

УДК 677.074/
076

¹ТРУБА А. А., ¹СВИДЛО О. С., ¹АРАБУЛІ С. І.,
¹АРАБУЛІ А. Т., ²КОВТОНЮК Л. М.

¹Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

²Житомирський технологічний фаховий коледж КНУБА, Україна

ВПЛИВ БАГАТОРАЗОВОГО ПРАННЯ НА ОПТИЧНІ ТА ЕКРАНУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН

Мета. Для виготовлення одягу літнього асортименту найчастіше використовуються бавовняні тканини. Такі тканини мають забезпечити естетичні показники, високий комфорт носіння та захист від негативного впливу ультрафіолетового (УФ) випромінювання. В той же час, вироби з цих тканин піддаються частим пранням, що негативно впливає на зовнішній вигляд одягу та його екрануючі властивості.

Методика. Теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях текстильного матеріалознавства. Оптичні властивості тканин оцінювались в кольоровому просторі Commission Internationale de l'Eclairage $L^*a^*b^*$ (CIELab) колориметром 3NH NR-20XE при випромінюванні D-65/10. Здатність тканин екранувати УФ-випромінювання оцінювалася за значеннями коефіцієнта пропускання (%) на UV-Vis спектрофотометрі DU-8800D (Drawell International Technology Ltd) відповідно до стандарту EN 13758-1:2002 з визначенням коефіцієнту захисту від ультрафіолету (UPF).

Результати. Проаналізовано сучасні заходи для захисту людини від УФ випромінювання. Встановлено, що одяг вважається одним з найефективніших засобів захисту шкіри людини від УФ, при цьому екрануючі властивості текстилю є визначальними. Досліджено вплив основних показників текстилю (хімічний склад волокна, пористість та колір) на рівень захисту 8 досліджених полотен від УФ випромінювання. Досліджено вплив багаторазового прання на оптичні та екрануючі властивості бавовняних тканин.

Наукова новизна. Експериментально доведено, що багаторазове прання бавовняних тканин призводить до видимих змін у оптичних та структурних властивостях полотен. Встановлено, що найбільш інформативним параметром для встановлення ефекту «циклів прання» на оптичні (колір) та екрануючі властивості є параметр L^* – світлота. Одержані дані підтверджують гіпотезу, про те, що зменшення значення параметру L^* призводить до зниження значення коефіцієнту пропускання УФ випромінювання (коефіцієнт кореляції становить 0,9).

Практична значимість. Узагальнено вплив структурних та оптичних властивостей текстильних матеріалів на здатність останніх екранувати УФ випромінювання. Встановлені залежності між оптичними та екрануючими властивостями бавовняних тканин за результатами впливу багаторазового прання.

Ключові слова: бавовна; текстиль; захист; електромагнітне випромінювання; УФ випромінювання; оптичні властивості; колір; багаторазове прання.

Вступ. Вплив випромінювання залежить від його довжини хвилі. Енергія випромінювання обернено пропорційна довжині хвилі, тобто із зменшенням довжини хвилі енергія зростає. У випадку з УФ випромінюванням ця тенденція зберігається: УФ випромінювання з найкоротшою довжиною хвилі має найвищий руйнівний потенціал для живих організмів. Це наочно ілюструє УФ-В випромінювання з довжиною хвилі 300 нм, яке приблизно в 600 разів біологічно ефективніше руйнує тканини ока, ніж УФ-А випромінювання з довжиною хвилі 325 нм. При цьому, чим довша хвиля, тим глибше в живу тканину може проникати випромінювання. Таким чином, глибина пошкоджень визначається довжиною хвилі (жорсткістю) УФ випромінювання, тривалістю, інтенсивністю та площею впливу.

Атмосферний озоновий шар є природним захисним бар'єром від найбільш патогенного УФ випромінювання, затримуючи небезпечний УФ-С спектр, не пропускаючи його до

поверхні Землі. Концентрація озону у верхніх атмосферних шарах різниться залежно від місця, пори року і доби і визначає, який відсоток УФ-В і УФ-А променів досягає поверхні Землі. Стоншення озонового шару призвело до того, що до поверхні Землі стало проходити більше УФ-променів. За оцінками вчених до 2050 р. внаслідок заборони широкого застосування хлорфторвуглецю (аерозолів у балончиках) озоновий шар має значною мірою відновитися. Але проблема захисту організму людини від негативної дії УФ випромінювання спектра УФ-А та УФ-В залишається актуальною, особливо в літню пору року. За результатами попередніх досліджень, оформлених в національних та міжнародних рекомендаціях, виділено 5 основних заходів для захисту людини від УФ випромінювання [1]:

- використання одягу, який максимально покриває поверхню тіла людини;
- використання сонцезахисного крему з SPF 30+;
- використання головних уборів, які максимально закривають поверхню голови та шиї;
- знаходження в тіні;
- використання сонцезахисних окулярів.

Одяг можна вважати одним з найважливіших засобів захисту шкіри людини від УФ. Ефективність захисту одягу може бути оцінена за показниками: властивості текстилю та конструкція одягу.

УФ випромінювання, що проходить через текстиль, складається з хвиль, які безпосередньо проходять через пори тканини, і розсіяних хвиль, які взаємодіють із структурними елементами тканини [2]. Показник, який фактично характеризує здатність текстилю блокувати УФ випромінювання у діапазоні УФ-А і УФ-В є, так званий, коефіцієнт захисту від УФ випромінювання (UPF). Вище значення коефіцієнту UPF вказую на більш ефективне екранування УФ випромінювання [3]. Таким чином, тільки текстиль зі значенням UPF від 40 до 50+ може бути класифікований і віднесений до текстилю з відмінним захистом від УФ випромінювання. Виходячи з цього критерію, всі ТМ з рейтингом UPF 10, класифікуються як непридатні для верхнього одягу з носінням на відкритому повітрі.

За даними попередніх досліджень [4, 5] основними показниками текстилю, які впливають на рівень захисту від УФ випромінювання, є: хімічний склад волокон; щільність переплетення; колір; розтягнення; вологість; оздоблення.

Традиційно бавовняний одяг є найпопулярнішим одягом влітку, коли захист від УФ випромінювання є найбільш затребуваний. Використання бавовняного текстилю в одязі для літа зумовлено високими естетичними (різноманіття кольорового оздоблення) та гігієнічними властивостями останнього, що забезпечує оптимальний комфорт носіння. В той же час, вироби з бавовняних тканин піддаються частим пранням, що негативно впливає на зовнішній вигляд тканин (оптичні властивості) та їх здатність захищати тіло людини від негативної дії УФ випромінювання.

Враховуючи вище викладене, метою дослідження є встановлення впливу оптичних та експлуатаційних властивостей бавовняних тканин на їх екрануючу здатність щодо дії УФ випромінювання.

Постановка завдання. Нефарбовані або вибілені тканини забезпечують набагато нижчий захист від УФ випромінювання порівняно з пофарбованими тканинами. Барвники реагують як добавки; вони підвищують здатність захисту від УФ [6]. У процесі відбілювання видаляються природні пігменти, які діють як поглиначі УФ випромінювання, що впливає на здатність бавовняних тканин поглинати УФ [7]. Серед дослідників існує гіпотеза про те, що відтінок барвника відповідає за захист тканини від УФ, але це є предметом обговорення. Так, в роботі [8] вивчався вплив чотирнадцяти прямих барвників на рівень UPF бавовняних тканин. Встановлено, що колір (відтінок) не пов'язаний з UPF: тканини, пофарбовані барвником

(червоний 28, червоний 24, червоний 80), мали однаковий відтінок і при однаковій концентрації мали різні значення UPF. Крім того, чорна тканина в цьому дослідженні не мала найвищого значення UPF, незважаючи на загально визнаний факт, що більш темні кольори (такі як чорний, темно-синій, темно-зелений, червоний) на тканині одного типу поглинають УФ випромінювання сильніше, ніж світлі пастельні відтінки [9, 10]. Wilson та ін. [7] дійшли висновку, що чорні тканини зазвичай пропускають на 20% менше УФ випромінювання, у порівнянні з ідентичною тканиною білого кольору. В іншій роботі [10] досліджували взаємозв'язок між коефіцієнтом пропускання УФ випромінювання (%) та кольором. Було встановлено, що глибина кольору, а не колір як такий, є основною характеристикою кольору, який впливає на пропускання УФ випромінювання. Найкращий опис зв'язку між кольором і пропусканням УФ випромінювання забезпечили компоненти L^* і b^* системи LAB. Робота [11] присвячена дослідженню впливу структури та кольору бавовняних тканин, фарбованих прямими барвниками (червоний, синій морський і чорний), вибілених та з природним пігментом (брудно-білий). Порівняння UPF тканин однакової конструкції, але різного кольору проводилося для тканин полотняного, саржевого та сатинового переплетення та за трьома різними рівнями щільності тканини ($55\% \div 65\%$, $65\% \div 75\%$, $75\% \div 85\%$). Для сатинових і саржевих тканин з високою щільністю ткацтва, де вплив відкритої пористості зведено до мінімуму, результати показують, що всі фарбовані тканини мають чудовий захист від ультрафіолету ($UPF = 1000$), а тканини сатинового переплетення з природним пігментом мали $UPF = 50$. UPF вибіленої сатинової тканини становив 15. Компонент L^* кольору тканини був приблизно 93, 86, 44, 31 і 17 для білої, брудно-білої, червоної, синьої морської та чорної тканин відповідно. Попередня гіпотеза про те, що значення L^* для фарбованих тканин має бути менше 38 для створення тканини з хорошим захистом від УФ променів, не працює у випадку з білою сатиною тканиною, де $L^* = 93$, а тканина продемонструвала хороший захист від УФ. Також результати показали, що не встановлено достовірних відмінностей в значеннях UPF між червоними, синіми та чорними тканинами саржевого та сатинового переплетення. При цьому, в значеннях UPF була величезна різниця між вибіленими тканинами з одного боку та кольоровими тканинами з іншого. Загальний висновок цього дослідження полягає у тому, що на значення UPF бавовняних тканин, фарбованих прямими барвниками, впливають компоненти кольору (L^* , a^* , b^*), щільність тканини та тип переплетення.

Матеріали та методи досліджень. Як об'єкти дослідження були обрані 8 бавовняних тканин полотняного переплетення з поверхневою густиною 120 г/м^2 , товщиною 0,37 мм, числом ниток на 100 мм: по основі – 300, по утку – 200, поверхневою пористістю – 30,3%. Тканини відрізнялися кольором. Оптичні та екрануючі властивості полотен досліджувалися до та після 1, 5, 20 циклів прання. Зміна структурних характеристик текстильних матеріалів після 5 та 20 циклів прання наведені в табл. 1.

Оптичні властивості тканин оцінювались в кольоровому просторі Commission Internationale de l'Éclairage $L^*a^*b^*$ (CIE Lab) колориметром 3NH NR-20XE при випромінюванні D-65/10. Система CIE Lab – це кольоровий простір хроматичних значень, що дозволяє вимірювати значення та насиченість за трьома координатами (рис. 1) [12]:

- L^* – насиченість білого кольору, що вимірюється від чорного (0) до білого (100);
- a^* – колір у координатах червоного ($a^* > 0$) та зеленого ($a^* < 0$);
- b^* – колір у координатах жовтого ($b^* > 0$) та синього ($b^* < 0$).

Диференційований аналіз загального колірною розходження 8 гладкофарбованих бавовняних тканин полотняного переплетення до та після 20 циклів прання, у системі CIE Lab проводився за наступними колориметричними показниками [12]:

- хроматичність (насиченість) кольору: $C = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$;
- відтінок кольору (колірний тон): $H = \arctg(a^*/b^*)$;

- світлота: $L^* = 25 \left[100(y/y_0)^{1/3} \right] - 16$;
- кольорова різниця (різниця кольорового тону): $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$.

Таблиця 1

Зміна структурних характеристик бавовняних тканин полотняного переплетення після 5 та 20 циклів прання

Зовнішній вигляд тканини	Колір	Поверхнева пористість, [%]		Зміна лінійних розмірів, основа/уток, [%]	
		5 циклів прання	20 циклів прання	5 циклів прання	20 циклів прання
	білий	27,3	32,9	9/4	9/4
	жовтий	27,3	32,8	9/4	9/4
	бежевий	27,3	32,8	8/3	8/3
	м'ятний	27,0	32,8	9/4	9/4
	рожевий	27,3	31,8	8/3	8/3
	блакитний	27,3	31,8	8/4	8/4
	червоний	27,2	32,4	9/3	9/3
	чорний	27,2	32,8	8/3	8/3

Здатність текстильних матеріалів екранувати УФ-випромінювання оцінювалася за значеннями коефіцієнта пропускання (%) в певному діапазоні довжин хвиль на UV-Vis спектрофотометрі DU-8800D (Drawell International Technology Ltd) (рис. 2). Прилад призначений для визначення екрануючих властивостей текстильних матеріалів від неіонізуючого електромагнітного випромінювання в діапазоні хвиль 190–1100 нм (ультрафіолетовий, видимий та інфрачервоний спектр).

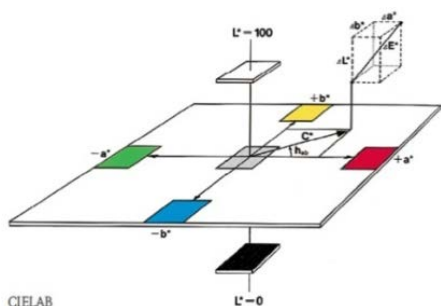


Рис. 1. Тривимірна система CIE Lab [12]

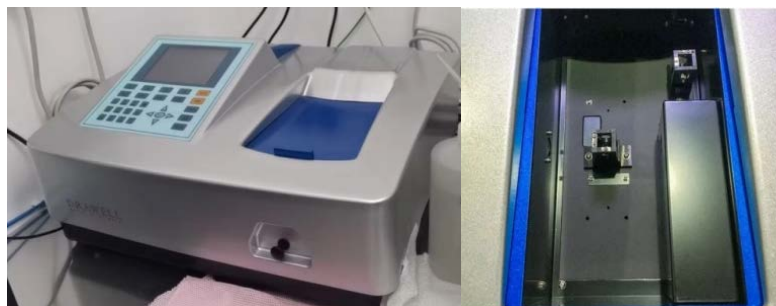


Рис. 2. UV-Vis спектрофотометр DU-8800D (Drawell International Technology Ltd)

Коефіцієнт захисту від ультрафіолету (UPF) визначався відповідно до стандарту EN 13758-1:2002 Textiles. Solar UV protective properties. Method of test for apparel fabrics. Відповідно до стандарту AS /NZ 4399:1996 Sun protective clothing – Evaluation and classification текстиль для захисту від УФ випромінювання класифікується відповідно до рейтингу UPF:









Рейтинг UPF	Категорія захисту від ультрафіолету
0, 5, 10	«не захищає»
15, 20	«хороший захист»
25, 30, 35	«дуже хороший захист»
40, 45, 50, 50+	«відмінний захист»

Результати дослідження.

Оптичні властивості. В системі CIELab колір визначається світлотою (L^*), хроматичними компонентами: параметром a^* , який змінюється в діапазоні від зеленого до червоного, і параметром b^* , який змінюється в діапазоні від синього до жовтого, а також насиченістю (C^*) та відтінком кольору (H^*). Кольорові характеристики 8 гладкофарбованих бавовняних тканин полотняного переплетення до і після 20 циклів прання наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна кольорових характеристик бавовняних тканин полотняного переплетення до та після 20 циклів прання (Система CIELab) [13]

Колір тканини	Кількість циклів прання	Параметр					
		L^*	a^*	b^*	C^*	H^*	ΔE
 білий	0	94,52	0,38	2,40	2,43	80,91	
	20	92,17	-2,47	1,47	2,87	149,24	
	Δ	-2,35	-2,85	-0,93	0,44	2,97	3,81
 жовтий	0	76,92	11,91	62,66	63,78	79,24	
	20	74,81	8,54	64,75	65,31	82,49	
	Δ	-2,12	-3,37	2,09	1,53	3,66	4,49
 бежевий	0	75,07	6,61	13,84	15,33	64,48	
	20	73,75	3,76	13,52	14,04	74,46	
	Δ	-1,33	-2,84	-0,31	-1,30	2,55	3,15
 м'ятний	0	70,12	-7,20	-0,03	7,20	180,24	
	20	68,96	-8,52	-0,16	8,52	181,09	
	Δ	-1,15	-1,31	-0,13	1,32	0,12	1,75
 рожевий	0	70,05	21,78	10,95	24,38	26,77	
	20	68,35	18,31	9,74	20,74	28,01	
	Δ	-1,69	-3,47	-1,21	-3,64	0,52	4,05
 блакитний	0	65,71	-1,41	-17,20	17,26	265,33	
	20	63,39	-2,14	-17,87	17,99	263,16	
	Δ	-2,31	-0,74	-0,67	0,74	-0,67	2,52
 червоний	0	42,88	52,03	26,15	59,13	26,25	
	20	38,50	50,04	27,01	56,86	28,36	
	Δ	4,38	-2,99	0,85	-2,27	2,13	5,37
 чорний	0	20,70	0,27	-2,26	2,28	276,68	
	20	17,72	0,78	-2,24	2,37	289,22	
	Δ	-2,99	0,51	0,03	0,09	0,51	3,03

Встановлено, що для 8 зразків тканин після 20 циклів прання хроматичні параметри a^* і b^* незначно змінюються від вихідного кольору (від зеленого до червоного або від синього до жовтого). Дослідження показали, що найбільш інформативний для встановлення ефекту «циклів прання» на оптичні властивості (колір) може бути використаний параметр L^* – світлота. Встановлено, що прання бавовняних тканин не призводить до статистично значимих зміни в кольорах полотен, хоча спостерігається тенденція до «потемніння» кольору кожного зразка, що продемонстровано на рис.3.

За даними [14] найбільш інформативним для оцінки зміни кольору в системі CIELab є параметр ΔE – кольорова різниця, який є комплексним та враховує зміну світлоти та двох кольорових компонент зразка a^* і b^* . При цьому, загально прийнято рахувати, що:

- кольорова різниця «невидима» якщо $\Delta E = 0,0 \div 1,0$;
- кольорова різниця «легко видима» якщо $\Delta E = 1,0 \div 2,0$;
- кольорова різниця «видима» якщо $\Delta E = 2,0 \div 4,0$;
- кольорова різниця «добре видима» якщо $\Delta E = 4,0 \div 10,0$;
- кольорова різниця «велика» якщо $\Delta E = > 10,0$.

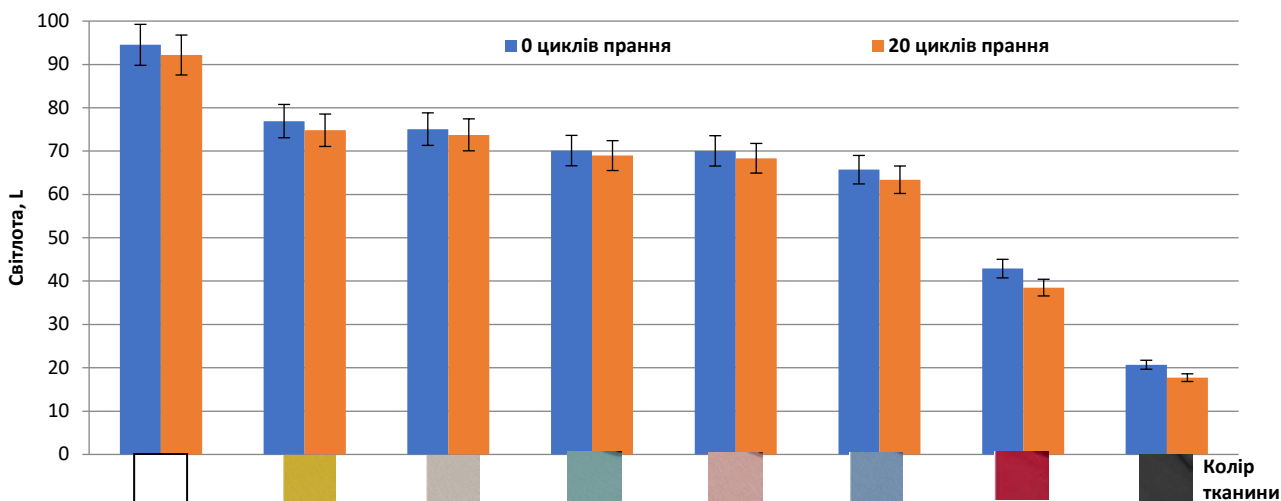


Рис. 3. Світлота зразків бавовняних тканин полотняного переплетення до та після 20 циклів прання

Як видно з даних табл. 2, кольори зразків бавовняних тканин після 20 циклів прання візуально відрізняються від кольорів вихідних полотен (0 циклів прання). Кольорова різниця ΔE досліджених тканин знаходиться в межах від 1,75 до 5,37. Найбільш відчутні зміни в кольорі – «кольорова різниця добре видима» – спостерігаються в тканинах пофарбованих у рожевий, жовтий та червоний колір, відповідно.

Екрануючі властивості. Спектральні характеристики пропускання УФ випромінювання 8 гладкофарбованими бавовняними тканинами до прання наведені на рис. 4.

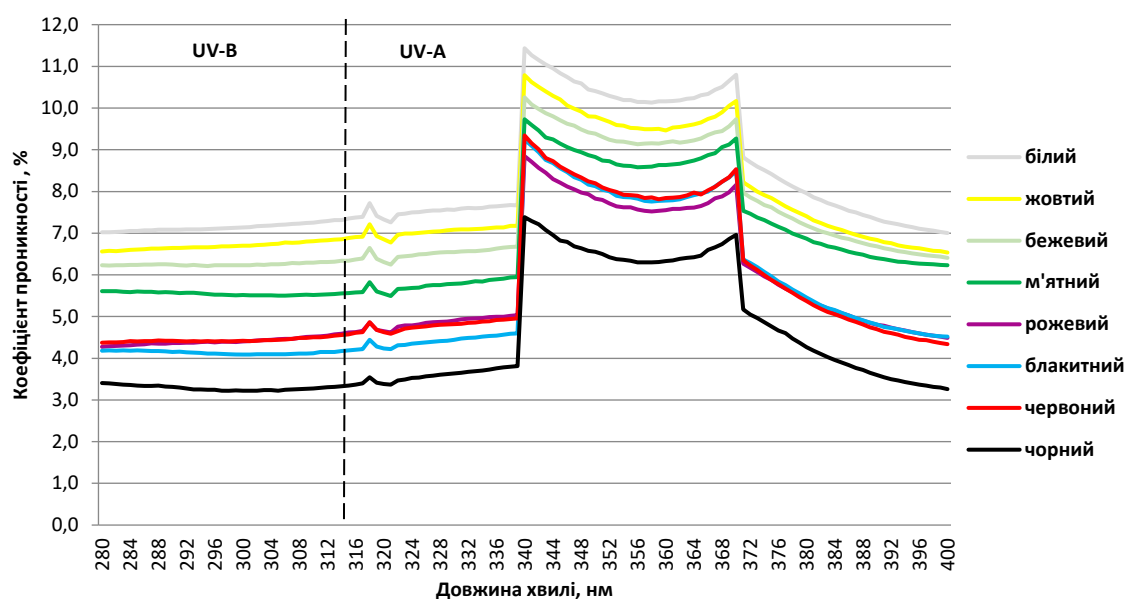










Рис. 4. Спектральні характеристики 8 гладкофарбованих бавовняних тканин полотняного переплетення до прання

За умови однаковості структурних характеристик 8 тканин, які відрізняються тільки кольором, спостерігається тенденція підвищення здатності текстильних матеріалів до екранування УФ випромінювання зі зменшенням значення параметру L^* – світлота. При цьому, тканини білого, жовтого, бежевого та м'ятного кольорів мають рівень UPF 0 – 10, що вказує на відсутність здатності цих тканин захищати тіло людини від негативної дії УФ випромінювання, і відносяться до категорії тканин, які «не захищають» (табл. 3). В свою чергу, тканини рожевого, блакитного, червоного та чорного кольорів відносяться за показником UPF до тканин з «хорошим захистом». Слід відмітити, що чорна тканина має найкращу здатність до екранування УФ випромінювання (табл. 3). Одержані дані підтверджують гіпотезу, яка є популярною серед дослідників, про те, що зменшення значення параметру L^* призводить до зниження значення коефіцієнту пропускання УФ випромінювання (коефіцієнт кореляції становить 0,9).

Таблиця 3

**Коефіцієнт захисту від ультрафіолету (UPF) 8 гладкофарбованих бавовняних тканин
 полотняного переплетення до прання**

Зовнішній вигляд тканини	Колір	Коефіцієнт пропускання (T) в області УФВ, [%]	Коефіцієнт пропускання (T) в області УФА, [%]	Рівень UPF	Категорія захисту від ультрафіолету
	білий	7,15	8,67	0 – 10	«не захищає»
	жовтий	6,69	8,11	0 – 10	«не захищає»
	бежевий	6,25	7,74	0 – 10	«не захищає»
	м'ятний	5,55	7,23	0 – 10	«не захищає»
	рожевий	4,41	6,07	15 – 20	«хороший захист»
	блакитний	4,14	6,06	15 – 20	«хороший захист»
	червоний	4,44	6,15	15 – 20	«хороший захист»
	чорний	3,29	4,82	15 – 20	«хороший захист»

З попередніх досліджень відомо, що такий експлуатаційний фактор для тканин літнього асортименту як прання, є дуже впливовим на оптичні, гігієнічні, а, відповідно, і на екрануючі властивості полотен. Адже після нього тканина зазнає комплекс змін – механічних, хімічних, фізико-хімічних, фізико-механічних тощо В роботі було досліджено зміну екрануючих властивостей полотен протягом 1, 5 та 20 циклів прання. Результати визначення коефіцієнта проникності для 8 зразків тканин наведені на рис. 5 (а-з). Для всіх тканин спостерігається тенденція зменшення коефіцієнту проникності УФ випромінювання через структуру після 1 та 5 циклів прання. Найкраща здатність всіх тканин до екранування спостерігається після 5 циклів прання. Це пов'язано з усадкою полотен у напрямку основи та утоку (табл. 1), що призводить до зменшення поверхневої (наскрізної) пористості полотен (в проміжку від 27,0% до 27,3%) у порівнянні з пористістю зразків до прання (30,4%). Зменшення наскрізної пористості полотен призводить до зменшення проникності УФ випромінювання.

Після 20 циклів прання коефіцієнт проникності в усіх зразках збільшився. Це може бути пояснено зношуванням тканин, а саме частковим руйнуванням тканини та її структурних елементів внаслідок фізико-хімічних факторів, а саме: зменшення лінійної густини ниток основи та утоку, поверхневої густини тканини та відповідне збільшення поверхневої (наскрізної) пористості полотен: від 30,4% у вихідних полотен до 32,9% у полотен після 20 циклів прання. Слід відмітити, що після 20 циклів прання значення коефіцієнтів пропускання УФ випромінювання для всіх досліджуваних полотен відповідає рівню UPF 0 – 10, що вказує на втрату здатності цих тканин захищати тіло людини від негативної дії УФ випромінювання, і класифікувати їх, як такі, що «не захищають» від даного виду випромінювання.

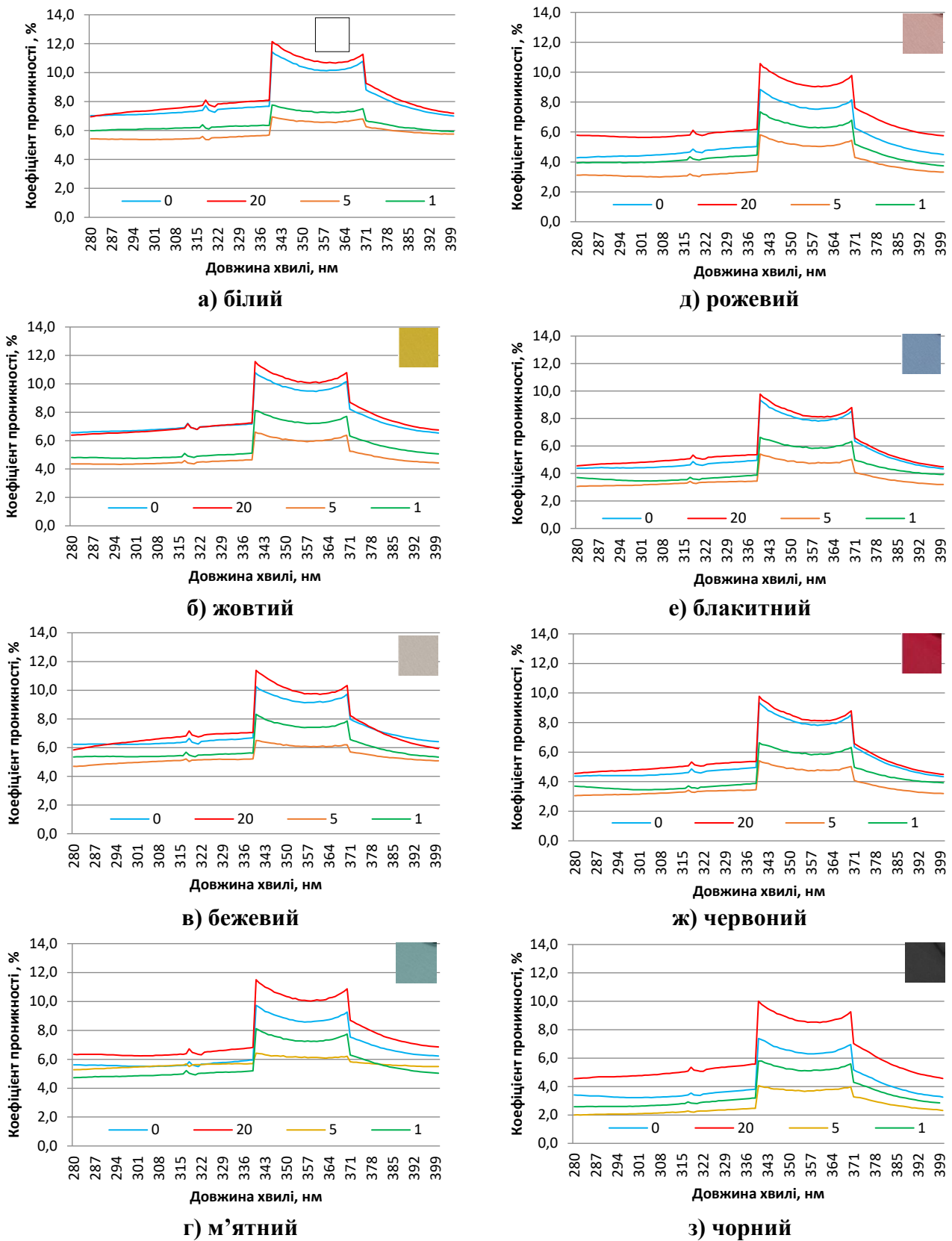


Рис. 5. Залежності коефіцієнта пропускання (Т, %) в різних областях УФ випромінювання для зразків бавовняних тканин після 0, 1, 5 та 20 циклів прання

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що хімічний склад полотен, їх структурні та оптичні властивості впливають на здатність текстильних матеріалів утворювати бар'єр для проникнення ультрафіолетового випромінювання. За умови однаковості структурних характеристик бавовняних тканин, які відрізняються тільки кольором, спостерігається тенденція підвищення здатності полотен до екранування УФ випромінювання зі зменшенням значення параметру L^* – світлота. При цьому, тканини білого, жовтого, бежевого та м'ятого кольорів мають рівень UPF 0 – 10, що вказує на відсутність здатності у цих тканин захищати тіло людини від негативної дії УФ випромінювання, і відносяться до категорії тканин, які «не захищають». Тканини рожевого, блакитного, червоного та чорного кольорів відносяться за показником UPF до тканин з «хорошим захистом». Одержані дані підтверджують гіпотезу про те, що зменшення значення параметру L^* призводить до зниження значення коефіцієнту пропускання УФ випромінювання (коефіцієнт кореляції становить 0,9).

Експлуатаційний фактор як прання, є дуже впливовим на оптичні, гігієнічні, а, відповідно, і на екрануючі властивості полотен. Адже після нього тканина зазнає комплекс змін – механічних, хімічних, фізико-хімічних, фізико-механічних тощо. Встановлено, що після 20 циклів прання значення коефіцієнтів пропускання УФ випромінювання для всіх досліджуваних полотен відповідає рівню UPF 0 – 10, що вказує на втрату здатності цих тканин захищати тіло людини від негативної дії УФ випромінювання, і класифікувати їх, як такі, що «не захищають». Це спричинено зношуванням тканин, а саме частковим руйнуванням тканини та її структурних елементів внаслідок фізико-хімічних факторів, а саме: зменшення лінійної густини ниток основи та утку, поверхневої густини тканини та відповідне збільшення поверхневої (наскрізної) пористості полотен.

References

1. Official website of the World Health Organization. URL: https://www.who.int/uv/uv_and_health/
2. Abidi, N., Hequet, E., Tarimala, S., Dai, L. L. (2007). Cotton fabric surface modification for improved UV radiation protection using sol-gel process. *Journal of Applied Polymer Science*, No. 104, P. 111–117.
3. Dubrovski, P. D., Golob, D. (2009). Effects of woven fabric construction and color on ultraviolet protection. *Textile Research Journal*, No. 79, P. 351–359.
4. Gies, P. H., Roy, C. R., Toomey, S., McLennan, A. (1998). Protection against solar ultraviolet radiation. *Mutation Research*, No. 422, P. 15–22.
5. Arabuli, S. I., Arabuli, A. T., Truba, V. S., Levytska, D. R. (2020). Doslidzhennia ekranuiuchykh vlastyvoستي tekstylnykh materialiv shchodo dii ultrafioletovoho vuprominiuvannia [Investigation of textile materials shielding properties to the effects of UV radiation]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriya Tekhnichni nauky = Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Series Technical Sciences*, No. 6 (152), P. 19–28 [in Ukrainian].
6. Arabuli, S. I., Vlasenko, V. I., Truba, A. A., Arabuli, A. T. (2022). Zakhyst vid shkidlyvoho ultrafioletovoho

Література

1. Official website of the World Health Organization. URL: https://www.who.int/uv/uv_and_health/
2. Abidi N., Hequet E., Tarimala S., Dai L. L. Cotton fabric surface modification for improved UV radiation protection using sol-gel process. *Journal of Applied Polymer Science*. 2007. No. 104. P. 111–117.
3. Dubrovski P. D., Golob D. Effects of woven fabric construction and color on ultraviolet protection. *Textile Research Journal*. 2009. No. 79. P. 351–359.
4. Gies P. H., Roy C. R., Toomey S., McLennan A. Protection against solar ultraviolet radiation. *Mutation Research*. 1998. No. 422. P. 15–22.
5. Арабулі С. І., Арабулі А. Т., Труба В. С., Левицька Д. Р. Дослідження екрануючих властивостей текстильних матеріалів щодо дії ультрафіолетового випромінювання. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки*. 2020. № 6 (152). С. 19–28.
6. Арабулі С. І., Власенко В. І., Труба А. А., Арабулі А. Т. Захист від шкідливого

- випромінювання: практичне застосування кубових барвників для функціоналізації бавовняних тканин [Protection against harmful UV radiation: practical application of vat dyes for functionalization of cotton fabrics]. *Industria mody = Fashion Industry*, No. 3–4, P. 53–61 [in Ukrainian].
7. Wilson, C. A., Bevin, N. K., Laing, R. M., Niven, B. E. (2008). Solar protection – Effect of selected fabric and use characteristics on UV transmission. *Textile Research Journal*, No. 78, P. 95–104.
8. Hatch, K. L., Osterwalder, U. (2006). Garments As Solar Ultraviolet Radiation Screening Materials. *Dermatologic Clinics*, Vol. 24, No. 1, P. 85–100.
9. Yallambie, V. (2003). Resource Guide for UV Protective Products – Information Section, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency.
10. Willson, C. A., Gies, P. H., Niven, B. E., McLennan, A., Bevin, N. K. (2008). The Relationship between UV Transmittance and Colour Visual Description and Instrumental Measurement. *Textile Research Journal*, Vol. 78, No. 2, P. 128–137.
11. Dubrovski, D. P., Brezocnik, M. (2009). Prediction of the Ultraviolet Protection of Cotton Woven Fabrics Dyed with Reactive Dyestuffs. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 1, P. 55–59.
12. Gilchrist, A., Nobbs, J. (2017). *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, Publishing, Elsevier, University of Leeds.
13. Truba, A. A., Arabuli, S. I. (2023). Vplyv bahatorazovoho prannia na optychni vlastyvoli bavovnianykh tkanyn [The influence of repeated washing on the optical properties of cotton fabrics]. *Zbirnyk materialiv VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii tekstylnykh ta feshn tekhnolohii KyivTex&Fashion = Collection of materials of the VII International Scientific and Practical Conference of Textile and Fashion Technologies KyivTex&Fashion*, October 19, 2023, Kyiv]. Kyiv: KNUTD. P. 226–228 [in Ukrainian].
14. Matusiak, M., Walawska, A., Sybilska, W. (2017). Comparison of Spectrophotometric and Digieye Colour Measurements of Woven Fabrics. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, No. 27, P. 53–59.
- ультрафіолетового випромінювання: практичне застосування кубових барвників для функціоналізації бавовняних тканин. *Індустрія моди*. 2022. № 3–4. С. 53–61.
7. Wilson C. A., Bevin N. K., Laing R. M., Niven B. E. Solar protection – Effect of selected fabric and use characteristics on UV transmission. *Textile Research Journal*. 2008. No. 78. P. 95–104.
8. Hatch K. L., Osterwalder U. Garments As Solar Ultraviolet Radiation Screening Materials. *Dermatologic Clinics*. 2006. Vol. 24, No. 1. P. 85–100.
9. Yallambie V. Resource Guide for UV Protective Products – Information Section, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2003.
10. Willson C. A., Gies P. H., Niven B. E., McLennan A., Bevin N. K. The Relationship between UV Transmittance and Colour Visual Description and Instrumental Measurement, *Textile Research Journal*. 2008. Vol. 78, No. 2. P. 128–137.
11. Dubrovski D. P., Brezocnik M. Prediction of the Ultraviolet Protection of Cotton Woven Fabrics Dyed with Reactive Dyestuffs. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2009. Vol. 17, No. 1. P. 55–59.
12. Gilchrist A., Nobbs J. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, Publishing, Elsevier, University of Leeds, 2017.
13. Труба А. А., Арабулі С. І. Вплив багаторазового прання на оптичні властивості бавовняних тканин. *Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій KyivTex&Fashion*, 19 жовтня 2023 р., м. Київ. Київ: КНУТД, 2023. С. 226–228.
14. Matusiak M., Walawska A., Sybilska W. Comparison of Spectrophotometric and Digieye Colour Measurements of Woven Fabrics. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*. 2017. No. 27. P. 53–59.

TRUBA ANASTASIIA

PhD Student, Department of Fashion Technology,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
E-mail: truba.aa@knutd.edu.ua

ARABULI SVITLANA

PhD, Associate Professor, International Institute of
Postgraduate and Doctoral Studies, Kyiv National
University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1049-8255>
Scopus Author ID: 54405479200
E-mail: arabuli.si@knutd.edu.ua

KOVTONYUK LIUDMYLA

Higher category teacher,
Zhytomyr Technological Professional College
of KNUCA, Ukraine
E-mail: kovtonukluda69@gmail.com

SVYDLO OLEKSANDR

PhD Student, Department of Fashion and Style,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
E-mail: svydlo.os@knutd.edu.ua

ARABULI ARSENI

PhD, Associate Professor, Department of Fashion
and Style, Kyiv National University
of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2583-4998>
Scopus Author ID: 23093245500
E-mail: arabuli.a@knutd.edu.ua

¹TRUBA A. A., ¹SVYDLO O. S., ¹ARABULI S. I., ¹ARABULI A. T., ²KOVTONYUK L. M.

¹Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

²Zhytomyr Technological Professional College of KNUCA, Ukraine

**EFFECT OF MULTIPLE WASHING ON THE OPTICAL AND SHIELDING
PROPERTIES OF COTTON FABRICS**

Purpose. Cotton fabrics are most often used for the production of summer clothing. Such fabrics should provide aesthetic performance, high wearing comfort and protection from the negative effects of ultraviolet (UV) radiation. At the same time, products made from these fabrics are subject to frequent washing, which can negatively affect the appearance of the clothing and the shielding properties of the fabrics.

Methodology. Theoretical and experimental studies are based on the basic principles of textile materials science. The optical properties of fabrics were evaluated in the Commission Internationale de l'Éclairage L*a*b* (CIELab) color space using a 3NH NR-20XE colorimeter at D-65/10 radiation. The ability of fabrics to shield UV radiation was evaluated by the values of the transmittance (%) on a DU-8800D UV-Vis spectrophotometer (Drawell International Technology Ltd) in accordance with the EN 13758-1:2002 standard with the determination of the ultraviolet protection factor (UPF).

Results. Modern measures for protecting humans from UV radiation were analyzed. It has been established that clothing is considered one of the most effective means of protecting human skin from UV, while the shielding properties of textiles are decisive. The influence of the main indicators of textiles (chemical composition of fibers, porosity and color) on the level of protection of 8 investigated fabrics against UV radiation was studied. The effect of repeated washing on the optical and shielding properties of cotton fabrics was studied.

Scientific novelty. It has been experimentally proven that multiple washing of cotton fabrics leads to visible changes in the optical and structural properties of the fabrics. It has been established that the most informative parameter for establishing the effect of "washing cycles" on optical (color) and screening properties is the parameter L* – lightness. The obtained data confirm the hypothesis that a decrease in the value of the parameter L* leads to a decrease in the value of the UV radiation transmittance (the correlation coefficient is 0.9).

Practical value. The influence of structural and optical properties of textile materials on their ability to shield UV radiation is summarized. Dependencies between the optical and shielding properties of cotton fabrics based on the results of multiple washings are established.

Keywords: cotton; textiles; protection; electromagnetic radiation; UV radiation; optical properties; color; multiple washing.