

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ШОРСТКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Обґрунтовано доцільність використання показника шорсткості поверхні для оцінки властивостей ковзання підкладкових тканин та вибрано параметри виконання досліджень шорсткості текстильних матеріалів шляхом обробки сканованих зображень зразків тканини в середовищі Rhinoceros. Розроблена методика та скрипти для обробки сканованих зображень зразків тканини в середовищі Rhinoceros, які дозволяють визначити параметри шорсткості у напіваавтоматичному режимі.

Ключові слова: тертя, шорсткість, коефіцієнт тангенційного опору, базова довжина.

O.V. ZAKHARKEVICH
Khmelnitsky National University

METHOD OF DETERMINATION FABRICS ROUGHNESS CHARACTERISTICS

Abstract – This work proves the possibility to use the fabrics roughness to evaluate its smoothness. Two parameters (Ra, Rmax) were used to reflect fabric surface roughness characteristics. Special script "Roughness" was written to measure these parameters. The script and scanned images of tissue samples were used in 3D computer graphics software Rhinoceros to evaluate the lining fabrics' roughness.

Sampling length was determined according to the results of scripts' work and standard requirements. In accordance with it the sample dimensions were recommended. Developed method and script were tested by comparing the results of measurements with the roughness parameters which were obtained by photogrammetry. The multiple linear regression was used to modelling the relationship between Roughness parameters (Ra, Rmax) and the coefficient of friction. So the coefficient of friction of lining fabrics was obtained and evaluate.

Keywords: friction, roughness, coefficient of friction, sampling length.

Постановка проблеми

Одним із напрямів розвитку асортименту одягу є проектування двобічних виробів, які в залежності від сезону носіння можуть проектуватись одношаровими або багатошаровими.

У багатошарових двобічних виробках, на відміну від традиційних, замість підкладкового матеріалу використовують тканину верху. При чому функцію підкладки почергово виконує кожен із використаних матеріалів верху. Тому матеріали, обрані для виготовлення двобічних виробів, повинні мати такі характеристики, які були б притаманні як для підкладки, так і для верху.

Авторами [1] складено перелік властивостей підкладкових матеріалів та встановлено коефіцієнти їх вагомості. Виявлено, що гладкість поверхні підкладкового матеріалу має найвищий коефіцієнт вагомості (0,363) і повинна бути обов'язково врахована у процесі конфекціонування.

Гладкість поверхні підкладки та її здатність ковзати прийнято характеризувати коефіцієнтом тангенційного опору (КТО) [2]. Тангенційний опір, як фізичне явище, присутній як у багатьох технологічних операціях, так і в процесі експлуатації швейних виробів. Від тангенційного опору залежать умови виконання та параметри таких технологічних операцій як настилення, розрізання та зшивання матеріалів, вибір конструкції швів, методів обробки [3].

Значення коефіцієнту тангенційного опору для різних тканин змінюється в широких межах (від 0,3 до 1,0). Наприклад, КТО при русі по сталій поверхні при навантаженні 2 даН для бавовняного сатину становить 0,1, для напіввовняного шевіоту – 0,17, сукні – 0,2; при русі по тканині він зростає до 0,6 [2].

Дослідженнями проведеними у Костромському державному технологічному університеті [3] визначені значення коефіцієнтів тангенційного опору для тканин різного сировинного складу. Це дозволило узагальнити показники КТО і розробити градацію тканин за їх величиною: 1-а група характеризується низькою величиною КТО<0,4; 2-а група – середньою величиною КТО=0,4-0,8; 3-я група – високою величиною КТО>0,8. Гладку поверхню мають матеріали 1 групи. Як приклад такої тканини автори наводять саржу підкладкову із віскозних ниток (КТО=0,32).

Проте дослідження [3] направлені на прогнозування величини КТС при відомих структурних характеристиках лляних тканин (коефіцієнт переплетення) і не дозволяють порівняти КТС тканин різного призначення без додаткових інструментальних вимірювань.

Визначення значення КТО для конкретного матеріалу стикається із рядом труднощів. На сьогоднішній день відсутній регламентований стандартом метод визначення тангенційного опору текстильних полотен. Крім того, відсутні нормативні дані для сучасних матеріалів. Ситуація ускладнюється неоднозначністю трактування показників, які характеризують тангенційний опір текстильного матеріалу, що, в свою чергу, унеможливує порівняння їх між собою. Тоді як при виборі матеріалів верху для двобічного виробу потрібно порівняти КТО матеріалу верху із відповідним показником матеріалу підкладки.

Різні методи визначення коефіцієнта тангенційного опору передбачають наявність багатьох змінних факторів. Істотний вплив на значення КТО мають: стан поверхні матеріалів, тиск між ними, швидкість прикладання навантаження, час контакту, температура, вологість, сировинний склад та ін. Проте достеменно відомо, що коефіцієнт тангенційного опору прямо пов'язаний із тертям, яке в свою чергу залежить від характеристик двох шорстких дотичних поверхонь [2]. Взаємозв'язок коефіцієнтів тангенційного опору та

показників шорсткості поверхні тканин переконливо доведено у працях [4, 5].

Крім того, в дослідженнях [3] зазначено, що взаємодія полотен «площина по площині» адекватно характеризує процес настилення та розкрою матеріалів, але практично не зустрічається при експлуатації одягу. Тому для визначення можливості використання матеріалу в якості підкладки доцільно оцінити шорсткість однієї поверхні, а не двох дотичних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідженнями вчених світу [4–8] доведено, що шорсткість та гладкість тканини є важливим аспектом контролю якості в процесі її виробництва, а також для забезпечення бажаного зовнішнього вигляду тканини та виробів із неї.

Відповідно до ДСТУ 2409-94 [9], шорсткість поверхні – це сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, що виділена за допомогою базової довжини. Нормальний профіль – переріз, що перпендикулярний до базової поверхні (рис. 1). Шорсткість поверхні характеризується скінченим набором параметрів, які вимірюють на нормальному профілі: L – базова довжина, мм; m – середня лінія профілю, мкм; Smi – середній крок нерівностей профілю, мкм; Si – середній крок місцевих виступів профілю, мкм; $Hi\ max$ – відхилення п’яти найбільших максимумів профілю, мкм; $Hi\ min$ – відхилення п’яти найбільших мінімумів профілю, мкм; $hi\ min$ – відстань від нижчих точок п’яти найбільших мінімумів до лінії паралельної середній і не пересікаючій профіль, мкм; $Rmax$ – найбільша висота профілю, мкм; y_i – відхилення профілю від лінії m , мкм; P – рівень профілю, мкм.

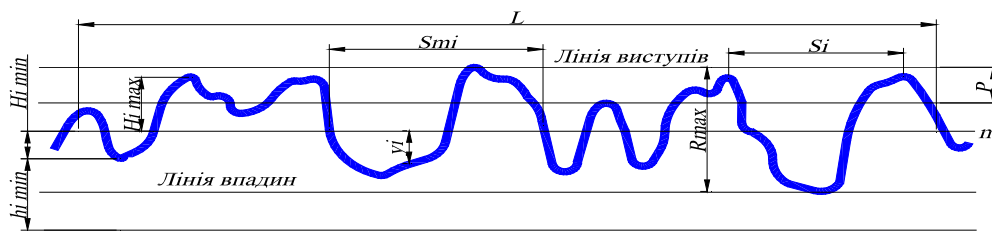


Рис. 1. Нормальний профіль і параметри шорсткості поверхні

Показник Ra – середнє арифметичне значення відхилення профілю, вимірюється у мкм та визначається за формулою [9]:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

де y_i – відхилення профілю від його середньої лінії m , мкм;
 n – кількість вимірів.

Дослідженнями вчених лабораторії текстильної інженерії при університеті Монастір (Туніс) [6] доведено, що в якості числових характеристик шорсткості текстильних матеріалів доцільно використовувати показники Ra і $Rmax$.

Для оцінки профільних характеристик шорсткості поверхонь текстильних матеріалів можна використати багатонаправлений трибометр [10], оптичний багатонаправлений вимірювач шорсткості [11], так зване «вібруюче лезо» [12], а також, різноманітні безконтактні профілометри: TALYSURF CCI 6000 [13], Micro Measure 3D Station [14], MicroXAM-100 і MicroXAM-1200 [15] та інші. Названі пристрої дороговартісні і не завжди доступні в умовах виробництва.

Дослідження спрямовані на вимірювання та оцінку профільних характеристик шорсткості текстильних матеріалів за допомогою різних пристроїв представлені у роботах [6, 7].

Науковцями Південної Кореї запропоновано спосіб визначення шорсткості з використанням програмних продуктів для обробки сканованих зображень тканини [8]. Такий спосіб порівняно дешевий і не вимагає наявності додаткового обладнання як для досліджень в умовах лабораторії, так і у виробничих умовах.

Тому, можна стверджувати, що проблема розробки методики визначення показників шорсткості текстильних матеріалів безконтактним методом за допомогою спеціалізованих програмних продуктів обробки сканованих зображень тканини є актуальною.

Постановка мети та завдань дослідження

Мета дослідження: розробка методики визначення показників шорсткості текстильних матеріалів, що дозволить порівняти шорсткість матеріалів верху та підкладки для двобічних виробів.

Завдання дослідження:

- обґрунтувати параметри для оцінки шорсткості поверхні текстильного матеріалу;
- розробити методику проведення вимірювань параметрів шорсткості підкладкових матеріалів.

Виклад основного матеріалу

Для безпосереднього дослідження параметрів шорсткості підкладкових тканин запропоновано використовувати середовище універсального графічного редактора тривимірної графіки Rhinoceros з метою перетворення плоского сканованого зображення поверхні тканини у тривимірну поверхню з наступним отриманням нормальних профільних перерізів у напрямі основи та підклатки.

Зразки тканини підкладки розміром 10x10 см скановані із розширенням 600 dpi (рис. 2, а). Усі

відібрані зразки виготовлені полотняним переплетенням, проте мають різний сировинний склад: 1 – із суміші капронових та триацетатних волокон; 2 – із віскозних волокон; 3 – із суміші віскозних волокон та нітрону. Отримані графічні файли потрібно обробити у будь-якому графічному редакторі для отримання зображення розміром 1x1 мм. Для цього спочатку виконується корегування розмірів зображення до реальної величини зразка (з точністю до 1 мм) (рис. 2, б). Фіксується кількість пікселів по горизонталі та вертикалі. Після цього виконується ще одне корегування розмірів. Точність корегування зразка до розміру 1 мм забезпечується контролем кількості пікселів початкового та кінцевого зображення (рис. 2, в).

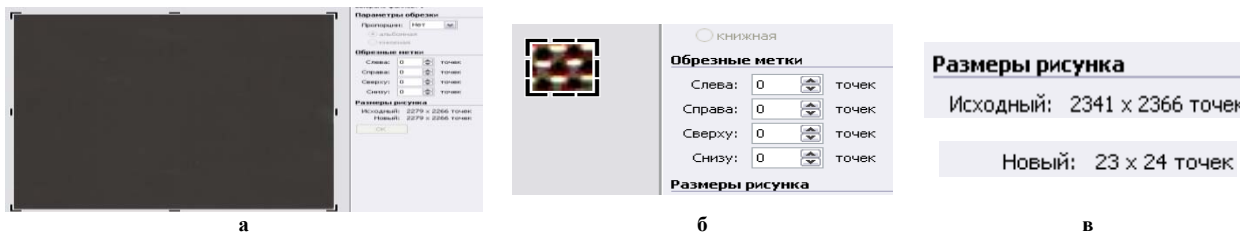


Рис. 2. Обробка сканованих зображень тканини: а) вихідне зображення; б) обрізане зображення; в) зміна розмірів рисунка (в пікселях)

Для подальшої роботи із отриманим зображенням розроблено спеціальний скрипт (рис. 3), який містить послідовний перелік окремих команд зі стандартного набору операторів графічного редактора Rhinoceros. Це дозволило внести до панелі інструментів Rhinoceros кнопку «Roughness» (шорсткість) (рис. 4), робота якої передбачає використання скрипту.

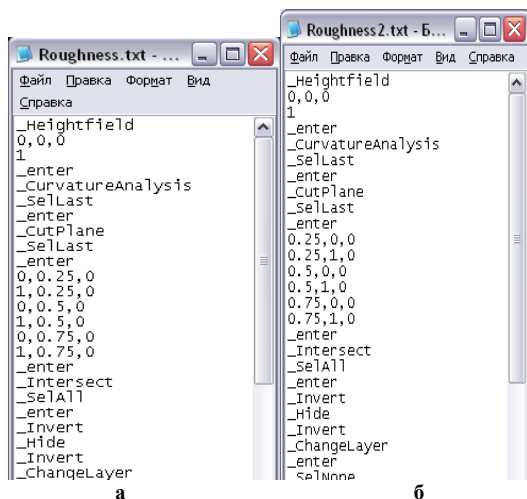


Рис. 3. Текстові файли скриптів операції «Roughness»: а) для лівої кнопки миші; б) для правої кнопки миші

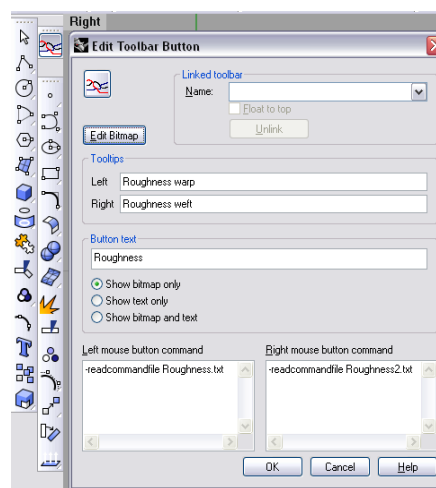


Рис. 4. Вікно налаштувань кнопки «Roughness»

Отримання нормальних профілів текстильних матеріалів виконується у напівавтоматичному режимі: натискання лівої клавіші миші на новоствореній кнопці «Roughness» викликає наступну послідовність дій: завантаження попередньо обраного зображення в програму (рис. 5, а), введення товщини матеріалу (рис. 5, б), масштабування зображення до дійсної величини (1x1 мм), створення тривимірної поверхні (рис. 5, в), нанесення місця розміщення нормальних перерізів (в напрямку паралельному ниткам підкання) (рис. 5, г), безпосереднє отримання перерізів та блокування тимчасово неробочих перерізів (рис. 5, д). Натискання правої клавіші миші по цій же кнопці «Roughness» дозволяє виконати ті ж дії у напрямку ниток основи. Операторами вимірювань із ввімкненими прив'язками до точок поліліній вимірюють параметри шорсткості.

За результатами попереднього експерименту з використанням трьох зразків підкладкових тканин виміряно та розраховано середні значення параметрів $R_a = 2,5$ мкм, $R_z = 7,75$ мкм, $R_{max} = 7,4$ мкм. За значеннями цих параметрів згідно рекомендацій ДСТУ 2409-94 [9] обрано відповідну їм базову довжину із рекомендованого ряду: $L = 0,8$ мм при $R_a = 0,4 - 3,2$ мкм, $R_z = 1,6 - 12,5$ мкм, $R_{max} = 1,6 - 12,5$ мкм.

Тоді розмір вихідного зразка тканини (для сканування) доцільно змінити на 8x8 см для спрощення розрахунків кількості пікселів при обробці та масштабуванні зображення.

За вимірними значеннями показників розраховані значення R_a та R_{max} для трьох зразків підкладкових тканин (табл. 1).

Для підтвердження можливості використання запропонованого способу для оцінки параметрів шорсткості використано метод цифрової фотограмметрії, який сьогодні широко використовується в легкій промисловості, наприклад, для аналізу структури тканини [16], візуалізації зміни товщини джинсових тканин та деніму [17], в процесах розпізнавання комп'ютерного зображення текстильних виробів [18].

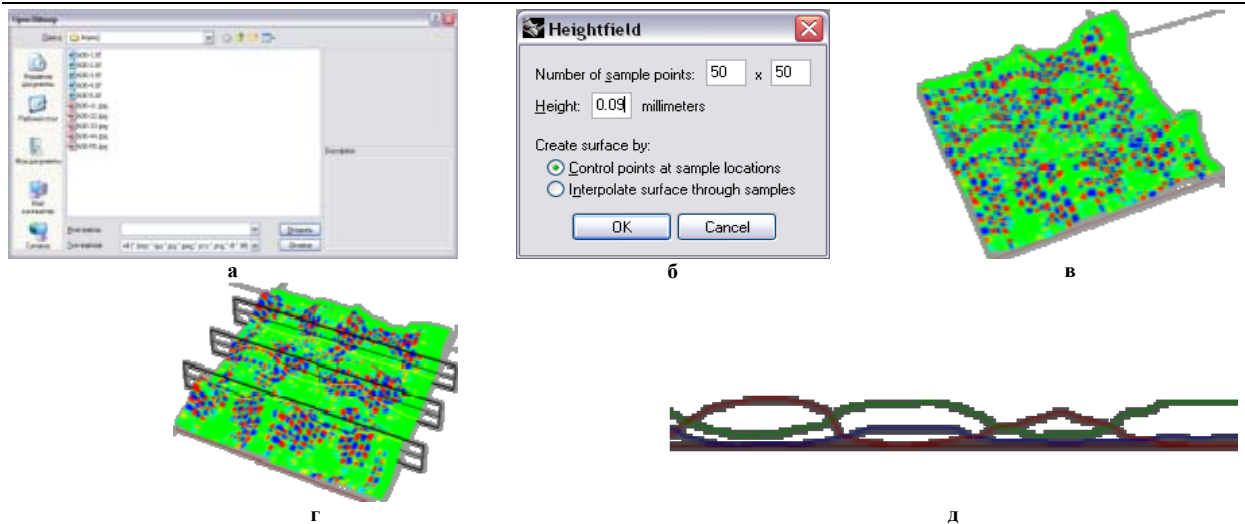


Рис. 5. Послідовність виконання операції «Roughness» у середовищі Rhinoceros

а) вибір файлу зі сканованим зображенням зразка; б) введення товщини тканини (в мм); в) створення тривимірної поверхні; г) нанесення місця розміщення нормальних профілів; д) отримання профілів та блокування тимчасово неробочих профілів

Таблиця 1

Результати попередніх експериментальних вимірювань параметрів шорсткості

Зразок	V_z , МКМ									Ra , МКМ	$Rmax$, МКМ			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	Середнє
ПО ОСНОВІ														
1	1,2	2,0	3,2	4,2	2,8	4,4	2,0	2,8	3,6	2,9	8,4	5,6	8,8	7,6
2	4,0	3,6	2,0	4,4	4,0	1,6	4,4	4,4	4,4	3,6	8,8	8,8	8,8	8,8
3	2,4	2,0	2,4	2,0	2,4	2,0	3,0	2,4	3,0	2,4	6,0	4,8	6,0	5,6
ПО ПІТКАННЮ														
1	1,6	1,6	3,2	4,4	2,8	4,0	3,2	2,8	3,2	2,9	8,8	5,6	8,0	7,4
2	4,4	0,8	3,2	4,0	3,6	3,2	4,8	4,4	4,4	3,6	9,6	8,8	8,8	9,1
3	1,6	0,8	1,2	1,6	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	4,0	4,0	4,0	4,0

По аналогії з методикою описаною в [17] зразок тканини укладено горизонтально на поверхню контрастного (білого кольору) із попередньо нанесеною шкалою масштабування (рис. 6, а). Ціна поділки – 1 мм. Фотографії виконано при денному освітленні без тіней за допомогою цифрового фотоапарата Olympus SZ-20 (16 Мрiх) у режимі макрозйомки, що дозволяє отримувати високоякісні зображення із мінімальної відстані (фокусна відстань використаного фотоапарата 5 см). Отримане цифрове зображення обрізано за допомогою інструментів редактора перегляду та обробки зображень до величини в 1 мм (з використанням шкали масштабування) (рис. 6, б). При цьому обрано ділянку перерізу, що розміщена посередині зразка (тобто знаходиться у фокусі). Таким чином, забезпечено мінімізацію спотворення зображення, яке використовується для вимірювань.

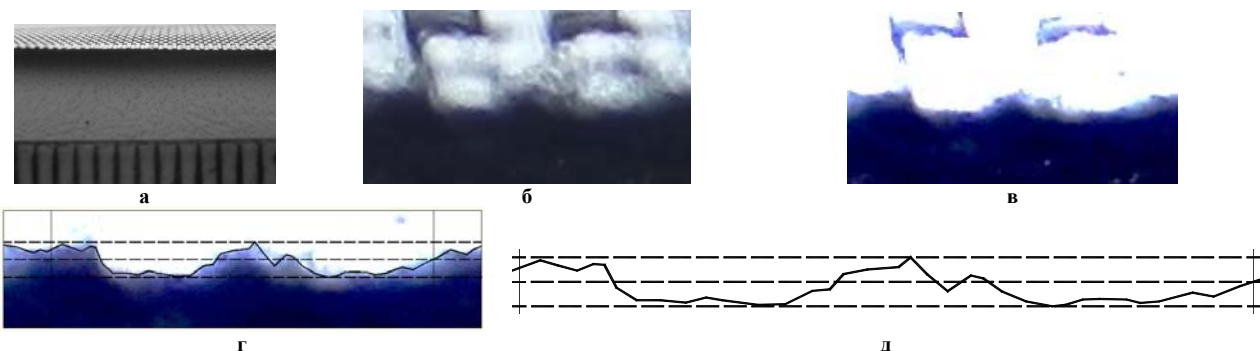


Рис. 6. Оцінка параметрів шорсткості текстильного матеріалу (зразок 1) за допомогою методу фотограмметрії: а) фото зразка тканини; б) збільшене зображення перерізу довжиною 1 мм; в) регулювання параметрів яскравості та контрасту зображення; г) нанесення допоміжних ліній для вимірювання параметрів шорсткості; д) умовне зображення нормального профілю зразка тканини (довжиною 0,8 мм)

Інструментами обробки зображень виконано регулювання яскравості та контрасту ділянки зображення (рис. 6, в) з метою отримання нормального профілю матеріалу. Оброблене таким чином растрове зображення перерізу тканини у середовищі графічного редактора векторної графіки AutoCAD масштабовано до реальних розмірів. За допомогою інструменту «Полілінія» нанесено допоміжні лінії для вимірювання параметрів шорсткості (рис. 6, г) на ділянці довжиною 0,8 мм (відповідно до рекомендацій

ДСТУ 2409-94 [9]).

Візуальна оцінка нормальних профілів, отриманих за допомогою кнопки «Roughness» при обробці сканованого зразка тканини у середовищі Rhinoceros, та цифрових фотозображень, отриманих за описаною послідовністю, підтверджує можливість використання запропонованого способу для оцінки параметрів шорсткості текстильного матеріалу (рис. 7).

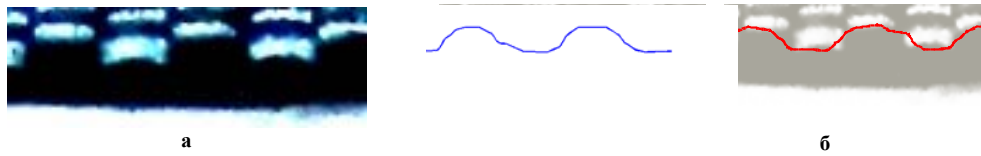


Рис. 7. Візуальна оцінка нормальних профілів зразка 2: а) фото; б) накладання нормальних профілів, отриманих за допомогою кнопки «Roughness», на фото перерізу

Результати вимірювання параметрів шорсткості зразків підкладкових тканин методом фотограмметрії та порівняння їх із даними, що отримані за допомогою кнопки «Roughness» при обробці сканованого зразка у середовищі Rhinoceros, представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Експериментальна перевірка

Зразок	Метод фотограмметрії												Розроблена методика		ΔRa		$\Delta Rmax$		
	y_i , мкм											Ra , мкм	$Rmax$, мкм	Ra , мкм	$Rmax$, мкм	мкм	%	мкм	%
	1	3,95	1,03	3,72	2,97	3,40	2,83	1,81	3,34	3,47	3,23	2,98	7,90	2,90	7,60	0,08	3,0	0,3	4,0
2	5,40	2,83	4,54	2,90	4,11	2,14	4,41	3,03	2,30	4,54	3,60	9,10	3,62	8,80	0,02	1,0	0,3	3,0	
3	1,24	1,60	2,81	2,97	2,97	1,94	2,39	2,39	2,43	2,50	2,30	5,90	2,40	5,60	0,10	3,0	0,3	5,0	

Відповідно до даних табл. 2, похибка не перевищує гранично допустимої у легкій промисловості величини (5 %) [19], а отже розробленою методикою можна користуватись для встановлення параметрів шорсткості матеріалів підкладки та верху для подальшого порівняння їх між собою.

Висновки

Розроблена методика та скрипти для обробки сканованих зображень зразків тканини в середовищі Rhinoceros дозволяють визначити вибрані параметри шорсткості текстильних матеріалів у напівавтоматичному режимі.

Таким чином, створено передумови дослідження параметрів шорсткості матеріалів підкладки для формування рекомендованих їх характеристик та наступного порівняння із аналогічними параметрами тканин верху.

Література

- Боднар Г. І. Встановлення вагомих властивостей підкладки для жіночого верхнього одягу [Електронний ресурс] / Г. І. Боднар, Т. Г. Шаран, О. В. Захаркевич // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 22–24 жовтня 2014 р. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – С. 110–111. Режим доступу : <https://docs.google.com/file/d/0B97g94GsgUwgSE5Zc0xhZVdPU0E/edit?pli=1>
- Бузов Б.А. Матеріали для одяжки : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. А. Бузов, Г. П. Румянцева. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 160 с.
- Флегонтов А. Н. Разработка методов оценки и прогнозирования тангенциального сопротивления льняных тканей : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / Флегонтов Алексей Николаевич. – Кострома, 2014. – 131 с.
- Vildan Sular, Eren Öner, Ayşe Okur Roughness and Frictional Properties of Cotton and Polyester Woven Fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2013. Vol. 38. pp. 349-356.
- Apurba Das, V. K. Kothari, Nagaraju Vandana A Study on Frictional Characteristics of Woven Fabrics. *AUTEX Research Journal*. 2005. Vol. 5. No 3. pp. 133-140.
- Najeh Mavtoug, Sahnoun Mehdi, Sakli Faouzi Statistical Analysis of Surface Roughness Parameters for Weft Knitted Fabrics Measured by the Textile Surface Tester (TST). *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2012. Volume 7. – Issue 4. pp 104–112.
- Brigita Kolcavova Sirkova. Description of Fabric Thickness and Roughness on the Basis of Fabric Structure Parameters. *AUTEX Research Journal*. 2012. Vol. 12. No 2. pp. 40-43.
- Tae Jin Kang1, Soo Chang Kim, In Hwan Sul, Jae Ryoung Youn, Kwansoo Chung Fabric Surface Roughness Evaluation Using Wavelet-Fractal Method. Part I: Wrinkle, Smoothness and Seam Pucker. *Textile Res. J.* 2005. № 75 (11). pp. 751–760.
- Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення : ДСТУ 2409-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1995. – 25 с. – (Національні стандарти України).

10. Bueno M. A., B. Lamy, M. Renner Effect of Grain Size and Abrasion Duration on the State of Textile Fabric Surfaces. *Wear*. 2002. vol. 253. pp. 448-457.
11. Bueno M. A., B. Durand, M. Renner A non-Contact Measurement of the Roughness of Textile Fabrics Techniques. *Experimental Techniques*. 2000. vol. 24. no. 2. pp. 23-27.
12. Fontaine S., C. Marsiquet, N. Nicoletti, M. Renner, M. A. Bueno Development of a Sensor for Surface State Measurements Using Experimental and Numerical Modal Analysis. *Sensors and Actuators A*. 2005.vol. 120. pp. 507–517.
13. Интерференционный микроскоп CCI [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vniims.ru/nano/participation/cci.html>
14. Томский политехнический университет – Трехмерный бесконтактный профилометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://portal.main.tpu.ru/departments/centre/cism/prib/measure-3d>
15. Оптические профилометры MicroXAM – Оптические и стилусные профилометры – INTERTECH Corporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.intertech-corp.ru/aboutproduct.asp?gr=21&subgr=71&prid=195>
16. Пат. 2131605 Российская Федерация, МПК: G01N33/36. Бесконтактный способ анализа структуры ткани / Лустгартен Н. В., Сокова Г. Г., Сергеев А. С. ; заявитель и патентообладатель Костромской государственный технологический университет. – № 98108331/12 ; заявл. 29.04.1998 ; опубл. 10.06.1999.
17. Білей-Рубан Н.В. Метод комп'ютерної візуалізації зміни товщини джинсових тканин та деніму у відповідності до "ефектних" обробок / Н. В. Білей-Рубан, Т. В. Облещук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 2. – С. 128–133.
18. Пат. 2151393 Российская Федерация, МПК: G01N33/36, D06H3/08, D03C19/00. Способ распознавания компьютерного изображения текстильных изделий / Сокова Г. Г., Магнитский Е. В., Лукоянов А. Л. ; заявитель и патентообладатель Костромской государственный технологический университет. – № 99111448/12 ; заявл. 27.05.1999 ; опубл. 20.06.2000.
19. Грушко И.М. Основы научных исследований / И. М. Грушко, В. М. Сиденко – 3-е изд. перер. и доп. – Харьков : Вища школа. изд-во при Харьк. ун-те, 1983. – 224 с.

References

1. Bodnar G. I., Sharan T. G., Zakharkevich O. V. Vstanovlennja vaghomykh vlastyvojestj pidkladky dlja zhinochogho verkhnjogho odjaghu. Resursozberihajuchi tekhnologhiji legkkoji, tekstyljnoji i kharchovoji promyslovosti: zbirnyk tez dopovidej Vseukrajinskoji naukovopraktychnoji Internet-konferenciji molodykh vchenykh ta studentiv, Khmelnytsky, 2014, pp. 110-111. Available from : <https://docs.google.com/file/d/0B97g94GsgUwgSE5Zc0xhZVdPU0E/edit?pli=1>
2. Buzov B. A., Rummyanceva H. P. Materialy dlya odezhdy : ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. M., Izdatelskij centr «Akademiya», 2010, 160 p.
3. Flegontov A. N. Razrabotka metodov otsenki i prognozirovaniya tangentsialnogo soprotivleniya lnyanyih tkaney : dis... kand. tehn. nauk 05.19.01. Kostroma, 2014, 131 p.
4. Vildan Sülar, Eren Öner, Ayşe Okur. Roughness and Frictional Properties of Cotton and Polyester Woven Fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 2013, Vol. 38, pp. 349-356.
5. Apurba Das, V. K. Kothari, Nagaraju Vandana. A Study on Frictional Characteristics of Woven Fabrics. *AUTEX Research Journal*, 2005, Vol. 5, No 3, pp. 133-140.
6. Najeh Maatoug, Mehdi Sahnoun, Faouzi Sakli. Statistical Analysis of Surface Roughness Parameters for Weft Knitted Fabrics Measured by the Textile Surface Tester (TST). *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2012, Volume 7, Issue 4, pp. 104-112.
7. Brigita Kolcavova Sirkova. Description of Fabric Thickness and Roughness on the Basis of Fabric Structure Parameters. *AUTEX Research Journal*, 2012, Vol. 12, No 2, pp. 40-43.
8. Tae Jin Kang I, Soo Chang Kim, In Hwan Sul, Jae Ryoun Youn, Kwansoo Chung. Fabric Surface Roughness Evaluation Using Wavelet-Fractal Method. Part I: Wrinkle, Smoothness and Seam Pucker. *Textile Res. J.*, 2005, № 75 (11), pp. 751–760.
9. Vymiriuvannia parametriv shorstkosti. Terminy ta vyznachennia : DSTU 2409-94, K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 1995, 25 p.
10. Bueno M. A., Lamy B., Renner M. Effect of Grain Size and Abrasion Duration on the State of Textile Fabric Surfaces. *Wear*. 2002. Vol. 253. pp. 448-457.
11. Bueno M. A., Durand B., Renner M. A non-Contact Measurement of the Roughness of Textile Fabrics Techniques. *Experimental Techniques*. 2000, Vol. 24, No. 2, pp. 23-27.
12. Fontaine S., Marsiquet C., Nicoletti N., Renner M., Bueno M. A. Development of a Sensor for Surface State Measurements Using Experimental and Numerical Modal Analysis. *Sensors and Actuators A*, 2005, Vol. 120, pp. 507–517.
13. Interferenconny miksroskop CCI. (accessed 05.12.2014) Available from : <http://www.vniims.ru/nano/participation/cci.html>
14. Tomsky politekhnicheskyy universitet – Trekhmernyy beskontaktnyy profilometr. (accessed 05.12.2014) Available from: <http://portal.main.tpu.ru/departments/centre/cism/prib/measure-3d>
15. Opticheskiye profilometry MicroXAM – Opticheskiye i stilusnye profilometry – INTERTECH Corporation. (accessed 05.12.2014) Available from: <http://www.intertech-corp.ru/aboutproduct.asp?gr=21&subgr=71&prid=195>
16. Lustgarten N. V., Sokova G. G., Sergeev A. S. Pat. 2131605 Rossiyskaya Federatsiya, MPK: G01N33/36. Beskontaktnyyiy sposob analiza strukturyi tkani. Zayavitel i patentoobladatel Kostromskoy gosudarstvenniy tehnologicheskyy universitet. № 98108331/12; yayavl. 29.04.1998; opubl. 10.06.1999.
17. Bilei-Ruban N.V. Metod komp'yuternoї vizualizatsii zminy tovshchyny dzhyhynovykh tkanyn ta denimu u vidpovidnosti do "efektnykh" obrobok. *Herald of Khmelnytsky National University. Technical science*. Khmelnytsky. 2009. Issue 2. pp. 128-133.
18. Sokova G. G., Magnitskiy E. V., Lukoyanov A. L. Pat. 2151393 Rossiyskaya Federatsiya, MPK: G01N33/36, D06H3/08, D03C19/00. Sposob raspoznaniya kompyuternogo izobrazheniya tekstilnykh izdeliy. Zayavitel i patentoobladatel Kostromskoy gosudarstvenniy tehnologicheskyy universitet. № 99111448/12; yayavl. 27.05.1999; opubl. 20.06.2000.
19. Grushko I.M., Sidenko V. M. Osnovy nauchnykh issledovaniy, 3-e izd. perer. i dop., Kharkov : Vishcha shkola. izd-vo pri Khark. un-te, 1983, 224 p.

Рецензія/Peer review : 15.3.2015 р.

Надрукована/Printed : 7.4.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. А.Л. Славінська