanning-filling and anionic fatliquor preparations – CMX-473 and Sulphirol C for fatliquoring.

**Methodology.** To achieve this purpose, the methods of a full factorial experiment, computer modeling, organoleptic assessment, and chemical and physical-mechanical analysis of the leather were used.

**Results.** An adequate model that describes the effect of processing parameters on indices of chrome goat leather for uppers shoes was obtained. With the use of computer program MathCAD, conditional-optimal parameters were determined that confirm the rational consumption of chemical materials for neutralization, retanning-filling and fatliquoring, improving quality of the finished leather. That, in turn, will improve the functional, consumer, production and economic requirements for products made of leather.

**Scientific novelty.** The relationship between the parameters of liquid finishing processes and the quality of the leather such as tensile strength, elongation at brake at 10 MPa, absolute vapor permeability, and yield volume are established.

**Practical value.** According to results of search, the optimal parameters of liquid finishing processes were established (consumption of syntan Politan BN at 3.6 % for neutralization, syntan Retanal LMV 4.5 % for retanning-filling, proportion of 70:30 preparations CMX-373 and Sulfirol C for fatliquoring at 5.0 % of total fat consumption) which provide high-quality of chrome goat leather for uppers shoes. It has been determined that in comparison with traditional treatment, it is possible to improve such important indices of leather as an increase of the tensile strength by 19.4 %, relative elongation at a pressure of 10 MPa - by 3.4 %, absolute vapor permeability - by 52.3 %, volume yield - by 21.7 %.

**Keywords:** liquid finishing, parameters, chemical materials, mathematical model, leather, indices.