

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

№ 2 (132), 2019

Частина 2 (серія «Технічні науки»)

DOI:10.30857/1813-6796.2019.2

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2019

Засновником журналу «ВІСНИК Київського національного університету технологій та дизайну» є

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Науковий фаховий журнал є правонаступником видання «Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности», який видавався з березня 1958 року у Київському технологічному інституті легкої промисловості (СРСР)

№2 (132), 2019

Свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія KB №19330–9130 ПР від 08.08.2012 р.

Свідectво суб'єкта видавничої справи: ДК № 993 від 24.07.2002 р.

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України. Наказ МОН України від 18.12.2018 № 1412 (додаток 10, рішення щодо подовження) – фаховість із технічних наук (категорія Б).

ISSN 1813-6796 print
ISSN 2617-9105 online

Журнал зареєстровано в Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre, Париж, Франція)

Журнал реферується та індексується у наступних міжнародних базах даних: Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, РИНЦ, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar, Crossref

Засновник і видавець:

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, 01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2

Головний редактор:

Грищенко І. М., д.е.н., професор, академік НАПН України

Заступник

головного редактора:

Злотенко Б. М., д.т.н., професор

Відповідальний секретар:

Василенко В. М., к.т.н.

Тематична спрямованість журналу «Вісник КНУТД»: Мехатронні системи. Ресурсозбереження та енергоефективність. Матеріалознавство індустрії моди, технологій виробництва текстилю, одягу та взуття. Хімічні та біофармацевтичні технології

Видання орієнтоване на науковців, викладачів, аспірантів, студентів, а також науково-практичних працівників і фахівців відповідних галузей промисловості.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2, корп. 1, к. 1-0252

тел./факс: +38 (044) 256-29-86

e-mail: vistnuk@knutd.edu.ua

<http://vistnyk.knutd.edu.ua/>

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 9 від 24.04.2019 р.

Матеріали друкуються мовою оригіналу. Відповідальність за переклад, достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей. Передруки та переклади статей дозволяються лише за згодою автора (-ів) та редакції.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

BULLETIN

**of the KYIV NATIONAL UNIVERSITY
of TECHNOLOGIES and DESIGN**

**Issue 2 (132), 2019 Part 2.
Technical Science Series**

DOI:10.30857/1813-6796.2019.2

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2019

The owner of «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design» is

KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

This Scientific Specialized Journal is the successor of the edition «Proceedings of Higher educational establishments. Technology of the light industry», which was published by Kiev Technological Institute of Light Industry from March, 1958 (USSR)

№2 (132), 2019 The state registration of print media is KB № 19330-9130 ПП, originating date 08.08.2012

License for publishing activity is ДК № 993, originating date 24.07.2002

The journal is listed & reregistered in Higher Attestation Commission of Ukraine: № 1412, originating date 18.12.2018. Fields: Technical Science.

ISSN 1813-6796 print
ISSN 2617-9105 online

The journal is registered in ISSN International Centre, Paris.

The journal is abstracted and indexed by Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, ПИИЛ, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar, Crossref

Owner and Publisher:

Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, 01011, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenko, Str.

Editor-in- Chief:

Ivan M. Gryshchenko - Dr., professor, Member of NAPS of Ukraine

Deputy Editor:

Borys M. Zlotenko - Dr., professor

Executive secretary:

Viktoria M. Vasilenko - PhD

Scientific fields: Mechatronic systems. Energy Efficiency and Resource-saving Technologies. Material science in the textile, clothing and footwear manufacturing industries. Chemical and biopharmaceutical technologies

The journal is aimed at a wide range of researchers, professors, students, and graduate students and to bring the results of scientific research carried out under a variety of intellectual traditions and organizations of procedures to the attention of a specialized readership.

EDITORIAL OFFICE:

01011, Ukraine, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenko, Str., office 1-252

Tel./fax: +38 (044) 256-29-86

e-mail: vistnuk@knutd.edu.ua

<http://vistnyk.knutd.edu.ua/>

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 9, originating date 24.04.2019.

Articles are published in the original language. The authors are responsible for the translation, authenticity of facts, quotations, proper names, geographic names, names of enterprises and other information.

The Editorial Office's and author's consent is needed prior to republishing or translating the articles.

ЗМІСТ

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

1. **КАПЛУН В. В., КРАСНИТСЬКИЙ С. М., БОБРОВНИК В. М.**
Математичне моделювання електроспоживання у будівлях закладів вищої освіти. Повідомлення 2. 9
2. **ZALYUBOVSKYI M. G., PANASYUK I. V., SMIRNOV Y. I., KLAPTSOV Y. V., MALYSHEV V. V.** Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working capacity 24

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ІНДУСТРІЇ МОДИ, ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТЕКСТИЛЮ, ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ

3. **АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., СКАЛОЗУБОВА Н. С., САРІБСЬКОВА Ю. Г.** Дослідження впливу полімерів акрилової та уретанової природи на механічні властивості бавовняного трикотажу 33
4. **ПЕРВАЯ Н. В., НІКОНОВА А. В., АНДРЕЄВА О. А.** Оптимізація параметрів рідинного оздоблення шкіри 40
5. **БЕЗСМЕРТНА В. І., ГАЛАВСЬКА Л. Є., БОБРОВА С. Ю.** Дослідження втрати міцності параарамідних ниток у процесі в'язання кулірного трикотажу 51
6. **ГОЛОВНЯ О. В., КИЗИМЧУК О. П.** Дослідження структурних ефектів на базі кулірного трикотажу подвійних пресових переплетень 60
7. **ЖМУРАК Т. А., БІЛОЦЬКА Л. Б., ХАРЧЕНКО Ю. М., ЛОЗОВЕНКО С. Ю.** Дослідження зносостійкості малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку 74
8. **КИЗИМЧУК О. П., НОВАК Д. С., РОМАНЕНКО М. В., ОВСІЄНКО Р. О.** Трикотаж для застосування у виробках спеціального функціонального призначення 87
9. **СУПРУН Н. П., ШАТИЛО Т. В., ОСТАПЕНКО Н. В., ГАВРУСЕНКО Н. Ф.** Порівняльний аналіз гігієнічних властивостей флісових полотен для військової форми в аспекті їх функціонального призначення 99

УДК 519.21 + 681.3

КАПЛІУН В. В., КРАСНИТСЬКИЙ С. М., БОБРОВНИК В. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ У БУДІВЛЯХ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ
ОСВІТИ. ПОВІДОМЛЕННЯ 2.**

Мета. Метою роботи є розроблення математичних моделей та дослідження на їх основі особливостей електроспоживання у будівлях закладів вищої освіти (на прикладі гуртожитків Київського національного університету технологій та дизайну).

Методика. Використано множинний регресійний аналіз і розвідувальний аналіз у поєднанні з комп'ютерними програмними реалізаціями відповідних статистичних процедур.

Результати. На основі використання реальних статистичних даних одержанні регресійні моделі електроспоживання у будівлях вищого навчального закладу (гуртожитків), що стало логічним продовженням досліджень, висвітлених у роботі [1]. Одержані результати дали змогу шляхом моделювання виконати прогностичне оцінювання рівнів електроспоживання і перевірити їх достовірність, порівнюючи їх з даними служби енергоменеджменту університету за попередні роки.

Наукова новизна. Набули подальшого розвитку методи управління електроспоживанням з використанням регресійних моделей у будівлях закладів вищої освіти. На основі розширеного набору факторів, що впливають на процес електроспоживання, вперше досліджені і одержані залежності, які можуть бути використані для розробки сценаріїв енергоменеджменту закладу вищої освіти (ЗВО) у специфічні періоди освітнього процесу з урахуванням сезону та класу енергоефективності будівлі.

Практична значимість. Результати моделювання можуть бути використані для розроблення методичних рекомендацій впровадження комплексу енергоощадних заходів в закладах вищої освіти з урахуванням існуючої інженерної інфраструктури та підвищення ефективності управління електроспоживанням.

Ключові слова: заклад вищої освіти, управління електроспоживанням, регресійний аналіз, аналіз залишків, діаграми box-and-whisker plot, модель електроспоживання, енергоменеджмент.

Вступ. Дана стаття є продовженням досліджень, викладених у роботі [1], де були наведені результати щодо побудови математичних моделей електроспоживання у будівлях закладу вищої освіти (ЗВО) на прикладі гуртожитків Київського національного університету технологій та дизайну. Зазначені моделі є лінійними регресійними рівняннями. Для розроблення таких моделей були використані бази даних щодо енергоспоживання в університеті за період з 2013 по 2015 роки, які одержані за допомогою впровадженого в службі енергоменеджменту університету програмно-технічного комплексу «Автоматизована система управління енергоспоживанням в університеті» (ПТК «АСУЕУ»).

Постановка завдання. Метою даної роботи є оцінювання адекватності моделей електроспоживання в будівлях ВНЗ (на прикладі гуртожитків КНУТД), що одержані в роботі [1]. Оцінювання виконується методами аналізу залишків регресійних моделей і порівнянням розрахункових значень електроспоживання з даними, що не приймали участі в побудові зазначених моделей.

Результати дослідження. В основу розроблення математичної моделі покладені залежності рівнів енергоспоживання певного об'єкта на заданому часовому проміжку від факторів, що впливають на формування базового споживання енергоносіїв. До таких факторів відносяться, насамперед, графік освітнього процесу, рівні завантаженості аудиторного фонду, клас енергоефективності будівлі, сезонність та погодні умови. Крім того, є цілком очевидним, що на показники електроспоживання впливають чинники, які мають стохастичну природу (наприклад, зміна кількості проживаючих, використання додаткових засобів догріву температури приміщень, використання необлікованих струмоприймачів тощо).

Для зручності виконання розрахунків була розроблена комп'ютерна програма, що функціонує у середовищі Delphi і виконує наступні функції:

- автоматизація побудови матриці експерименту в форматі Delphi на основі статистичних спостережень ПТК «АСУЕУ» у форматі MS Excel;

- дослідження регресійних даних на наявність достатньої зумовленості матриці плану [2, 3] з використанням алгоритму Грама — Шмідта [4,5] для відсіювання (за необхідністю) зайвих змінних;

- визначення коефіцієнтів регресії та побудова графіків залишків для одержаної моделі. Нагадаємо, що залишками регресійної моделі:

$$Y = X\beta + \varepsilon, \quad (1)$$

де: $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}$ — n -вектор спостережень залежної змінної, $X = \begin{pmatrix} x_{10} & \dots & x_{1,p-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{n0} & \dots & x_{n,p-1} \end{pmatrix}$ —

матриця спостережень незалежних змінних (регресійна матриця або матриця експерименту чи

плану); $\beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \dots \\ \beta_{p-1} \end{pmatrix}$ — вектор (невдомих) коефіцієнтів, $\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$ — вектор помилок,

називаються різниці виду $\hat{y}_i - y_i, i = 1, \dots, n$, де $\hat{y}_i$ — компоненти вектору $\hat{Y}$ оцінок:

$$\hat{Y} = Xb, \quad (2)$$

В даній роботі $b = (X'X)^{-1}X'Y$ є оцінка параметрів у лінійній регресії методом найменших квадратів (тут ' — знак спряження, $^{-1}$ — знак обернення матриці).

У відповідності з роботою [1] вектор коефіцієнтів β має розмірність 3 або 4 в залежності від типу моделі, що застосовується. Модель першого типу (інколи вона зветься скороченою) використовує змінні x_0, x_1, x_2 , де x_0 — фіктивна змінна (за термінологією [2,3]), завжди рівна 1 (або 0, якщо ми хочемо отримати модель без вільного члену). При цьому час спостережень за змінними x_1, x_2 у, x_1, x_2 розбивається на певні проміжки, і в якості значень вказаних змінних беруться середні значення реальних спостережень на цих часових проміжках. У даній роботі в якості зазначених проміжків беруться календарні місяці. За значення показників електроспоживання у для фіксованого місяця приймається відповідна місячна сумарна величина спожитої електроенергії (кВт×год), поділена на кількість облікованих діб у даному місяці. Аналогічно, x_1 — середня кількість мешканців гуртожитку у

фіксованому місяці, x_2 — середньоарифметичне значень середньодобової температури зовнішнього середовища у тому ж місяці.

У моделі другого типу (розширеної) до певної міри враховується вплив факторів, що сприяють більш високому споживанню електроенергії мешканцями гуртожитків, ніж це має місце зазвичай при даних умовах. Таке явище інколи (не завжди) спостерігається в зимовий період. Точне визначення і передбачення впливу таких факторів є завданням, яке важко піддається повній формалізації. З огляду на цю обставину, зазначене більш високе споживання електроенергії може бути пов'язане з необхідністю економії теплової енергії, що надходить з теплових пунктів зовнішньої мережі, при цьому локальне управління теплоспоживанням (у окремо взятих приміщеннях на добовому інтервалі часу) є, з урахуванням існуючої інженерної інфраструктури, практично неможливим. Очевидно, що це у свою чергу, сприятиме посиленню попиту на використання обігрівальних пристроїв для забезпечення належного мікроклімату у визначених згідно графіку освітнього процесу аудиторіях навчальних корпусів та приміщеннях гуртожитків. Для врахування даної ситуації (незалежно від її причини) в регресійну модель вводиться додаткова фіктивна змінна x_3 , яка дорівнює 1 або 0 в залежності від того, чи очікується зазначений період підвищеного споживання електроенергії або, відповідно, не очікується. В роботі [1] були представлені конкретні регресійні вирази зазначеного типу. В даній роботі ми досліджуємо властивості одержаних моделей на прикладі двох гуртожитків (об'єкт 1 і об'єкт 2).

Важливим інструментом дослідження якості регресійної моделі є аналіз залишків [2,3]. Їх графічне зображення може бути різним, і у даному випадку таке зображення являє собою сукупність точок декартової площини, що мають координати $(i, \hat{y}_i - y_i)$, $i = 1, \dots, n$, де i — порядковий номер місяця від початку спостережень. (для більшої наочності зазначені точки на малюнку з'єднуються прямолінійними відрізками). Приклад такого графіка наводиться нижче (рис. 1).

Графік на рис. 1 відповідає регресійній моделі першого типу конкретного гуртожитку (об'єкт 1). Згадана модель має вигляд:

$$\hat{y} = 584,3330 + 0,8223x_1 - 19,6922x_2. \quad (3)$$

При побудові моделі використовувалися помісячні дані за 2013-2015 роки. Дослідження на погану зумовленість матриці плану показало недоцільність видалення будь-якого регресора з початкової моделі, за винятком, звичайно, змінної x_3 , яка у даному випадку приймає тільки нульові значення (надання змінній x_3 лише нульових значень автоматично призводить до вибору програмою моделі першого типу).

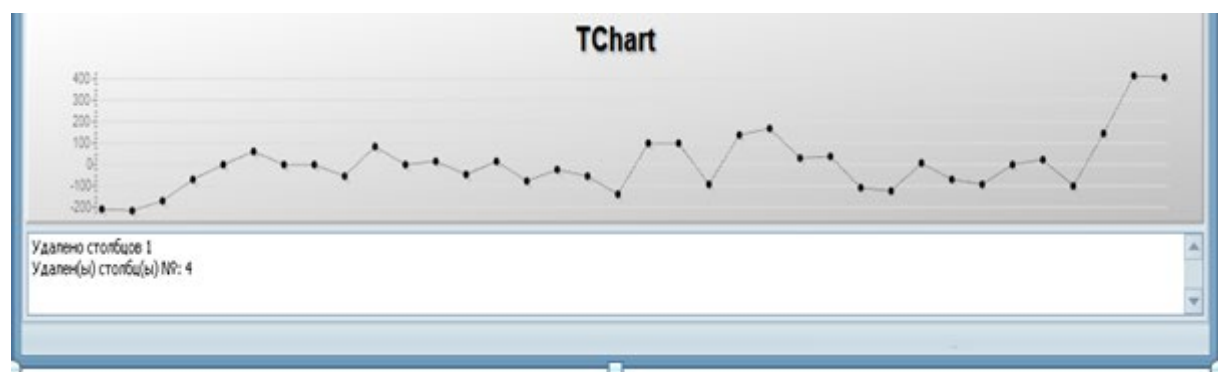


Рис.1. Графік залишків регресійної моделі першого типу для об'єкту № 1

Наведемо деякі характеристики якості даної моделі, враховуючи ту обставину, що повторні спостереження, принаймні у явному вигляді, в нашій ситуації практично відсутні, так що ми вимушені тут і надалі відмовитися від тих засобів перевірки адекватності, що вимагають наявності таких спостережень [2,3] (під повторними спостереженнями ми розуміємо наявність значень залежної змінної у при двох або більше співпадаючих «двійках» (x_1, x_2) для моделі першого типу і «трійках» (x_1, x_2, x_3) для моделі другого типу). Замість цього звернемося до таких методів як перевірка значущості моделі в цілому і її окремих коефіцієнтів, а також аналіз залишків, перевірка нормальності випадкової складової моделі і співставлення реальних значень залежної змінної із значеннями, що дає наша модель.

Для з'ясування доцільності використання лінійної моделі при описі досліджуваної залежності на першому етапі обчислювалася оцінка S середньоквадратичного відхилення випадкової складової ε і оцінка R множинного коефіцієнту кореляції між показником енергоспоживання y і незалежними змінними x_1, x_2, x_3 , тобто максимуму значень парних (звичайних) коефіцієнтів кореляції між y і всілякими лінійними комбінаціями x_1, x_2, x_3 . Для загальної лінійної моделі (ЗЛМ) (1) маємо:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}}, R = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{y})}{(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 (\hat{y}_i - \bar{y})^2)^{1/2}}, \quad (4)$$

де y_i та $\hat{y}_i$ — відповідно, реальне значення спостережуваної та оціночної (згідно з рівністю 3) величини спожитої електроенергії при i -му значенні «трійки» (x_0, x_1, x_2) , $\bar{y}$ — середнє значення величин y_i , $i = 1, \dots, n$. Оцінка R використовувалася при підрахунку F -статистики для перевірки гіпотези H_0 про незначущість моделі (3), оскільки вказана F -статистика у випадку загальної лінійної моделі (1,2) може бути представлена згідно [2,3] у вигляді:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p}{p - 1}. \quad (5)$$

Безпосередні обчислення при $n = 36$, $p = 3$ дають у даному випадку:

$$S = 140,9036; R = 0,8535; F = 44,2466. \quad (6)$$

За справедливості вищезазначеної гіпотези H_0 F - статистика (5) має розподіл Фішера $F(p-1, n-p)$ [2,3]. Отже, критичною точкою при перевірці гіпотези H_0 з альтернативою $H_1 = \{\text{модель є значущою}\}$ на рівні значущості α є квантиль рівня $1-\alpha$ вказаного розподілу, який ми позначатимемо надалі як $u_{1-\alpha}^{F(p-1, n-p)}$. Надалі вважається, що за замовчуванням рівень значущості α при перевірці статистичних гіпотез дорівнює 0,05. При даних значеннях n, p і α маємо (згідно з [6,7]):

$$u_{1-\alpha}^{F(p-1, n-p)} = u_{0,95}^{F(2,33)} = 3,2849.$$

Таким чином, наша регресійна модель є значимою. (Зауважимо, що оскільки у нашому випадку має місце нерівність $F > 4 \cdot u_{0,95}^{F(2,33)}$, то нашу модель згідно з термінологією [2] можна називати високо значущою, що дає підстави вважати її придатною для прогнозного оцінювання. Кожен окремий коефіцієнт $b_i, i = 0,1,2$, також є суттєво значимим: t - статистики для перевірки гіпотез $H_0^i: = \{b_i = 0\}$ дорівнюють 9,17580; 4,29048; -7,26476 з p - значеннями 0,000000; 0,000146; 0,000000 відповідно (множина прийняття кожної такої гіпотези є проміжок $[-2,0345 \ 2,0345]$).

Проте графік залишків на рис. 1 вказує на бажаність подальшого дослідження і, можливо, перетворення моделі (3) (ми маємо на увазі помітну різницю у відхиленнях від нульового значення у лівій і правій частинах зазначеного графіка). Оскільки саме у сукупності залишків міститься вся інформація про якість збіжності реальних даних з регресійною моделлю, розглянемо вказану сукупність більш детально. Для роботи з масивами статистичних даних у подальшому використовувався також пакет комп'ютерних програм STATISTICA [8].

Загальна структура будь-якої сукупності одновимірних даних наочно ілюструється діаграмою типу Box Plot (box-and-whisker plot) [9]. Така діаграма для аналізованої сукупності даних наведена на рис. 2.

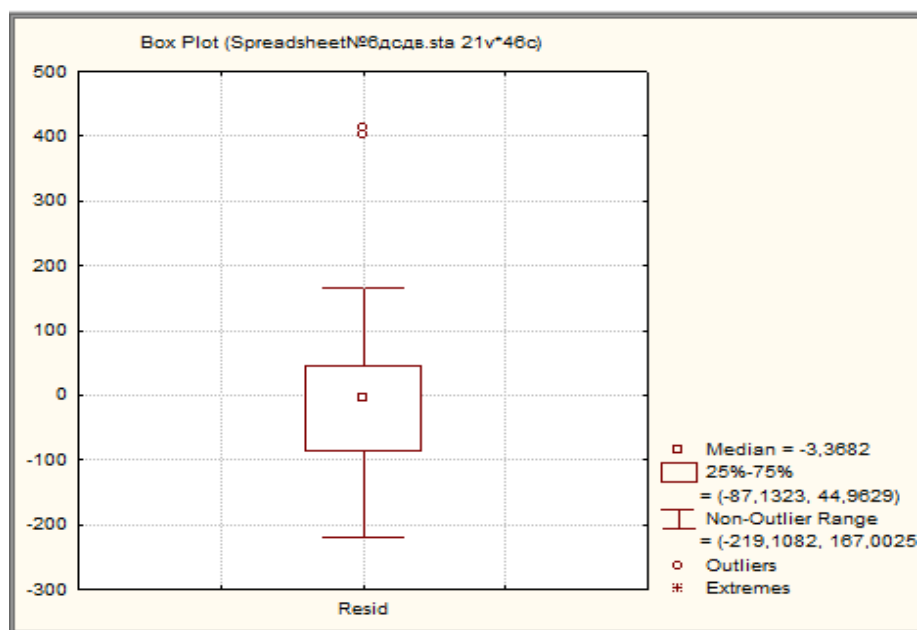


Рис. 2. Діаграма Box Plot для сукупності залишків регресійної моделі першого типу

Звертаємо увагу, що два значення залишків діаграма Box Plot кваліфікує як викиди (це ті самі значення, що відповідають вершинам ламаних у кінцевих точках графіка залишків на рис. 1: останні досить очевидним чином порушують майже горизонтальний характер розташування вершин у центральній частині графіка; значення інших елементів діаграми зрозумілі із наведених коментарів у її правій частині). Звертаючись до точних значень вказаних залишків, маємо наступну інформацію (див. табл. 1).

Таблиця 1

Екстремальні залишки регресійної моделі першого типу для об'єкта № 1

								Standard Residual: Var1 (Spreadst Outliers			
		Standard Residuals							Observed	Predicted	Residual
Case name		-5.	-4.	-3.	±2.	3.	4.	5.	Value	Value	
Лист 15	35	.	.	.	.	*	.	.	1190,130	778,0550	412,0753
С:36		.	.	.	.	*	.	.	1236,440	833,3796	403,0607

Як бачимо, два значення залишків 412,07 і 403,06 (вони відповідають 35-му і 36-му спостереженням — листопаду і грудню 2015 року) лежать майже на правій межі інтервалу $(-3S, 3S)$, що також відповідає їх віднесенню до викидів на рис. 2.

Проаналізуємо вихідні дані, що відповідають вказаним великим значенням залишків, а також ті, для яких реалізується нижня границя $-219,1$ їх основної групи (рис. 2) (оскільки останнє є найбільш близьким до лівої границі інтервалу $(-2S, 2S)$).

Спершу розглянемо залишки нижньої границі і дані, що їх утворюють (див. табл. 2).

Таблиця 2

**Залишки регресійної моделі першого типу для об'єкта № 1
(початкові дані за січень – березень)**

Дата	Рівень електроспоживання, кВт×год	Кількість прожи- ваючих, чол.	Середньо- місячна температура зовнішнього середовища, °C	Розрахункові значення електроспожи- вання, кВт×год	Залишки
Січень -13	702,2975	299	-4,344301	915,749544	-213,452044
Лютий -13	625,422143	299	-0,727679	844,5303	-219,108158
Березень -13	691,886452	299	-2,091355	863,161081	-171,274629
Січень -14	673,673226	50	-4,83871	720,732845	-47,0596193
Лютий -14	701,560357	120	-0,475	692,362795	9,19756214
Березень-14	640,071613	325	6,816129	717,355925	-77,2843116
Січень -15	675,917917	50	-0,76129	640,439475	35,4784417
Лютий -15	589,8807	120	-0,70714	696,934142	-107,053442
Березень-15	640,9055	340	5,06774	764,12005	-123,21455

Зауваження 1. Надто великі абсолютні значення регресійних залишків можуть пояснюватися недостатнім рівнем адекватності моделі або недостатньою достовірністю даних, за якими побудовано модель. Надалі ми будемо намагатися, за можливістю, нівелювати наслідки таких недоліків шляхом належної модифікації моделі або корекцією вхідних даних на етапі їхньої попередньої обробки.

Для оцінювання коректності вихідних даних важливо врахувати, що кількість проживаючих у гуртожитках під час зимових канікул, котрі припадають на січень і частково на лютий, суттєво зменшується у порівнянні з основним періодом осіннього і весняного семестрів. Дана обставина відображена у табл. 2 в даних за 2014-2015 роки, а на січень — лютий 2013 року саме і припадають граничні значення залишків. Очевидно, коректність статистичних даних є сумнівною, або кількість проживаючих була завищена за рахунок поселення інших категорій людей (використання гуртожитку у якості хостелу, тимчасове заселення тощо). При подальшій побудові розширеної моделі енергоспоживання цю обставину буде враховано.

Перейдемо до аналізу табл. 1. Розрахункові величини, яким відповідають великі значення залишків (листопад і грудень 2015 року), в даному разі є значно нижчими, ніж реальні величини. Розглянемо вихідні дані за вказані проміжки часу, для порівняння включивши сюди 2013 і 2014 роки (див. табл. 3).

Таблиця 3

Рівні електроспоживання у грудні та листопаді 2013 - 2015 років

Період	Рівень електроспоживання, кВт×год	Кількість проживаючих, чол.	Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °C
Листопад-13	719,103	318	6,37667
Грудень-13	866,6903	325	-0,219355
Листопад-14	1004,5097	347	1,63333
Грудень-14	911,7842	311	-2,1
Листопад-15	1190,1303	348	4,69333
Грудень-15	1236,44032	348	1,88387

Звернемо увагу на те, що рівні електроспоживання у 2015 році є помітно вищими, ніж відповідні величини енергоспоживання у 2013 і 2014 роках. Враховуючи наведені результати, показані на діаграмі Box Plot та в табл. 1, бачимо, що є сенс для уточнення моделі до вищеописаного набору предикторних змінних x_0, x_1, x_2 ввести додаткову «фіктивну» змінну x_3 . Сутність цієї змінної полягає у наступному. Розділимо реально можливі рівні споживання електроенергії на 2 класи: звичайного рівня і підвищеного. Домовимось, що змінна x_3 прийматиме значення 0, якщо показник електроспоживання відноситься до першого класу і 1 — до другого. Оцінку коефіцієнта регресії для введеної таким чином змінної одержимо шляхом віднесення вищевказаних показників 2015 року до другого класу. Тобто покладемо $x_3 = 1$ для листопаду і грудня 2015 року і 0 для інших місяців. При цьому одержимо розширення попередньої регресійної матриці стовпцем, що складається з нулів і одиниць на зазначених місцях. В подальшому при підрахунках модельних значень, наприклад, для

прогнозування електроспоживання при заданих значеннях змінних x_0, x_1, x_2 , покладаємо $x_3 = 1$, якщо в даному місяці мав місце або прогнозується зазначений режим підвищеного рівня. Якщо такий режим не передбачається, то приймаємо або модель типу 1, або модель типу 2 (розширену) при $x_3 = 0$. У двох останніх випадках очікуються близькі результати. Запропонована модель і є моделлю другого типу (розширеною), введення якої анонсувалося у початковій частині статті. Зауважимо, що модель другого типу може також застосовуватися для прогнозування максимальних значень електроспоживання при заданих прогнозних значеннях кількості проживаючих і температури зовнішнього середовища (тривалості опалювального періоду).

Наведемо приклад використання розширеної моделі для пояснення вищенаведених даних по об'єкта 1. При цьому виконаємо корекцію даних щодо усередненої місячної кількості проживаючих, скорегувавши значення, наведені в табл. 2 (за січень і лютий 2013 року). Для корегування даних шляхом екстраполяції обчислені відношення кількості проживаючих до паспортної ємності гуртожитку у березні 2014 і 2015 років: січень — 46, лютий — 109. Надалі, за умовчуванням, виконувались аналогічні дії у випадках, коли необхідність корекції даних була очевидною.

Оцінювання функції регресії у розширеній моделі (з введеною додатковою фіктивною змінною x_3) є наступною:

$$\hat{y} = 590,8128 + 0,7251x_1 - 19,4339x_2 + 434,0474x_3. \quad (7)$$

Деяка відмінність від моделі у наведеному списку [1] пояснюється зазначеною корекцією даних за кількістю проживаючих. Оцінки S, R середньоквадратичного відхилення випадкової складової ε і множинного коефіцієнта кореляції та F - статистики для перевірки гіпотези про незначущість розширеної моделі є наступними:

$$S=83,2108; R=0,9530; F=105,4557. \quad (8)$$

Порівняння із рівностями (5, 6) вказує на помітне підвищення якості розширеної моделі над спрощеною з точки зору значень S і R . Оскільки критичне значення для перевірки гіпотези про незначущість моделі $u_{1-\alpha}^{F(p-1, n-p)}$ при $\alpha = 0,05, p = 3, N = 36$ (тобто $u_{1-\alpha}^{F(3,32)}$) дорівнює 6,281 [6,7], то значення F вказує на ще більш високий рівень значущості, ніж у моделі (3). Графік залишків для розширеної моделі має наступний вигляд.

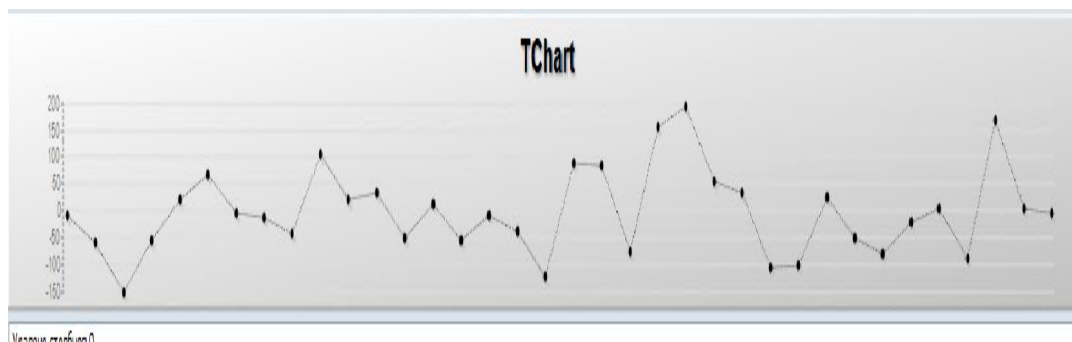


Рис. 3. Графік залишків розширеної регресійної моделі (з введеною додатковою фіктивною змінною x_3)

Розглянемо діаграму Box Plot, що відповідає графіку залишків розширеної регресійної моделі на рис 3 (див. рис. 4).

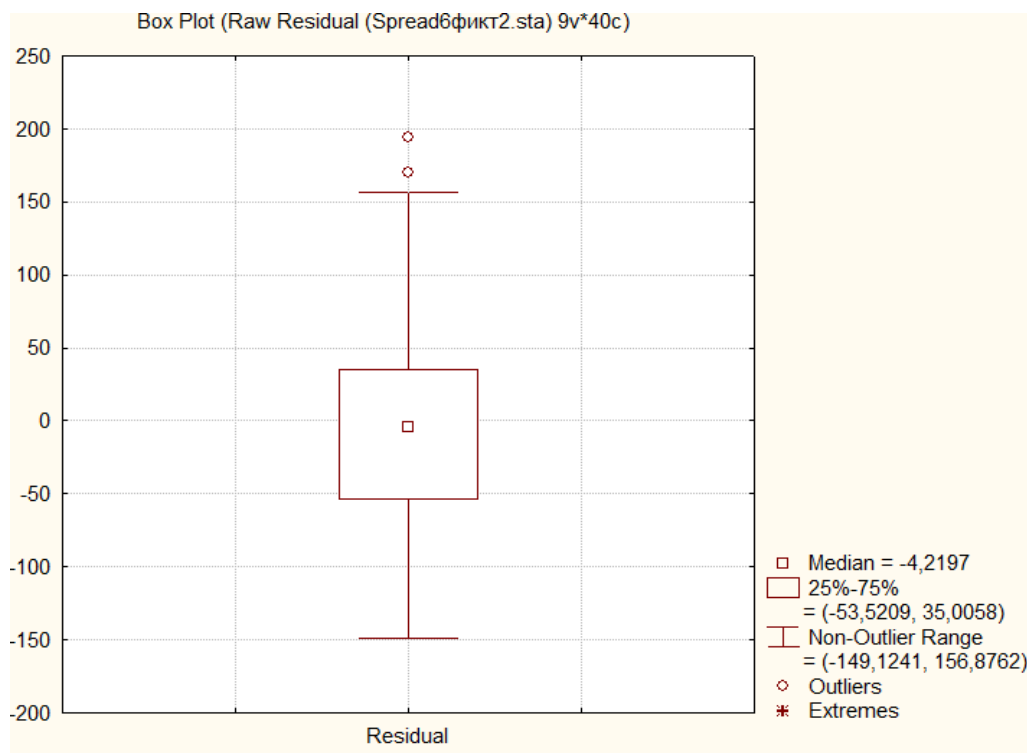


Рис. 4. Діаграма Box Plot для залишків розширеної регресійної моделі (з введеною додатковою фіктивною змінною x_3)

Візуально діаграми на рис. 1 і 3 мало відрізняються, але у останній до викидів відносяться значення залишків в діапазоні від 150 до 200, в той час як такі ж значення у першій діаграмі були віднесені до основного масиву значень. Екстремальні залишки розширеної регресійної моделі (з введеною додатковою фіктивною змінною x_3) наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Екстремальні залишки розширеної регресійної моделі (з введеною додатковою фіктивною змінною x_3)

								Standard Residual: Var1 (Spread6 Outliers)		
Case name	Standard Residuals							Observed Value	Predicted Value	Residual
	-5.	-4.	-3.	±2.	3.	4.	5.			
C:23	.	.	.	.*	.	.	.	1004,510	810,6812	193,8285
C:34	.	.	.	.*	.	.	.	871,725	701,4686	170,2559

Як видно з таблиці 4, найбільші залишки відносяться до спостережень з номерами 23 і 34, тобто у листопаді 2014 року і жовтні 2015 року. Яких-небудь причин організаційного плану, що мали б впливати на підвищення енергоспоживання саме у зазначений період, авторами не виявлено. Зауважимо, що наявність даних відхилень можна пояснити і чисто стохастичним чином, використовуючи модель (7). Дійсно, сформуємо уявлення про імовірнісний розподіл множини залишків, одержавши для них графік Normal Plot з комплексу програм STATISTICA:

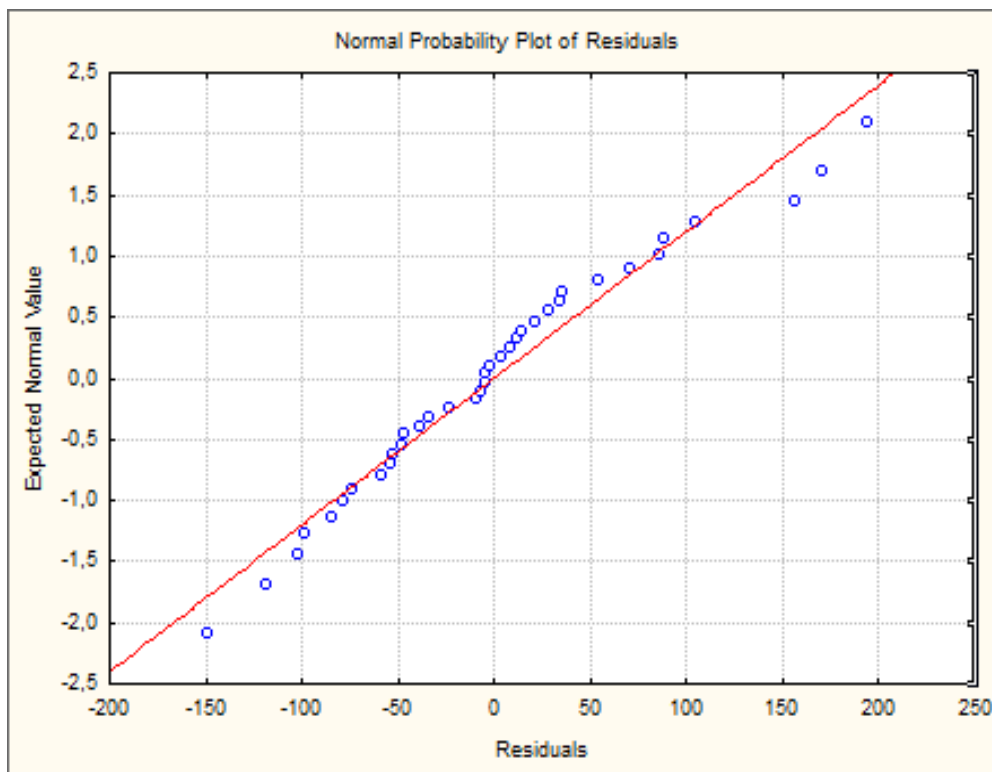


Рис. 5. Нормальний імовірнісний графік залишків розширеної регресійної моделі (з введеною додатковою фіктивною змінною x_3)

Відхилення від прямої групи точок, що відповідають даним залишкам, не є критичним. Воно має такий самий порядок, що й відхилення, обчислені з використанням значень нормально розподілених випадкових величин [2]. Бачимо, що принаймні у першому наближенні розподіл множини залишків можна вважати нормальним $N(\mu, \sigma)$. Параметри розподілу оцінені вище ($\mu \cong 0, \sigma \cong S = 83,2108$). З іншого боку, обчислення статистики d Дарбіна – Уотсона для перевірки гіпотези H_0 про незалежність залишків показує: $d = 1,7016$, що більше критичного рівня $d_U = 1,56$, так що (при рівні значущості 0,05) гіпотеза H_0 не відхиляється [3]. Такий стан речей дає можливість обчислити ймовірність появи не менш ніж двох значень залишків за модулем, більшим ніж $2S$. Імовірність появи такої події в окремому випробуванні за відомим правилом 2σ [12] дорівнює $1 - 0,9545 \dots \cong 0,0455 \dots$.

Позначивши $P_{\geq k}, P_{< j}, P_{=i}$ імовірність того, що кількість «успіхів» у схемі незалежних випробувань Бернуллі більше або дорівнює k , менше j і дорівнює i , відповідно, знайдемо імовірність $P_{\geq 2}$ появи двох або більше залишків визначеної вище величини.

Отже, маємо:

$$P_{\geq 2} = 1 - P_{< 2} = 1 - P_{=0} - P_{=1} \cong 1 - 0,954^{36} - 36 \cdot 0,046 \cdot 0,954^{35} \cong 0,497.$$

Таким чином, при утворенні серій зазначених випробувань приблизно в половині випадків можна чекати наявності принаймні двох залишків вказаної величини. Зауважимо, що аналогічні розрахунки для залишків, що відображені на рисунку 2, призводять до результату $P_{\geq 2} \cong 0,05$, що дає додаткові підстави для корегування моделі 1 і (або) вхідних даних.

З метою з'ясування можливостей побудованих моделей для прогнозування величин порівняємо розрахункові дані з величинами споживання електроенергії у наступні три роки

з 2016 по 2018 рр. (дані за цей період не були використані при побудові вищезазначених моделей). При цьому, з міркувань розвантаження матеріалу публікації, обмежимося тільки місяцями опалювального періоду і двома конкретними приміщеннями.

Об'єкт 1. Використовуємо дані за 2016 - 2018 роки . Період підвищеного споживання електроенергії, про який мова йшла вище, спостерігався у листопаді і грудні 2018 року (як і в 2015 році). Тому ми наведемо результати розрахунків за моделлю 2 при $x_3 = 1$ лише для останніх трьох місяців 2018 року, а за моделями 1 і 2 при $x_3 = 0$ — у всіх інших випадках.

Таблиця 5

Дані спостережень і розрахункові значення рівнів електроспоживання для об'єкта № 1 за опалювальні періоди 2016 - 2018 років

Період	Січень 2016 р.	Лютий 2016 р.	Березень 2016р.
Фактично	781,94	731,65	754,04
За моделлю 1	760,1628; [649,15-871,17]	685,99; [619,66-752,32]	802,56; [743,06-862, 07]
За моделлю 2, $x_3 = 0$	735,89; [664,1-807,7]	660,7102 [617,37-704,04]	754,82 [714,03-795,62]
Період	Жовтень 2016 р.	Листопад 2016 р.	Грудень 2016р.
Фактично	769,3858	883,78	828,52
За моделлю 1	725,722; [674,17-777,28]	838,3357; [774,29-902,38]	919,2804; [843,14-995,43]
За моделлю 2, $x_3 = 0$	685,648 [650,43-720,86]	788,6482 [744,91-832,38]	860,6976 [808,75-912,65]
Період	Січень 2017р.	Лютий 2017 р.	Березень 2017 р.
Фактично	677,09	933,7	786,88
За моделлю 1	745,29; [636,29-853,81]	952,636; [871,11 – 1034,16]	849,046; [783,5-914,6]
За моделлю 2, $x_3 = 0$	722,2942 [652,13-792,46]	890,54 [834,99-946,10]	806,2632 [759,98-852,53]
Період	Січень 2018р.	Лютий 2018 р.	Березень 2018 р.
Фактично	784,626	912,611	1077,806
За моделлю 1	753,29; [667,18-839,4]	937,968; [856,19-1019,75]	932,64; [854,43-1010,85]
За моделлю 2, $x_3 = 0$	724,4665; [668,39-780,53]	880,5103 [825,23-935,79]	883,989 [829,23-938,75]
Період	Жовтень 2018р.	Листопад 2018 р.	Грудень 2018 р.
Фактично	665,8969	1039,662	1339,94
За моделлю 1	667,042 [610,61-713,47]	837,754; [772,41-903,1]	939,014; [859,76-1018,27]
За моделлю 2, $x_3 = 0$	629,404; [629,4-667,4]	789,9546; [745,61-834,3]	878,1588; [824,09-932,22]
За моделлю 2, $x_3 = 1$	1063,45; [941,2-1185,7]	1224,002; [stat02,75-1345,25]	1312,206; [1191,07-1433,34]

Числа перед квадратними дужками у таблиці 5 — це прогнозні значення електроспоживання, обчислені за рівностями (3) і (7) (відповідно), а у квадратних дужках представлені довірчі інтервали рівня надійності 0,95 для таких значень.

Згідно з даними таблиці сумарна величина електроспоживання за представлені місяці 2016 року дорівнює 4749,3158 кВт×год, а відповідна розрахункова величина за моделлю 1 — 4634,7583 кВт×год. Відносна похибка дорівнює 0,0241. Модель 2 при $x_3 = 0$ дає розрахункову

величину 0,055. Аналогічно за 2017 рік маємо відносні похибки 0,06 і 0,009 відповідно. Дані за 2018 рік з моделлю 2 при $x_3 = 1$ за листопад та грудень і моделлю 1 для інших місяців дає відносну похибку 0,001.

Об'єкт 2. Періодів надвисокого споживання не виявлено. Представлено спостереження і розрахунки за моделлю 1.

Визначення відносної помилки сумарного прогнозу електроспоживання дають величини того ж порядку, що й при аналізі даних табл. 5.

Таблиця 6

Дані спостережень і розрахункові значення рівнів електроспоживання для об'єкта № 2 за опалювальні періоди 2016 - 2018 років

Період	Січень 2016 р.	Лютий 2016 р.	Березень
Фактично	1478,77	1869,986	1953,4613
За моделлю 1	1551,123; [1432,78-1669651]	1912,965; [1842,26-1983,67]	1928,577; [1856,66-2000,45]
Період	Листопад 2016 р.	Грудень 2016 р.	Січень 2017 р.
Фактично	2087,159	2003,5019	1593,73
За моделлю 1	1971,63; [1897,06-2046,22]	2077,44; [1993,45-2161,44]	1526,459; [1411,4-1641,52]
Період	Лютий 2017 р.	Березень 2017 р.	Листопад 2017 р.
Фактично	1885,1671	1737,1216	1954,371
За моделлю 1	2096,38; [2010,66-2126,11]	1949,92; [1876,9—2012,9]	1851,908; [1746,37-1918,44]
Період	Грудень 2017 р.	Січень 2018 р.	Лютий 2018 р.
Фактично	1881,341	1533,088	1869,986
За моделлю 1	1933,15; [1861,0-2005,3]	1438,371; [1333,48-1541,94]	1796; [1702,97-1889,28]

Як видно з наведених даних, відсутність вищезгаданих періодів підвищеного електроспоживання моделі 1 і 2 при $x_3 = 0$ дають приблизно однакову точність прогнозу (табл. 5). Розрахункові значення моделі 2 при $x_3 = 1$ відповідають періодам підвищеного електроспоживання (за їх наявністю). Для інших періодів розрахункові значення суттєво завищені. Їх можна застосовувати і у тих випадках, коли необхідно оцінити верхні границі рівнів електроспоживання.

Висновки. Для математичної інтерпретації процесів електроспоживання у будівлях ЗВО запропоновані лінійні регресійні моделі. В даній роботі розглядались будівлі гуртожитків Київського національного університету технологій та дизайну з використанням даних про електроспоживання системи «ІТК «АСУЕУ» служби енергоменеджменту. Спостереження представлені у вигляді середньомісячних показників за період з 2013 по 2015 рр.

У якості значень залежної змінної обрано середньомісячні значення активної частини спожитої електроенергії, а для пояснення змінних (регресорів) обрано середню кількість проживаючих у гуртожитках за місяцями року (для обраних гуртожитків) і середньомісячну температуру зовнішнього середовища (модель першого типу). Розроблені моделі перевірені на адекватність з використанням методів дослідження залишків, а також виконане порівняння розрахункових даних з даними спостережень за наступні роки (2016 – 2018 рр.).

Шляхом моделювання та аналізу одержаних результатів встановлено існування окремих періодів з підвищеними рівнями електроспоживання, які не мають адекватного пояснення, базуючись на використанні ймовірнісних характеристик зазначеної моделі. Для опису таких ситуацій було запропоновано введення розширених регресійних моделей, які додатково включають в себе так звані фіктивні змінні, додатні значення яких вказують на наявність періоду з підвищеними рівнями електроспоживання.

Наведені приклади реалізації запропонованих моделей показують суттєве зростання ступеня узгодження результатів моделювання з реальними даними у випадку наявності періодів підвищеного споживання електроенергії, а при їх відсутності, не впливають на достовірність результатів моделювання.

В якості подальших досліджень планується розширення запасу математичних моделей процесів електроспоживання у будівлях ВЗО з метою охоплення у даному аспекті решти основних типів зазначених будівель, таких як навчальні корпуси, учбові майстерні та ін. Дослідження такого роду сприятимуть підвищенню рівня ефективності використання енергетичних ресурсів у закладах вищої освіти.

Література

1. Каплун В. В. Математичне моделювання електроспоживання у будівлях вищих навчальних закладів/ В. В. Каплун, С. М. Краснитський, В. М. Бобровник, Г. С. Жулай // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2017. - № 4 (112). - С. 61-68. ISSN:1813-6796
2. Дрейпер Н. Р. Прикладной регрессионный анализ. / Н. Р. Дрейпер, Г. Смит. — М.: ДИАЛЕКТИКА, 2017. — 911 с.
3. George A. F. Seber, Linear Regression Analysis, 2nd Edition / George A. F. Seber Alan J. Lee John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003.
4. Райс Дж. Матричные вычисления и математическое обеспечение. — М.: Мир, 1984. — 262 с.
5. Лоусон Ч. Численное решение задач метода наименьших квадратов: монографія / Лоусон Ч., Хенсон Р. — М.: Наука, 1986. — 232 с.
6. Ликеш И. Основные таблицы математической статистики / Ликеш И., Ляга Й. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 356 с.
7. Мардиа К. Таблицы F-распределений. / Мардиа К., Земрох П.— М.: Наука, 1984. — 255 с.
8. Оленко А.Я. Комп'ютерна статистика: навчальний посібник / К.: ВПЦ «Київський університет», 2007. — 174 с.
9. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений: монографія / М.: Мир, 1982. — 693 с.

References

- 1.Kaplun V. V., Krasnytskyi S. M., Bobrovnyk V. M. Zhulai H. S. (2017) *Matematychnе modeliuвання elektrospozhyvannia u budivliakh vyshchyykh navchalnykh zakladiv* [mathematical simulation of power consumption in university buildings]. Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series» no. 4 (112). P. 61-68. ISSN: 1813-6796.
- 2.Draper N. R., Smith H. *Prekladnoi redressionnyi analiz* [Applied Regression Analysis]. Moscow, Dialektika Publ., 2017, 912 p.
- 3.George A. F. Seber, Linear Regression Analysis, 2nd Edition / George A. F. Seber Alan J. Lee John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003.
- 4.John R. Rice *Matrichnye vychisleniya i matematicheskoe obespechenie* [Matrix Computations and Mathematical Software]. Moscow, Mir., 1984, 262 p.
- 5.Charles L. Lawson, Richard J. *Chislennoe reshenie zadach metoda naimen'shikh kvadratov* [Hanson Solving Least Squares Problems]. Moscow, Nauka., 1986. - 232 p.
- 6.Lawson C.L., Hanson R.J. *Chislennoe reshenie zadach metoda naimen'shikh kvadratov* [Solving Least Squares Problems]. Moscow, Finansy i statistika., 1985. - 356 p.
- 7.Mardia, K. V., Zemroch P. J. *Tablitsy F-raspredeleniy* [Tables of the F- and Related Distributions with Algorithms]. Moscow, Nauka., 1984. - 255 p.
- 8.Olenko A.Ya. *Komp'yuterna statistika: navchal'niy posibnik*. Kyiv, VPTs «Kiivs'kiy universitet», 2007. — 174 p.
- 9.Tukey, J. *Analiz rezul'tatov nablyudeniya: monografiya* [Analysis of the results of observations]. Moscow, Mir., 1982, - 693 p. [in Russian]

10. Халафян А.А. Статистический анализ данных: підручник / — М.: БИНОМ, 2010. — 522 с.
11. Кельберт М.Я. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики: навчальний посібник / Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. — М.: МЦНМО, 2007. — 456 с.

10. Khalafyan A. A. *Statisticheskii analiz dannykh* [Statistical data analysis: tutorial]. Moscow, Binom., 1982, - 693 p. [in Russian]
11. Kel'bert, M. Ya. & Sukhov, Yu.M. (2007). *Osnovnye ponyatiya teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki: navchal'nyi posibnyk* [Basic Concepts of Probability Theory and Mathematical Statistics]. Moscow: MTsNMO. [in Russian]

KAPLUN VIKTOR
kaplun.v@knutd.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7040-9344
Researcher ID: B-8704-2017

BOBROVNIK VLADIMIR
vge@knutd.com.ua
<http://orcid.org/0000-0003-1779-5375>
Kyiv National University of Technologies & Design

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЗДАНИЯХ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ. СООБЩЕНИЕ 2

КАПЛУН В. В., КРАСНИТСКИЙ С. М., БОБРОВНИК В. Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Целью работы является разработка математических моделей и исследования на их основе особенностей электропотребления в зданиях высших учебных заведений (на примере общежитий Киевского национального университета технологий и дизайна).

Методика. Использованы множественный регрессионный анализ и разведывательный анализ в сочетании с компьютерными программными реализациями соответствующих статистических процедур.

Результаты. На основе реальных статистических данных получены регрессионные модели электропотребления в зданиях высших учебных заведений (общежитий), что стало логическим продолжением исследований, освещенных в работе [1]. Полученные результаты позволили путем моделирования выполнить прогнозное оценивание уровней электропотребления и проверить их достоверность, сравнивая их с реальными данными службы энергоменеджмента университета за предыдущие годы.

Научная новизна. Получили дальнейшее развитие методы управления электропотреблением с использованием регрессионных моделей в зданиях высших учебных заведений. На основе расширенного набора факторов, влияющих на процесс электропотребления, впервые исследованы и полученные зависимости, которые могут быть использованы для разработки сценариев энергоменеджмента ЗВО в специфические периоды образовательного процесса с учетом сезона и класса энергоэффективности зданий.

Практическая значимость. Результаты моделирования могут быть использованы для разработки методических рекомендаций внедрения комплекса энергосберегающих мероприятий в учреждениях высшего образования с учетом существующей инженерной инфраструктуры и повышения эффективности управления электропотреблением.

Ключевые слова: учреждение высшего образования, управления электропотреблением, регрессионный анализ, анализ остатков, диаграммы box-and-whisker plot, модель электропотребления, энергоменеджмент.

**MATHEMATICAL MODELING OF ELECTRICAL CONSUMPTION
IN BUILDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS. MESSAGE 2**

KAPLUN V. V., KRASNYTSKY S. M., BOBROVNYK V. M.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *The aim of the work is the development of mathematical models and the study on their basis of the characteristics of electrical consumption in higher educational institutions (using the example of hostels of the Kiev National University of Technology and Design).*

Method. *Multiple regression analysis and intelligence analysis in combination with computer software implementations of the corresponding statistical procedures were used.*

Results. *On the basis of real statistical data, regression models of power consumption in buildings of higher educational institute (hostels) were obtained, which was a logical continuation of the studies covered in [1]. The obtained results made it possible, by means of modeling, to carry out a predictive assessment of power consumption levels and to check their authenticity, comparing them with real data of the university's energy management service for previous years.*

Scientific novelty. *Methods of power management using regression models in buildings of higher educational institutions received further development. Based on an extended set of factors influencing the process of electricity consumption, the dependencies obtained for the first time were studied, which can be used to develop scenarios of energy management of higher educational institute in specific periods of the educational process, taking into account the season and energy efficiency class of buildings.*

Practical significance. *The simulation results can be used to develop guidelines for the implementation of a set of energy-saving measures in higher education institutions, taking into account the existing engineering infrastructure and improving the efficiency of power management.*

Keywords: *institution of higher education, power management, regression analysis, analysis of residuals, box-and-whisker plot, power consumption model, energy management.*

УДК 621.924.7

ZALYUBOVSKIY M. G.¹, PANASYUK I. V.², SMIRNOV Y. I.³,
KLAPTSOV Y. V.², MALYSHEV V. V.¹

¹ Open University of Human Development «Ukraine»,

² Kyiv National University of Technologies and Design,

³ National Aviation University

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE HANDLING PROCESS OF POLYMERIC UNITS IN A MACHINE WITH A COMPACTED SPACE MOVEMENT OF WORKING CAPACITY

Purpose. An experimental determination of the main technological parameters of polishing small polymer parts with a free abrasive in the form of granules in containers that perform a complex spatial movement.

Methodology. An experimental investigation of the processing of small polymeric parts by abrasive in the form of free granules in a machine whose working capacities performs a complex spatial movement to determine rational polishing conditions.

Results. On the basis of experimental research of the processing of small polymer parts in a machine with a complex spatial motion of a working tank, a rational mode of motion of a friable working medium is established that provides the highest intensity of polishing of parts. The intensity of execution of technological polishing operations during the implementation of cascade and waterfall modes of the friable working environment is shown. The mode of motion of a friable working environment is established, in the implementation of which the intensity of polishing parts will be the smallest. It has been experimentally established that in a capacity with proportional greater geometric parameters processing will take less time.

Scientific novelty. The regularities of the influence of the geometric parameters of the working capacity, which performs the complex spatial motion and the modes of motion of a friable working medium, are determined on the intensity of the process of polishing small polymer parts by abrasive in the form of free granules.

Practical significance. The instructions for realization of the corresponding mode of movement of a friable working medium, which provide intensive polishing of small polymer parts with a free abrasive in the form of granules, are obtained in a machine whose working capacities performs a complex spatial movement.

Keywords: polishing, working capacity, free abrasive in the form of granules, polymeric units.

Introduction. Formation of a large number of small polymer parts of various industries, including fittings of light industry, is caused by mechanical processing or casting. After that, the surface of the products has significant microniness and lack of gloss. Such parts are subjected to finishing, the essence of which is grinding and polishing their surface with a free abrasive in the form of granules, usually in the middle of the rotational capacity [1, 2] or in the capacities of vibrating machines [3]. These operations take up to 80% of the technological time [4]. Such processing in machines whose working capacities perform low-performance rotary motion [5] and require a lot of time.

Setting problem. Reducing the processing time can be due to the use of equipment in which the working capacity performs a complex spatial movement, due to the fact that the working environment in the processing process moves very rapidly.

However, to date, there are practically no guidelines for the processing of fine polymeric parts (grinding, polishing) with a free abrasive in the form of granules in a machine which working capacity is complicated by spatial motion [6], there is no scientifically substantiated information about the choice of rational mode of the working environment friable motion.

Thus, the definition of the rational mode of movement of a friable working environment, as well as the prediction of technological result at the design stage in the execution of the relevant technological operations, is an urgent task to date.

Results of the study. The analysis of published works on tools and methods for processing parts with free abrasive in the form of granules showed that the work of foreign scientists [7 – 9] on the study of the processes of blending of friable substances in similar equipment with the complex spatial movement of the working capacity. However, the processes of mixing friable substances and processing small polymer parts in the same type of equipment have radically different technological characteristics. That is why, when performing the technological processes of polishing small parts, it is not rational to use the instructions on the processes of blending of friable substances.

In [10], mathematical dependencies between the corresponding motion regime of the friable medium, the angular velocity of the driving shaft and the dimensional parameters of the working capacity, which performs a complex spatial motion, are established, however, there are no guidelines on how the friable working medium motion regime should be applied at polishing of the surface of polymeric parts.

There are dry and wet polishing abrasive small parts free in the middle of working capacity. During the experiment of processing of polymer parts, a method of wet polishing was used, in which the capacity with a friable working medium was poured water to the required level.

The time taken to perform the processing operations of grinding and polishing small polymer parts with a free granule abrasive depends on a large number of factors, the main of which are: the movement of a friable working medium, the level of filling of the working tank, the volume ratio of the abrasive components and the machined parts, the level of filling with bulk solids water, geometric parameters of the working capacity, the force influence of the abrasive components on the machined parts, the geometric shape and material, as treated products, and abrasive components, etc.

At the same time, it is impossible to take into account all the factors, therefore most of them were accepted according to previous researches of scientists and technological regulations of enterprises, namely: the level of filling of the working capacity was accepted by 40%, as treated products used the workpieces of buttons made of polyester resin in diameter of 28 mm and 16 mm. As abrasive material, ceramic triangular prisms with a length of all faces of 5 mm (Fig. 1) and fine-grained pumice were used. The volume ratio between the abrasive material and the buttons was 2,5:1, the level of filling with water did not exceed the level of the bulk solid. The bulk density of the abrasive material was $1500 \text{ kg} / \text{m}^3$.

The experiment was carried out at the facility with the possibility of changing the working capacity. Thus, two capacities of different sizes were used. The lower working capacity with the following geometric parameters: the volume of the container is $0,0021 \text{ m}^3$ (2,1 l), the length of the container between the opposite ends $l_{\Pi} = 0,17 \text{ m}$, the diameter of the container $d = 0,13 \text{ m}$. For such a capacitance was introduced conditional scale factor $n=1,54$.

The greater working capacity with the following geometric parameters: the volume of the container is $0,0082 \text{ m}^3$ (8,2l), the length of the container between the opposite ends $l_{\Pi} = 0,26 \text{ m}$, the diameter of the container $d = 0,2 \text{ m}$. For such a capacity was introduced conditional scale factor $n=1,54$.

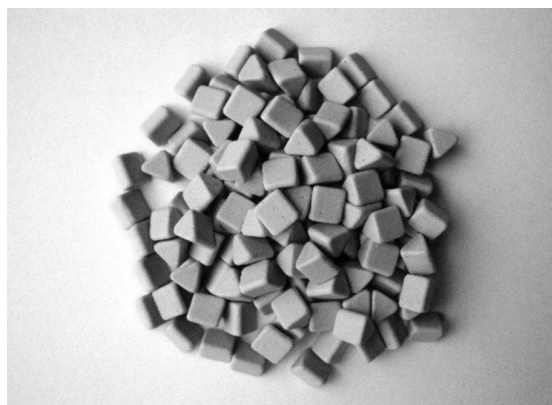


Fig. 1. Abrasive material in the form of ceramic triangular prisms

During the experiment, the following factors varied: the operating modes of the friable working environment, the size of the working capacity, and also took into account the force influence of the abrasive components on the workpieces. The processing of the buttons was carried out on the experimental installation of the machine, whose working capacity is made by a complex spatial motion, the photo of which is presented in Fig. 2.



Fig.2. Photo of the experimental facility

In the first part of the experiment, the effect of changing the modes of motion of a friable working medium on the intensity of the processing of polymer buttons was determined. Thus, the polishing of three separate batches of polyester buttons was carried out during the implementation of the waterfall, cascade and mixed modes of the friable working environment in the following sequence: in the lower working capacity ($n = 1$), unprocessed buttons and abrasive filler were loaded in the above ratios, the contents were flooded with water without special characteristics, the driving shaft of the machine provided angular velocity, which is necessary for the implementation of the corresponding mode of movement of the working environment. The angular velocity required for the implementation of the corresponding motion regime of a friable working medium in the middle of a capacitance of an appropriate size that performs a complex spatial motion can be calculated from the already known equations presented in [6].

For each mode of motion the total processing time was 42 hours. During this time, the machine stopped 7 times, samples of the buttons were taken at the 6th, 9th, 14th, 21st, 24th, 32nd and 42nd hours of processing. It was obtained 14 samples of two types of buttons for each mode of motion. The roughness of the surface of all 42 samples, as well as 2 unprocessed buttons and 2 control

buttons, which passed the complete cycle of processing at the company Polyplast LLC (Ukraine, Lviv) in an ordinary rotary tumbler, (a processing time was 30 hours), was determined in Laboratory of Measuring Equipment MMI NTUU "KPI named after Igor Sikorsky". The roughness of the surface was determined by two parameters: the arithmetic mean deviation of the profile R_a and the highest height of the profile inequalities R_{max} . Each measurement of the roughness parameter on one button was duplicated 7 times.

Next, for each roughness parameter measured on one button, an arithmetic mean value was determined, after which, with the help of Microsoft Excel, the graphic dependences of the surface roughness on the corresponding parameter from the processing time in the form of approximated curves were constructed, and the laws of the change of these curves were determined.

The roughness of the surface of the control raw samples and buttons, which have passed the complete cycle of processing at the company Polyplast LLC, in two parameters is presented in Table 1.

Table 1

Control sample	R_a , mkm	R_{max} , mkm
Unprocessed button Ø28	3,624	25
Unprocessed button Ø16	1,771	12,6
Processed button Ø28	0,092	1,8
Processed button Ø16	0,07	1,38

Graphic processing time dependencies of the surface roughness of the buttons for three motion modes of working medium are shown in fig. 3 (a – d).

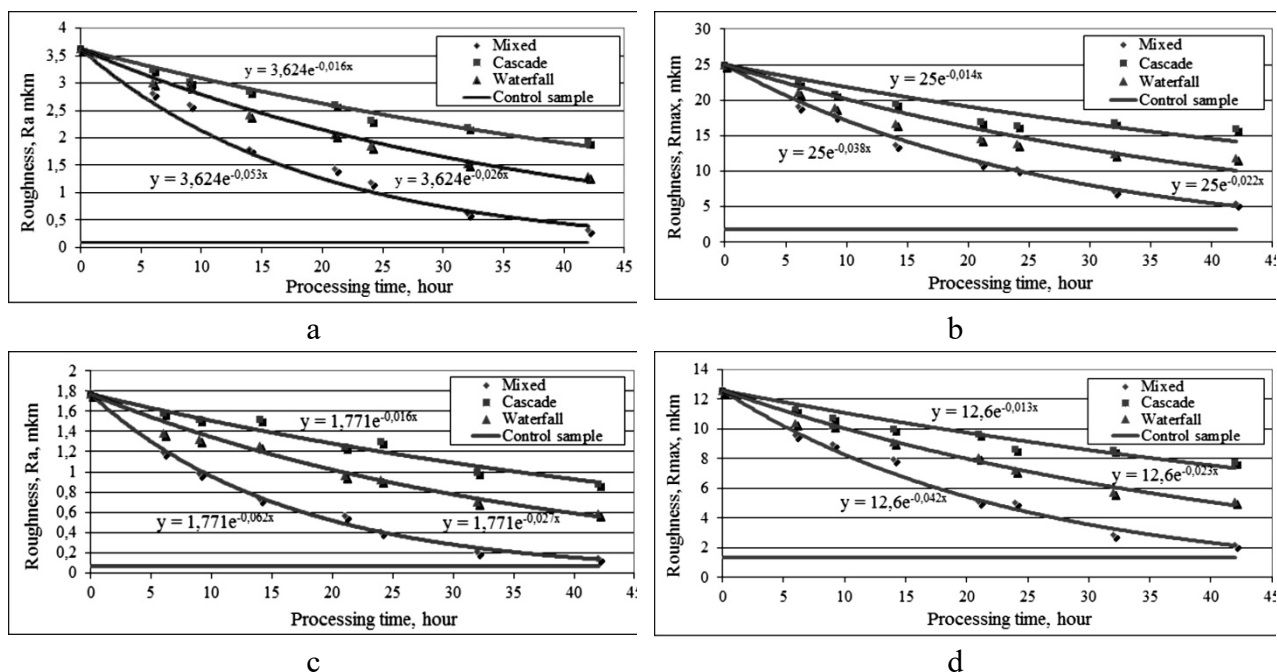


Fig. 3. Processing time dependency of the surface roughness of the buttons for three motion modes of working medium (a – the buttons with a diameter of 28 mm by the parameter R_a , b – the buttons with a diameter of 28 mm by the parameter R_{max} , c – the buttons with a diameter of 16 mm by the parameter R_a , d – the buttons with a diameter of 16 mm by the parameter R_{max})

Having analyzed the graphs of dependence, presented in Fig. 3 it is established that the greatest intensity of the processing of buttons occurs in the implementation of the mixed mode of motion, less intensive processing occurred in the waterfall mode of motion and the smallest - at cascade mode. According to the presented laws of changes in the approximated curves for different modes of motion of a friable working environment have been found that the time spent on processing polyester buttons in the waterfall mode will be one and a half times greater during the processing of products in a mixed mode, as well as the time spent on processing at cascade mode - three to four times greater than the time of processing in mixed mode.

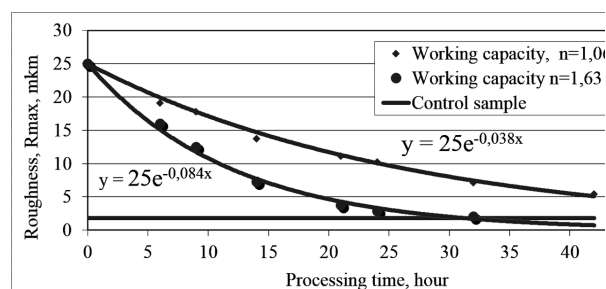
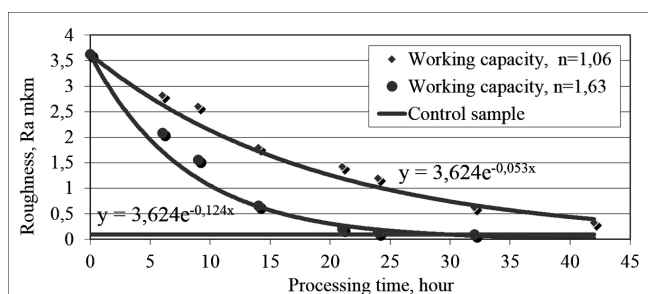
Such a pattern can be explained by the fact that during the waterfall mode of motion, due to the fact that there is free flight of particles, the time of contact between the processed products and the abrasive material decreases, as a result, time increases and the processing intensity decreases. A similar situation occurs during the implementation of the cascade mode of motion, especially at very low angular velocities of the driving shaft. In this case, though there is a constant contact between the processed products and the abrasive material, however, the friction path that is passed by one product over the appropriate period of time is significantly reduced.

Thus, further polishing of small polymer products with a free abrasive in the form of granules should be performed in the implementation of a mixed mode of motion of friable working media.

In the second part of the experiment, the influence of the geometric parameters of the working capacity on the intensity and quality of the buttons processing was determined, as well as the time required for the performance of the processing operations of the buttons. Thus, the polishing of an additional party of buttons in a larger working capacity was carried out ($n=1,54$).

The processing of 2 types of buttons performed during 32 hours. During this time the machine stopped 6 times, samples of the buttons were taken at the 6th, 9th, 14th, 21st, 24th and 32nd hours of processing. We received 12 samples of two types of buttons. The roughness of their surface was determined in the laboratory of the NTUU "KPI named after Igor Sikorsky" in two parameters the arithmetic mean deviation of the R_a profile and the greatest height of the profile inequalities R_{max} . Each measurement of the roughness parameter on one button was duplicated 7 times after that, using Microsoft Excel, graphic dependences of surface roughness were constructed with the corresponding parameter from the processing time obtained as a result of the approximation of the experimental data. The laws of curve change are determined and compared on one coordinate plane with a graph of the dependence of surface roughness from the time the buttons are processed in a working capacity with lower geometric parameters.

Graphic dependencies of the change of the buttons surface roughness from the processing time in two working capacities of proportional different sizes during the implementation of the mixed mode of motion of a friable working medium are presented in Fig. 4 (a – d).



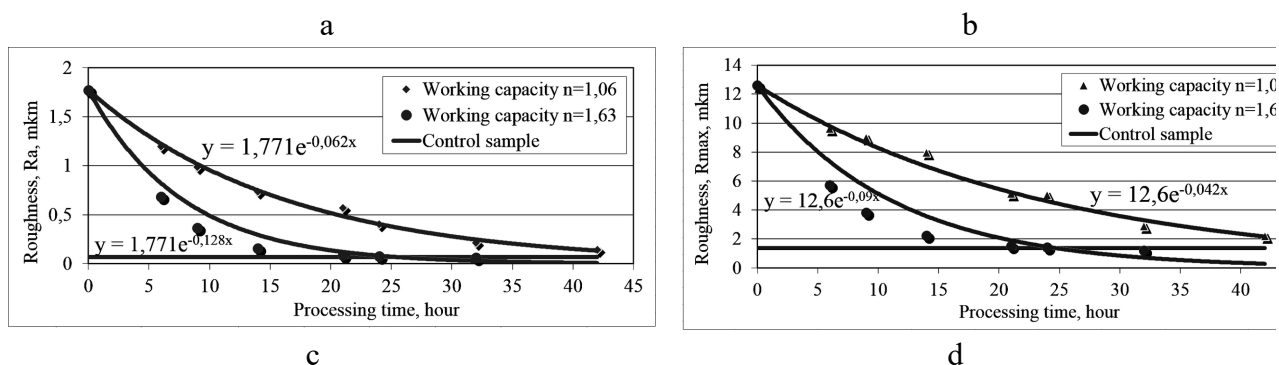


Fig. 4. Processing time dependency of the surface roughness of the buttons for three motion modes of working medium (a – the buttons with a diameter of 28 mm by the parameter R_a , b – the buttons with a diameter of 28 mm by the parameter R_{max} , c – the buttons with a diameter of 16 mm by the parameter R_a , d – the buttons with a diameter of 16 mm by the parameter R_{max})

The photo of the raw buttons, as well as the buttons that have passed the appropriate processing time, are shown in Fig. 5.

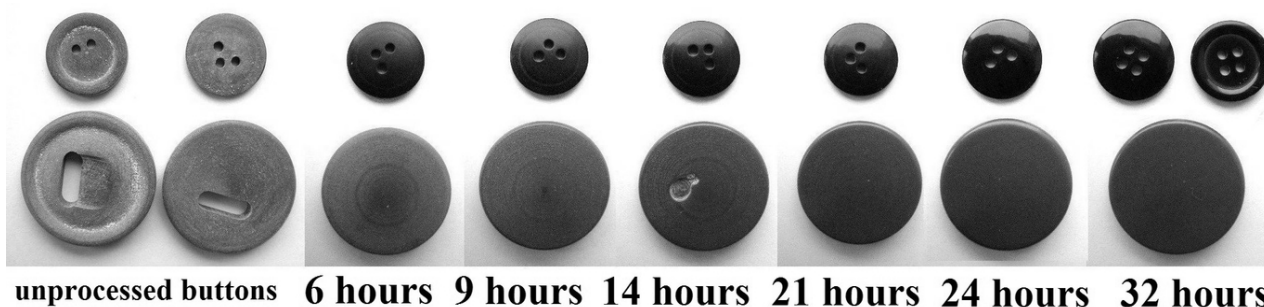


Fig. 5. The photo of the raw buttons, as well as the buttons that have passed the appropriate processing time

Having analyzed the graphs of dependence, presented in Fig. 4 it is confirmed that the intensity of processing of polymer parts will be greater in working capacity with proportionally larger sizes. Compare among themselves the Microsoft Excel equations of the roughness curves defined on the graphs by the processing of products in working tanks with larger ($n=1,54$) and smaller ($n=1,0$) geometric parameters, it can be noted that the processing time of the buttons at $n = 1,0$ will require about 2.5 to 3 times more time than the time of processing at $n = 1.54$ according to the parameters according to the roughness parameters on which the quality of the processed surface was evaluated.. In addition, the time spent on processing buttons with a diameter of 16 mm to achieve this value of roughness R_a , which corresponds to the roughness of the surface of the button treated at the company Polyplast LLC (0,771 microns), will be approximately 25-27 hours, which is already 3 - 5 hours less during processing in a machine with rotating capacity.

In addition, when using a machine with a flexible working capacity to perform grinding or polishing operations on the surface of the parts and simultaneously reducing power consumption, it is not necessary to simultaneously process two or more types of parts, including buttons, with distinct geometric parameters. It is recommended that only one type of detail be processed in one machine.

If there are insignificant quantities of batch products, the processing should be carried out in a machine having a capacity with a smaller volume.

Conclusions:

1. The influence of modes of movement of a friable working medium in the middle of the tank on the intensity and quality of processing of small polymer parts is investigated. It has been experimentally established that the most intense polishing of parts by abrasive in the form of free granules occurs when the mixed mode of motion of the working medium in the middle of the capacity, performing a complex spatial movement, occurs.

2. The influence of geometric parameters of the working capacity on the intensity and quality of processing of small polymer parts is investigated. It has been experimentally established that in a capacity with proportional greater geometric parameters processing will take less time.

Література

1. Першин В. Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / Першин В. Ф., Однолько В. Г., Першина С. В. // Монография – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с;
2. Валуйский В. Я. Продвижение сыпучих продуктов через наклонный барабан / В.Я. Валуйский // Известия вузов. Пищевая технология. – 1965. – № 1. – С. 139 – 142;
3. Шумакова Т. А. Инструмент для виброабразивной обработки деталей: монография / Т. А. Шумакова, В. И. Шаповалов, Ю. И. Гутько; Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. - Луганск: Ноулидж, 2011. - 59 с;
4. Бурмістенков О.П. Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантереїній промисловості: монографія / Під заг. ред. В.П. Коновала. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – 255 с;
5. Копин В.А., Макаров В.Л., Ростовцев А.М. Обработка изделий из пластмасс. - М.: Химия, 1988. - 176 с;
6. Патент №109083, МПК B01F 11/00, B24B 31/00. Машина для обробки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну - №u201601467; заяв. 18.02.2016, опуб. 10.08.2016, бюл. № 15;
7. M. Marigo. Discrete Element Method Modelling of Complex Granular Motion in Mixing Vessels: Evaluation and Validation: dissertation EngD / M. Marigo. - The University of Birmingham, UK., 2012;
8. M. Marigo, D. L. Cairns, M. Davies, M. Cook, A. Ingram, E. H. Stitt. Developing Mechanistic Understanding of Granular Behaviour in Complex Moving Geometry using the Discrete Element Method. Part A: Measurement and Reconstruction of Turbulent Mixer Motion using Positron Emission Particle

References

1. Pershin, V., Odnolko, V., & Pershina, S. (2009). *Pererabotka syrachikh materialov v mashinakh barabannogo tipa* [Processing bulk materials in drum type machines]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian];
2. Valuiskii, V. (1965). Prodvizhenie syrachikh produktov cherez naklonnyi baraban [Promotion of bulk products through an inclined drum]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya* – *News of universities. Food technology*, 1, 139 – 142 [in Russian];
3. Shumakova, T., Shapovalov, V., & Gutko, Iu. (2011). *Instrument dlia vibroabrazivnoi obrabotki detalei: monografiia* [Vibro-abrasive machining tool: monograph]. Lugansk: Noulidzh [in Russian];
4. Burmistenkov, O. (2007). *Vyrobnytstvo lytykh detalei ta vyrobiv z polimernykh materialiv u vzuttyevii ta shkirhalantereyinii promyslovosti: monohrafiia* [Manufacture of cast details and articles of polymeric materials in the shoe and leather industry: monograph]. Khmelnytskyi: KhNU [in Ukraine];
5. Kopin, V., Makarov, V., & Rostovtcev, A. (1988). *Obrabotka izdelii iz plastmass* [Plastics processing]. Moscow: Khimiia [in Russian];
6. Zaliubovskiy MG, Panasiuk IV (2016). Mashyna dlia obrobky detalei. [Machine for processing parts]. Ukrainian patent, no. 109083;
7. Marigo, M. (2012). Discrete Element Method Modelling of Complex Granular Motion in Mixing Vessels: Evaluation and Validation: dissertation EngD. [in English];
8. Marigo, M., Cairns, D., Davies, M., Cook, M., Ingram, A., & Stitt, E. (2010). Developing Mechanistic Understanding of Granular Behaviour in Complex Moving Geometry using the Discrete Element Method. Part A: Measurement and

Tracking, CMES: Computer Modeling in Engineering & Sciences, Vol. 59, No. 3 (2010), pp. 217-238;
9. C. Mayer-Laigle. Mixing dynamics for easy flowing powders in a lab scale Turbula mixer / C. Mayer-Laigle, C. Gatumel, H. Berthiaux // Chemical Engineering Research and Design Volume 95, March 2015, P. 248-261;
10. I. Panasyuk. Driving machine shaft angular velocity impact on motion conditional change of granular medium in working reservoir for components compounding and process / Igor Panasyuk, Mark Zalyubovskiy // Metallurgical and Mining Industry – 2015. – №3. – P. 260-264.

Reconstruction of TurbulaMixer Motion using Positron Emission Particle Tracking. CMES: Computer Modeling in Engineering & Sciences. [in English];
9. Mayer-Laigle C., Gatumel, C., & Berthiaux, H. (2015). Mixing dynamics for easy flowing powders in a lab scale Turbula mixer. Chemical Engineering Research and Design. [in English];
10. Panasyuk, I., Zalyubovskiy, M. (2015). Driving machine shaft angular velocity impact on motion conditional change of granular medium in working reservoir for components compounding and process. Metallurgical and Mining Industry, Vol. 3, 260 – 264 [in English];

ZALIUBOVSKIY MARK

markzalubovskiy@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6258-0088>

Open University of Human Development «Ukraine»

SMIRNOV YURIY

ysmirnov.03@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2303-9832>

National Aviation Universit

IGOR PANASYUK

panasjuk1961@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6671-4266>

ResearcherID: D-4255-2017

Kyiv National University of Technologies & Design

KLAPTSOV YURIY

klaptsov.y@knuutd.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1731-5733>

Kyiv National University of Technologies & Design

MALYSHEV VICTOR

viktor.malyshev.igic@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2756-3236>

Open University of Human Development «Ukraine»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДРІБНИХ ПОЛІМЕРНИХ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНІ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОСТОРОВИМ РУХОМ РОБОЧОЇ ЄМКОСТІ

ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М. Г.¹, ПАНАСЮК І. В.², СМІРНОВ Ю. І.³, КЛАПЦОВ Ю. В.²,
МАЛИШЕВ В. В.¹,

¹ Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

² Київський національний університет технологій та дизайну

³ Національний авіаційний університет

Мета. Експериментальне визначення основних технологічних параметрів полірування дрібних полімерних деталей вільним абразивом у вигляді гранул у ємкостях, що виконують складний просторовий рух.

Методика. Проведено експериментальне дослідження процесу обробки дрібних полімерних деталей абразивом у вигляді вільних гранул в машині, робоча ємкість якої виконує складний просторовий рух, для визначення раціональних умов полірування, результати експерименту систематизовано за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel-2016, побудовано відповідні графіки на основі апроксимації даних.

Результати. На основі проведеного експериментального дослідження процесу обробки дрібних полімерних деталей в машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості встановлено раціональний режим руху сипкого робочого середовища, який забезпечує найбільшу інтенсивність полірування деталей. Показано інтенсивність виконання технологічних операцій полірування при реалізації каскадного та водоспадного режимів руху сипкого робочого середовища. Встановлено

режим руху сипкого робочого середовища, при реалізації якого інтенсивність полірування деталей буде найменшою. Експериментально встановлено, що в ємкості, яка має пропорційно більші геометричні параметри, процес обробки займатиме менше часу.

Наукова новизна. Встановлені закономірності впливу геометричних параметрів робочої ємкості, що виконує складний просторовий рух та режимів руху сипкого робочого середовища на інтенсивність процесу полірування дрібних полімерних деталей абразивом у вигляді вільних гранул.

Практична значимість. Отримані настанови щодо реалізації відповідного режиму руху сипкого робочого середовища, що забезпечують інтенсивне полірування дрібних полімерних деталей вільним абразивом у вигляді гранул в машині робоча ємкості якої виконує складний просторовий рух.

Ключові слова: полірування, робоча ємкість, вільний абразив у вигляді гранул, полімерні деталі.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ МЕЛКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНЕ СО СЛОЖНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧЕЙ ЕМКОСТИ

ЗАЛЮБОВСКИЙ М. Г.¹, ПАНАСЮК И. В.², СМЕРНОВ Ю. И.³, КЛАПЦОВ Ю. В.²,
МАЛЫШЕВ В. В.¹,

¹Открытый международный университет развития человека «Украина»

²Киевский национальный университет технологий и дизайна

³Национальный авиационный университет

Цель. Экспериментальное определение основных технологических параметров полирования мелких полимерных деталей свободным абразивом в виде гранул в емкостях, выполняющих сложное пространственное движение.

Методика. Проведено экспериментальное исследование процесса обработки мелких полимерных деталей абразивом в виде свободных гранул в машине, рабочая емкость которой выполняет сложное пространственное движение, для определения рациональных условий полирования.

Результаты. На основе проведенного экспериментального исследования процесса обработки мелких полимерных деталей в машине со сложным пространственным движением рабочей емкости установлено рациональный режим движения сыпучей рабочей среды, который обеспечивает наибольшую интенсивность полирования деталей. Показано интенсивность выполнения технологических операций полирования при реализации каскадного и водопадного режимов движения сыпучей рабочей среды. Установлен режим движения сыпучей рабочей среды, при реализации которого интенсивность полировки деталей будет наименьшей. Экспериментально установлено, что в емкости, которая имеет пропорционально большие геометрические параметры, процесс обработки будет занимать меньше времени.

Научная новизна. Установлены закономірності впливу геометричних параметрів робочої ємкості, виконуючої складне просторове руху та режимів руху сипкого робочого середовища на інтенсивність процесу полірування дрібних полімерних деталей абразивом у вигляді вільних гранул.

Практическая значимость. Полученные установки по реализации соответствующего режима движения сыпучей рабочей среды, обеспечивающие интенсивное полирование мелких полимерных деталей свободным абразивом в виде гранул в машине, рабочая емкость которой выполняет сложное пространственное движение.

Ключевые слова: полирование, рабочая емкость, свободный абразив в виде гранул, полимерные детали.

УДК 677.027.625

АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., СКАЛОЗУБОВА Н. С.,
САРІБЄКОВА Ю. Г.

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРІВ АКРИЛОВОЇ ТА УРЕТАНОВОЇ ПРИРОДИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖУ

Мета. Мета роботи полягає у дослідженні впливу полімерних покриттів на жорсткість бавовняного трикотажного полотна.

Методика. У якості об'єкту дослідження використані водні дисперсії акрилових сополімерів та аліфатичних поліуретанів. Застосовані стандартизовані методики дослідження показників фізико-механічних властивостей полімерних плівок та текстильних матеріалів. Сформовані полімерні плівки охарактеризовано за зовнішнім виглядом і показником відносного видовження при розриві. Механічні властивості бавовняного трикотажного полотна з полімерним покриттям оцінено за показником жорсткості.

Результати. У роботі наведено результати дослідження фізико-механічних властивостей полімерних плівок акрилової та уретанової природи. Показана залежність еластичності сформованих плівок від функціональних груп полімеру та їх взаємного розташування. За результатами експерименту встановлено, що жорсткість апретованого трикотажного полотна залежить в першу чергу від хімічної будови полімерного зв'язуючого. Визначено, що досліджувані акриловий сополімер з промотором адгезії та аліфатичні поліуретани завдяки високому ступеню поперечного зішивання посилюють пружно-еластичні властивості утвореного композиту полімер-волокно. Встановлена необхідність вибору полімеру з високою еластичністю для формування покриття на трикотажному полотні.

Наукова новизна. Доведено, що запропонований стирол-акриловий сополімер завдяки утворенню високоеластичної плівки дозволяє отримати м'який гриф бавовняного трикотажного полотна.

Практична значимість. Отримані результати експерименту мають практичне значення для розробки нових опоряджувальних складів для текстильних матеріалів.

Ключові слова: дисперсія акрилового сополімеру, поліуретанова дисперсія, полімерна плівка, бавовняний трикотаж, жорсткість.

Вступ. На сьогоднішній день підвищення конкуренції на ринку текстильних товарів призводить до необхідності надання текстилю побутового призначення додаткових покращених властивостей, таких як водо-, масло- і брудовідштовхування, стійкість до дії мікроорганізмів, вогнестійкість, світлостійкість та ін. [1].

Традиційно спеціальні види опорядження текстильних матеріалів здійснюють шляхом їх просочення у розчинах хімічних реагентів, які надають відповідні властивості волокнистому матеріалу, а також шляхом закріплення діючої речовини на поверхні волокна за допомогою полімерного зв'язуючого. В якості зв'язуючих речовин широке застосування знаходять синтетичні акрилати. Цей клас полімерів утворює плівку, яка характеризується хорошою адгезією, світлостійкістю, стійкістю до високих температур, прання і хімічного чищення, але відрізняється невисокою стійкістю до сухого і мокрого тертя [2 – 4]. Покриття з підвищеною стійкістю до фізико-механічних і хімічних впливів здатні утворювати поліуретани [2, 5, 6].

Опоряджувальні процеси у трикотажному виробництві аналогічні опорядженню тканин. Однак специфічні властивості трикотажу, які є наслідком його петельної структури,

обумовлюють особливості проведення опоряджувальних операцій та особливі вимоги до властивостей трикотажних полотен [7]. При апретуванні трикотажного полотна необхідним є контролювання параметру жорсткості. Показники жорсткості текстилю значно впливають на зовнішній вигляд виробів, визначаючи їх призначення і естетичні властивості. На жорсткість текстильних матеріалів, окрім їх волокнистого складу, структури, властивостей волокон і ниток, впливає обробка самого матеріалу. Однією з вимог до обробленого полімерною композицією трикотажного полотна є невисока жорсткість, оскільки збільшення даного показника погіршує експлуатаційні характеристики матеріалу. У зв'язку з вище викладеним дослідження, спрямовані на розробку нових опоряджувальних композицій для трикотажу є актуальними.

Постановка завдання. Основним завданням є дослідження впливу полімерних покриттів різної природи на жорсткість трикотажного полотна.

Результати дослідження. Для дослідження обрано бавовняне трикотажне полотно ластичного переплетення 1×1 з поверхневою щільністю 150 г/см^2 . В якості плівкоутворювачів використовували водні дисперсії акрилової (Tubifast AS 4010, Лакрітекс 640) та уретанової природи (Аквапол 12 і Аквапол 14).

Дисперсія Tubifast AS 4010 є стирол-акриловим сополімером. Дисперсія Лакрітекс 640 є акриловим сополімером з додаванням промотора адгезії. На міцність адгезійного зв'язку полімерної плівки з субстратом впливає наявність функціональних карбоксильних груп модифікуючого мономеру – метакрилової кислоти [8].

Досліджувані дисперсії Аквапол 12 і Аквапол 14 відносяться до класу поліуретанів на основі аліфатичного ізоціанату і характеризуються утворенням прозорої і стійкої до УФ-випромінювання плівки.

З метою оцінки можливості використання досліджуваних полімерних дисперсій для обробки трикотажних полотен на першому етапі роботи досліджено фізико-механічні властивості індивідуальних полімерних плівок. Результати випробувань сформованих полімерних плівок наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики полімерних плівок

Полімерна дисперсія	Зовнішній вигляд	Відносне видовження при розриві, ϵ_r , %
Tubifast AS 4010	прозора, липка	>1000
Лакрітекс 640	прозора, липка	550
Аквапол 12	прозора, нелипка	480
Аквапол 14	прозора, нелипка	76

Всі досліджувані полімерні дисперсії утворюють прозору плівку, тому обрані препарати не матимуть негативного впливу на колористичні властивості трикотажного полотна в процесі апретування.

Аналіз відносного видовження при розриві досліджуваних полімерних плівок (табл. 1) показує, що вимогам формування високоеластичних покриттів задовольняють дисперсії Tubifast AS 4010 і Лакрітекс 640. Причиною цього є наявність у акрилових полімерах довгих гнучких ділянок молекул, розділених функціональними групами, які сприяють взаємодії між

ланцюгами з утворенням зшитих структур [9]. Полімери даного типу легко релаксують та швидко розподіляють напруги, які виникають при деформації плівок.

Фізико-механічні властивості поліуретанових плівок залежать від характеру функціональних груп та їх розташування. Жорсткий фрагмент полімерного ланцюга, що надає полімеру твердість, міцність, знижену еластичність, утворюється ізоціанатами, а гнучкі ділянки, що обумовлюють його м'якість та еластичність, формуються сполуками простих і складних поліефірів [10]. Згідно отриманих даних (табл. 1), плівка Аквапол 14 характеризується найменшою еластичністю, що свідчить про високий ступінь поперечного зшивання полімеру.

На наступному етапі роботи досліджено вплив полімерного покриття на жорсткість бавовняного трикотажного полотна. Формування полімерних покриттів на поверхні текстильного матеріалу здійснювали методом просочення зразків трикотажу у розчинах досліджуваних полімерних дисперсій з концентраціями 50 г/л і 100 г/л з наступним сушінням при 80°C і термообробкою при 150°C. Визначення жорсткості трикотажного полотна при вигині проводили на приладі ПТ-2 методом консолі [11]. Жорсткість вимірювали окремо для зразків, викроєних в поздовжньому і в поперечному напрямках. Коефіцієнт жорсткості визначали відношенням значень жорсткості поздовжнього напрямку до поперечного. Отримані показники жорсткості трикотажного полотна після обробки полімерними дисперсіями наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Вплив полімерного покриття на жорсткість трикотажного полотна

Обробка	Концентрація, г/л	Жорсткість на вигин, E_I , мкН·см ²		Коефіцієнт жорсткості, K_{EI}
		поздовжній напрям	поперечний напрям	
Без обробки	0	4907	1499	3,27
Tubifast AS 4010	50	4976	1510	3,30
	100	5262	1528	3,44
Лакрітекс 640	50	8762	2631	3,33
	100	15831	2766	5,72
Аквапол 12	50	5780	2635	2,19
	100	14476	2758	5,25
Аквапол 14	50	6133	3015	2,03
	100	16181	4019	4,03

Тонкодисперсні полімери у процесі апретування трикотажного полотна глибоко проникають у міжволоконний простір, а після процесів сушіння і термообробки, що супроводжуються утворенням просторовозшитих структур, додатково посилюються пружно-еластичні властивості отриманого композиту полімер-волокно і зростає жорсткість текстильного матеріалу.

Результати дослідження жорсткості зразків трикотажу в поздовжньому та поперечному напрямках (табл. 2) свідчать про переваги використання стирол-акрилової дисперсії Tubifast AS 4010 при обох концентраціях. З метою порівняння зміни жорсткості трикотажу після апретування порівняно з необробленим полотном на рис. 1, 2 показане

відносно збільшення досліджуваного показника зразків при концентрації полімерів в просочувальній ванні 50 г/л і 100 г/л відповідно.

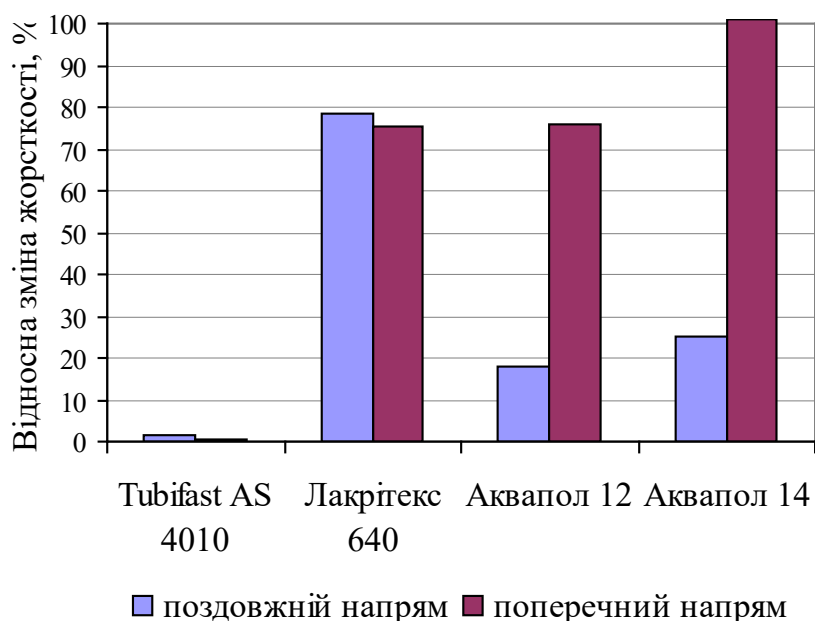


Рис. 1. Відносна зміна жорсткості трикотажу при концентрації полімерів 50 г/л

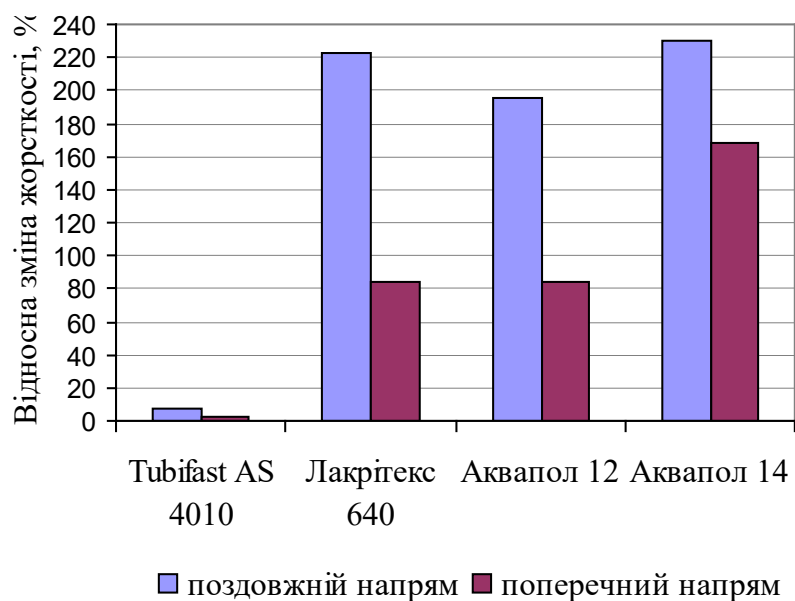


Рис. 2. Відносна зміна жорсткості трикотажу при концентрації полімерів 100 г/л

Аналіз даних на (рис. 1) показує, що при використанні стирол-акрилової дисперсії Tubifast AS 4010 у концентрації 50 г/л підвищує жорсткість трикотажу в незначній мірі – на 1,4% і 0,7% у поздовжньому і поперечному напрямках відповідно. У випадку використання акрилової дисперсії Лакрітекс 640 спостерігається підвищення жорсткості зразків відповідно у поздовжньому і поперечному напрямках на 78,6% і 75,5%. Підвищення концентрації акрилових сополімерів до 100 г/л (рис. 2) призводить до збільшення жорсткості трикотажного полотна у випадку використання Tubifast AS 4010 на 7,2% у поздовжньому

напрямі і 1,9% у поперечному напрямі, а у випадку Лакрітекс 640 – на 222,6% і 84,5% відповідно.

Різний вплив досліджуваних акрилових сополімерів на показники жорсткості бавовняного трикотажного полотна обумовлений відмінностями хімічної будови зв'язуючих. Визначним фактором в реакціях макромолекул акрилового сополімеру з макромолекулами волокнуотворюючого полімеру є взаємодія його функціональних груп з реакційноздатними групами полімеру волокна. В результаті реакції великої кількості карбоксильних груп у структурі макромолекул Лакрітекс 640 з гідроксильними групами целюлози утворюється зшита структура, що призводить до зменшення гнучкості волокон і зміни пружно-еластичних властивостей самого матеріалу. Наявність у структурі полімеру таких мономерів, як бутилакрилат і ефіри акрилової кислоти обумовлює отримання м'яких та еластичних текстильних матеріалів, що спостерігається у випадку Tubifast AS 4010.

При використанні поліуретанових дисперсій Аквапол 12 і Аквапол 14 в концентрації 50 г/л (рис. 1) жорсткість зразків трикотажу поздовжнього напрямку зростає на 17,8% і 25% відповідно, а жорсткість поперечного напрямку – на 75,8% і 101,1%. Підвищення концентрації досліджуваних поліуретанів до 100 г/л (рис. 2) призводить до збільшення жорсткості поздовжнього напрямку на 195% для Аквапол 12 і на 229,8% для Аквапол 14, а поперечного напрямку – на 84% і 168,1% відповідно.

На основі отриманих експериментальних даних можна зробити висновок, що основним фактором, який впливає на жорсткість апретованого трикотажу, є хімічна будова використовуваного полімерного зв'язуючого. Таким чином, необхідною умовою отримання м'якого грифу трикотажних полотен є здатність полімеру утворювати високоеластичну плівку.

Висновки. В результаті проведеного експерименту досліджено вплив фізико-механічних властивостей полімерних плівок акрилової та уретанової природи на жорсткість обробленого бавовняного трикотажного полотна. Встановлено, що жорсткість трикотажу зростає при використанні полімерів, здатних утворювати структури з високим ступенем поперечного зшивання. Показана ефективність використання в якості зв'язуючого стирол-акрилового сополімеру Tubifast AS 4010, який створює прозору, високоеластичну плівку на бавовняному волокні, що обумовлює отримання м'якого та еластичного трикотажного полотна.

Література

1. Ibrahim N. A., Ibrahim D. F., Eid B. M., Tawfik T. M. (2016). Upgrading the functional properties of reactive dyed cotton knits. *Journal of the Textile Institute*. 108, 9, 1634-1642. DOI: 10.1080/00405000.2016.1273988
2. Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A. (2007). *Organic Coatings: Science and Technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 746 p.
3. Михайлова В. Е. Разработка безопасных аппретирующих составов для комплексной заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных

References

1. Ibrahim N. A., Ibrahim D. F., Eid B. M., Tawfik T. M. (2016). Upgrading the functional properties of reactive dyed cotton knits. *Journal of the Textile Institute*. 108, 9, 1634-1642. DOI: 10.1080/00405000.2016.1273988
2. Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A. (2007). *Organic Coatings: Science and Technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 746 p.
3. Mikhailova V. E., Epishkina V. A., Celms R. N., Vasiliev V. K. (2018). *Razrabotka bezopasnykh appretiruyushchikh sostavov dlya kompleksnoy zaklyuchitel'noy otdelki tsellyulozoderzhashchikh*

материалов / В. Е. Михайлова, В. А. Епишкина, Р. Н. Целмс, В. К. Васильев // Вестник Санкт-петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: естественные и технические науки. – 2018. – №2. – С. 59-65.

4. Горшков Д. С. Покрытия на основе стирол-акриловых сополимеров / Д. С. Горшков, В. С. Осипчик // Успехи в химии и хим. технол. – 2005. – 19, № 6. – С. 36–40.

5. Tennebroek R., van der Hoeven, van Casteren I., Swaans R., van der Slot S., Stals P., Tuijelaars B., Koning C. (2018). Water-based polyurethane dispersions. *Polymer International*. 68, 5, 832-842. DOI: 10.1002/pi.5627.

6. Gündüz G., Kisakurek R. R. (2008). Structure–Property Study of Waterborne Polyurethane Coatings with Different Hydrophilic Contents and Polyols. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 25, 2, 217-228. DOI: 10.1081/DIS-120030668.

7. Milind M., Pant S. (2014). Effect of finishing on stiffness and drape properties of knitted fabrics. *Textile Trends*. 57, 6, 45-49.

8. Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов. – М: МГУ им. Ломоносова М. В., 2010. – 68 с.

9. Глубиш П. А. Применение полимеров акриловой кислоты и ее производных в текстильной и легкой промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 205 с.

10. Саундерс Дж. Х., Фриш К. К. Химия полиуретанов / пер. с англ. З. А. Кочновой и Ж. Т. Коркишко; Под ред. С. Г. Энтелеса. – М.: Химия, 1968. – 470 с.

11. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; Под ред. Б. А. Бузова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.

tekstil'nykh materialov [Development of safe compositions for complex final finishing of cellulose-containing textile materials] *Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Natural and Technical Sciences*. 2, 59-65 [in Russian].

4. Gorshkov D. S., Osipchik V. S. (2005). Pokrytiya na osnove stirol-akrilovykh sopolimerov [Coatings based on styrene-acrylic copolymers]. *Uspekhi v khimii i khim. tekhnol.* 19, 6, 36–40 [in Russian].

5. Tennebroek R., van der Hoeven, van Casteren I., Swaans R., van der Slot S., Stals P., Tuijelaars B., Koning C. (2018). Water-based polyurethane dispersions. *Polymer International*. 68, 5, 832-842. DOI: 10.1002/pi.5627.

6. Gündüz G., Kisakurek R. R. (2008). Structure–Property Study of Waterborne Polyurethane Coatings with Different Hydrophilic Contents and Polyols. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 25, 2, 217-228. DOI: 10.1081/DIS-120030668.

7. Milind M., Pant S. (2014). Effect of finishing on stiffness and drape properties of knitted fabrics. *Textile Trends*. 57, 6, 45-49.

8. Bogdanova, Yu. G. (2010). Adgeziya i yeye rol' v obespechenii prochnosti polimernykh kompozitov [Adgeziya and its role in ensuring the strength of polymer composites]. Moscow State University. Moscow [in Russian].

9. Glubish P. A. (1975). Primeneniye polimerov akrilovykh kislot i yeye proizvodnykh v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti [The use of polymers of acrylic acids and its derivatives in the textile and light industry]. Legkaya industriya, Moscow [in Russian].

10. Saunders J. H., Frish K. K. (1968). Khimiya poliuretanov [Chemistry of polyurethanes]. Khimiya. Moscow [in Russian].

11. Buzov B. A., Alymenkova N. D. (2004). Materialovedeniye v proizvodstve izdeliy legkoy promyshlennosti (shveynoye proizvodstvo): Uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [Materials science in the manufacture of products of light industry (clothing production): a textbook for university students]. Publishing Center "Academy". Moscow [in Russian].

SARIBYEKOVA YULIA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6430-6509>
ysaribyekova@gmail.com
Kherson National Technical University

SKALOZUBOVA NATALIA

natalia.skalozubova@gmail.com
Kherson National Technical University

SEMESHKO OLGA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8309-5273>
solgaya@gmail.com
Kherson National Technical University

ASAULYUK TATYANA

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5961-6895>
tatisevna@gmail.com
Kherson National Technical University

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОВ АКРИЛОВОЙ И УРЕТАНОВОЙ ПРИРОДЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖА

АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., СКАЛОЗУБОВА Н. С., САРИБЕКОВА Ю. Г.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Цель работы состоит в исследовании влияния полимерных покрытий на жесткость хлопчатобумажного трикотажного полотна.

Методика. В качестве объекта исследования использованы водные дисперсии акриловых сополимеров и алифатических полиуретанов. Применены стандартизированные методики исследования показателей физико-механических свойств полимерных пленок и текстильных материалов. Сформированные полимерные пленки охарактеризованы по внешнему виду и показателю относительного удлинения при разрыве. Механические свойства хлопчатобумажного трикотажного полотна с полимерным покрытием оценены по показателю жесткости.

Результаты. В работе приведены результаты исследования физико-механических свойств полимерных пленок акриловой и уретановой природы. Показана зависимость эластичности сформированных пленок от функциональных групп полимера и их взаимного расположения. По результатам эксперимента установлено, что жесткость аппретированного трикотажного полотна зависит в первую очередь от химического строения полимерного связующего. Определено, что исследованные акриловый сополимер с промотором адгезии и алифатические полиуретаны благодаря высокой степени поперечного сшивания усиливают упруго-эластические свойства образованного композита полимер-волокно. Установлена необходимость выбора полимера с высокой эластичностью для формирования покрытия на трикотажном полотне.

Научная новизна. Доказано, что предложенный стирол-акриловый сополимер благодаря образованию высокоэластичной пленки позволяет получить мягкий гриф хлопчатобумажного трикотажного полотна.

Практическая значимость. Полученные результаты эксперимента имеют практическое значение для разработки новых отделочных составов для текстильных материалов.

Ключевые слова: дисперсия акрилового сополимера, полиуретановая дисперсия, полимерная пленка, хлопчатобумажный трикотаж, жесткость.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ACRYLIC AND URETHANE POLYMERS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF COTTON KNIT

ASAULYUK T. S., SEMESHKO O. Ya., SKALOZUBOVA N. S., SARIBYEKOVA Yu. G.

Kherson National Technical University

Purpose. The purpose of the work is to study the effect of polymer coatings on the rigidity of cotton knitted fabric.

Methodology. As the object of the study aqueous dispersions of acrylic copolymers and aliphatic polyurethanes are used. Standardized methods for studying the indicators of physicomachanical properties of polymer films and textile materials are used. The formed polymer films are characterized by their appearance and an indicator of relative elongation at break. Mechanical properties of cotton knitted fabric with polymer coating are evaluated in terms of rigidity.

Findings. The paper presents the results of the study of the physicomachanical properties of polymer films of acrylic and urethane nature. The dependence of the elasticity of the formed films on the functional groups of the polymer and their relative position is shown. According to the results of the experiment, it was established that the rigidity of the finished knitted fabric depends primarily on the chemical structure of the polymer binder. It was determined that the studied acrylic copolymer with the adhesion promoter and aliphatic polyurethanes due to the high degree of cross-linking enhance the elastic properties of the polymer-fiber composite formed. The necessity of choosing a polymer with high elasticity to form a coating on a knitted fabric was established.

Originality. It is proved that the proposed styrene-acrylic copolymer due to the formation of a highly elastic film allows us to obtain a soft handle of cotton knitted fabric.

Practical value. The results of the experiment are of practical importance for the development of new finishing compositions for textile materials.

Keywords: acrylic copolymer dispersion, polyurethane dispersion, polymer film, cotton knit, rigidity.

<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, BAT «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 ресурсоощадних 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 *9*к 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⁻¹). 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.: Codyeco RPI 4377 (18 %) – 150; Акрил 1755 (28,6 %) – 100; казеїн (10 %) – 50; воскова емульсія (20 %) – 40; вода – 200. Витрата – 70±10 г/м². Для закріплення використано склад, мас. ч.: нітроемульсія LE 5555 (80 %) – 100; вода – 100. Витрата – 55±10 г/м².

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 2³, 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>Sulphirrol 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 (σ_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											
				σ_p , 10 МПа			l_{10} , %			ПП, мг/см ² · год			VR, см ³ /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 чисельнику $f_2 = 4$), 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 Стюдента $t_{табл} = 2,31$, 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 чисельнику $f_2 = 3$), 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 Стюдента $t_{табл} = 2,31$, 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 чисельнику $f_2 = 4$), 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 Стюдента $t_{табл} = 2,31$, 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 %.

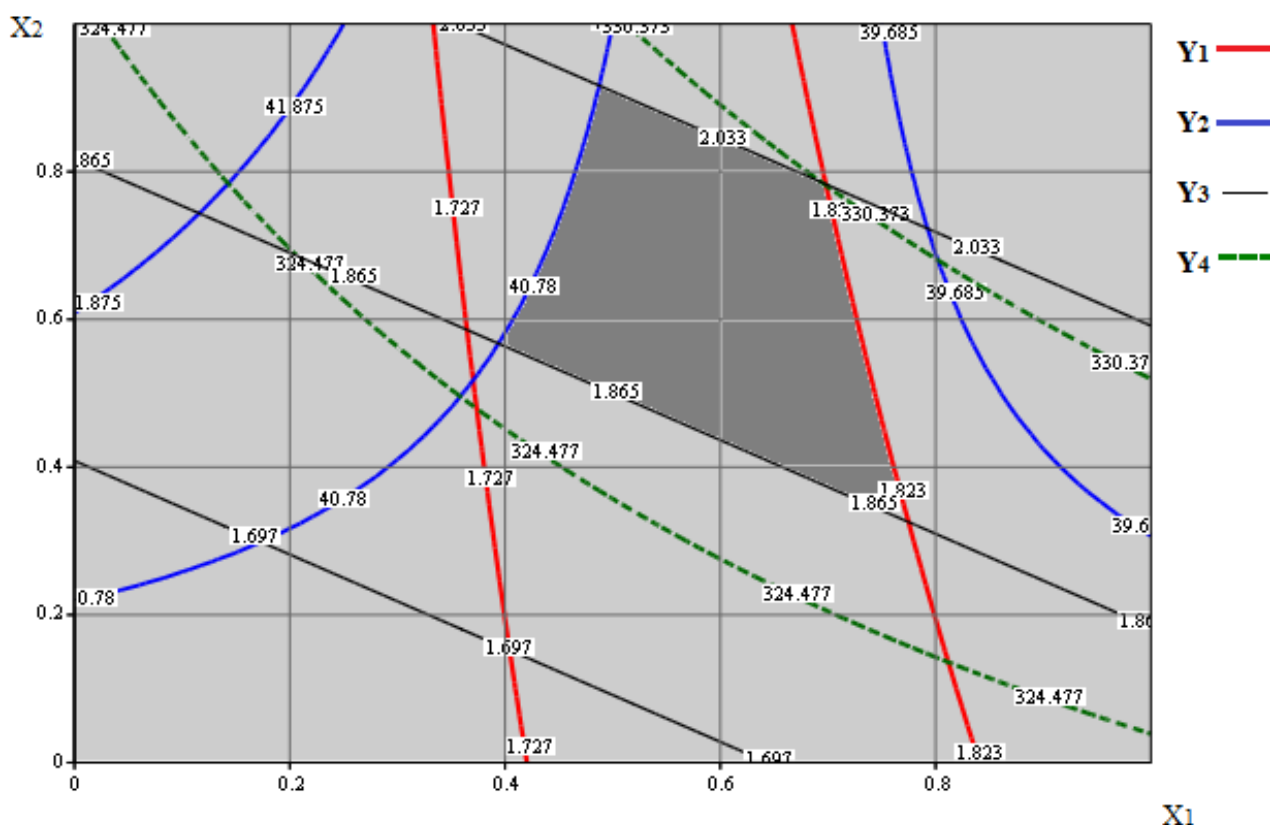
Об'ємний вихід:

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

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 чисельнику $f_2 = 5$), 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 Стюдента $t_{табл} = 2,31$, 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

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].



Для встановлення оптимальних параметрів рідинного оздоблення за безградієнтним методом пошуку оптимуму розраховали 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/см² · год; об'ємний вихід $Y_u^4 = 328$ см³/100 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 (граничі міцності при розтягу $K\sigma_p$, розтріскування лицьової поверхні $K\sigma_{\text{л}}$ 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 σ_p , 10 МПа	Розтріскування лицьової поверхні $\sigma_{\text{л}}$, 10 МПа	Відносне видовження при напруженні 10 МПа l_{10} , %	Абсолютна паропроникність, мг/см ² · год	Об'ємний вихід, см ³ /100 г білка	Коефіцієнт рівномірності $\sigma_{\text{л}}$	Коефіцієнт рівномірності $\sigma_{\text{роз}}$	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 розкрійні 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 $K\sigma_{\text{л}}$ (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 *Sulphirrol 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
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 : KNUTD, 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 [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 вісті 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., Кутин 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 kozhevennom proizvodstve [Aminoaldehyde resins in leather production]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. №8. P. 179–181. [in Russian].

8. Branovytska S. V., Bondarenko S. H., Danylkovich A. H., Sanhinova O. V., Chervinskyi V. O. Bahatokryterialna optymizatsiia protsesu dublennia za modyfikovanyim metodom Khuka-Dzhyvsa [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. *Sistemnyi 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 меламин Retanal LMV для додубливания-наполнения, а также анионных жирозащитных препаратов – CMX-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 козлы. 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 CMX-373 и Sulfirol C при жировании с общим расходом жира 5,0 %), обеспечивающие получение высококачественной хромовой кожи для верха обуви из козлы. 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.

УДК 677.017.4

БЕЗСМЕРТНА В. І., ГАЛАВСЬКА Л. Є., БОБРОВА С. Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТИ МІЦНОСТІ ПАРААРАМІДНИХ НИТОК У ПРОЦЕСІ В'ЯЗАННЯ КУЛІРНОГО ТРИКОТАЖУ

Мета. Дослідження характеру впливу параметрів в'язання кулірного трикотажу на втрату міцності параарамідних ниток після в'язання.

Методика. У роботі використано метод математичного моделювання та регресійного аналізу. Розривні характеристики параарамідних ниток встановлено експериментально на розривній машині КТ-7010AZ у відповідності до ДСТУ ISO 2062:2004.

Результати. У результаті реалізації повного трифакторного експерименту одержано математичні регресійні моделі, що адекватно описують вплив параметрів в'язання на збереження міцності параарамідної нитки. У якості керованих факторів процесу в'язання обрано глибину кулірування, зусилля відтягування полотна та лінійну густину ниток. На величину розривального навантаження на нитку після в'язання мають вплив усі три фактори. Однак, визначальний вплив має лінійна густина параарамідної нитки. Збільшення глибини кулірування призводить до збільшення розривального навантаження. Натомість, збільшення зусилля відтягування – до зменшення розривального навантаження на нитку. На показник втрати міцності мають вплив лише два фактори: лінійна густина та глибина кулірування. Їх збільшення призводить до зростання показника втрати міцності. Для зменшення втрати міцності параарамідних ниток після в'язання за умови незмінної їх лінійної густини слід збільшувати глибину кулірування. Це забезпечує зменшення на одиницю довжини точок перегину параарамідної нитки, зігнутої у процесі в'язання у петлі, та сприяє збереженню її міцності.

Наукова новизна полягає у виявленні характеру впливу лінійної густини нитки, глибини кулірування та зусилля відтягування полотна на показник втрати міцності параарамідної нитки після в'язання.

Практична цінність. Встановлення оптимальних параметрів в'язання трикотажу, що максимально забезпечують збереження міцнісних характеристик арамідних ниток після їх переробки у текстильний матеріал для виготовлення захисних виробів технічного призначення.

Ключові слова: кулірний трикотаж, глибина кулірування, розривальне навантаження, параарамідна нитка, втрата міцності нитки.

Вступ. Параарамідні нитки серед усіх органічних видів сировини мають найбільш високі експлуатаційні характеристики, відрізняються високими значеннями міцності та модуля пружності. Вони стійкі до впливу полум'я, високих температур, органічних розчинників, нафтопродуктів. Крім того, арамідні волокна менш крихкі у порівнянні з вуглецевими та скляними волокнами та придатні для переробки на звичайному обладнанні текстильних виробництв [1]. Завдяки своїм міцнісним властивостям параарамідні нитки використовують для виготовлення канатів, надміцних тросів, засобів індивідуального захисту та у виробництві авіаційної та космічної техніки. Оскільки міцність даних виробів є одним з найважливіших показників, то є необхідність визначення міцнісних характеристик арамідних ниток після їх переробки у текстильний матеріал та виявлення факторів, які впливають на їх втрату.

Постановка завдання. Питанням визначення міцнісних властивостей пара-арамідних ниток займаються вчені всього світу. Групою вчених [2-4] визначено втрату міцності виробів з параарамідних ниток під впливом різних чинників: зносу, дії вологи, температури та інших факторів. У роботі [2] параарамідні нитки випробовували на стійкість до дії світлопогоди в

лабораторних умовах на приладі ПДС. У якості об'єктів дослідження обрано 4 зразки високоміцних параарамідних ниток Русар, що призначені для виготовлення засобів балістичного захисту. Після кожного циклу впливу здійснено розрахунок лінійної густини ниток та вимір їх механічних характеристик. У ході досліджень виявлено, що зі збільшенням тривалості інсоляції лінійна густина ниток Русар зростає, так як відбувається їх набухання під дією температури та вологості, а міцність зменшується.

У роботах [5,6] авторами встановлено вплив умов експлуатації на механічні властивості параарамідних ниток, а саме короткочасну та тривалу дію температури, хімічних середовищ, вплив іонізуючого випромінювання, вологи та інших атмосферних факторів. Після впливу факторів досліджено розривні характеристики ниток та встановлено, що кожен фактор відображається на міцнісних властивостях нитки та встановлено, що найбільший вплив має дія вологи.

У статті [7] досліджено вплив води на міцність параарамідних ниток різних виробників під час розтягу та розриву петлею і затягнутої вузлом. Встановлено, що нитка з вузлом втрачає міцність значно більше, ніж нитка без переломів та згинів. Крім того, міцність витягнутих з води параарамідних ниток знижується на 22%.

У роботі [8] науковцями встановлено залежність величини розривального зусилля від швидкості руху нижнього затискача розривної машини. У ході дослідження впливу швидкості руху затискача на розрив виявлено, що міцність пара-арамідних ниток зростає за лінійним законом, і з ростом швидкості розтягування збільшується розривальне навантаження та знижується повне розривальне видовження. Крім того, авторами встановлено, що підготовлена для розриву нитка, змотана безпосередньо з бобіни, має більше розривальне навантаження, ніж та, яку перед розривом зв'язували у вузол. Це пояснюється тим, що при зав'язуванні вузла нитка змінює напрямок і відбувається деформування філаментів, тому і розривальне навантаження значно менше.

У результаті проведеного аналізу виявлено, що на втрату міцності пара-арамідних ниток впливає ряд факторів, однак питання їх переробки у текстильний матеріал та втрати вихідних характеристик ниток не досить вивчене. У процесі виготовлення багатофіламентних параарамідних ниток можлива значна втрата їх міцності внаслідок скручення, яке супроводжується поверхневим тертям між елементарними волокнами і, як наслідок, їх пошкодження. Відомо, що підвищення ступеня крутки призводить до зниження модуля пружності та міцності одиночних волокон. У процесі переробки ниток на ткацькому та в'язальному обладнанні спостерігається процес тертя нитки об нитку та нитки об робочі органи. Крім того, нитка у трикотажному полотні приймає форму петлі та знаходиться у стиснутому стані. Цей факт особливостей структуроутворення може призвести до зміни початкового показника міцності нитки. Першочерговим завданням на шляху розробки трикотажу підвищеної міцності є дослідження поведінки надміцних ниток у процесі в'язання. Однак, на сьогодні відсутня вичерпна інформація щодо особливостей переробки пара-арамідних ниток на в'язальному обладнанні. Тому поставлена у роботі мета досліджень є актуальною.

Результати дослідження. Для виготовлення дослідних зразків обрано кулірне переплетення гладь. Зразки трикотажу вироблено на плосков'язальному обладнанні типу ПВРК 8 класу із параарамідної нитки марки СВМ лінійної густини 58,8 текс в один та два кінці. На

властивості трикотажних полотен у процесі в'язання впливає ряд факторів, таких як лінійна густина, глибина кулірування, сила натягу нитки та зусилля відтягування полотна.

З метою визначення найвпливовішого фактору на показник міцності заплановано та реалізовано повний трифакторний експеримент. У якості керованих факторів обрано лінійну густину нитки – X_1 [текс], глибину кулірування – X_2 [мм] та зусилля відтягування полотна – X_3 [сН] при сталому натягу нитки (табл.1).

Таблиця 1

Умови проведення повного трифакторного експерименту

Умови проведення експерименту	Натуральні значення i-го фактору			Кодовані значення i-го фактору		
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
	$T, \text{текс}$	$H, \text{мм}$	$Q, \text{сН}$	T	h	Q
основний рівень фактору X_{oi}	88,2	3	2251,4	0	0	0
інтервал варіювання факторів I_i	29,4	0,5	591,50	1	1	1
верхній рівень фактору X_{vi}	58,8x2	3,5	2842,9	+1	+1	+1
нижній рівень фактору X_{ni}	58,8	2,5	1659,9	-1	-1	-1

Для визначення величини глибини кулірування використана залежність, що описує взаємозв'язок між довжиною нитки в петлі та розмірами робочих органів машини й товщини нитки [11]. Довжину нитки в петлі змінено шляхом зміни положення кулірного клина. На підставі зазначеної залежності, виходячи зі встановлених значень мінімальної та максимальної довжини нитки в петлі, розраховано мінімальне та максимальне значення глибини кулірування: 2,5 мм та 3,5 мм відповідно. У ході реалізації попереднього експерименту встановлено мінімальний та максимальний рівні зусилля відтягування полотна: 1659,9 сН та 2842,9 сН відповідно.

Проведено дослідження щодо визначення факторів, які мають вплив на показник втрати міцності параарамідних ниток після в'язання Y_p . Даний показник визначено за наступною залежністю:

$$Y_p = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де P_1 – розривальне навантаження на нитку до в'язання, кгс.

P_2 – розривальне навантаження на нитку після в'язання, кгс.

Розривальне навантаження на нитку до та після в'язання встановлено на розривній машині КТ-7010AZ у відповідності до ДСТУ ISO 2062:2004 [12]. Величина розривального навантаження на нитку до в'язання становить: для нитки лінійної густини 58,8 текс $P_1 = 12,87$ кгс; для 58,8 текс x 2 $P_1 = 22,58$ кгс.

Шляхом розпуску дослідних зразків трикотажу, вироблених у відповідності до матриці планування повного трифакторного експерименту, підготовлено дослідні відрізки ниток для визначення розривального навантаження на нитку після в'язання. Середні значення розривального навантаження на нитку після в'язання $\bar{Y}_G$ та показник втрати міцності $\bar{Y}_p$ наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

**Матриця планування експерименту
та середні значення досліджуваних показників**

Номер досліджу	Фактори				Середнє значення показника	
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{Y}_G$, кгс	$\bar{Y}_P$, %
1	+	-	-	-	9,58	74,44
2	+	+	-	-	19,72	87,33
3	+	-	+	-	11,52	89,51
4	+	+	+	-	21,56	95,47
5	+	-	-	+	10,44	81,15
6	+	+	-	+	18,04	79,87
7	+	-	+	+	10,22	79,41
8	+	+	+	+	19,54	88,32

Значущість коефіцієнтів регресії перевірено за допомогою критерія Стюдента t_R . Одержані регресійні залежності у кодованому вигляді мають наступний вигляд:

для розривального навантаження

$$Y_G = 15,08 + 4,64 \cdot X_1 + 0,63 \cdot X_2 - 0,52 \cdot X_3 + 0,41 \cdot X_1 \cdot X_3 \quad (2)$$

для показника втрати міцності

$$Y_P = 84,44 + 3,31 \cdot X_1 + 3,74 \cdot X_2 \quad (3)$$

Адекватність одержаних моделей перевірено за допомогою критерія Фішера. Саме коефіцієнти регресії у рівняннях у кодованому вигляді за величиною та знаком дають змогу судити про вагомість та характер впливу кожного з досліджуваних факторів на параметри оптимізації. Так, на величину розривального зусилля має найбільший вплив лінійна густина нитки. Що стосується таких параметрів в'язання, як глибина кулірування та зусилля відтягування полотна, то слід зауважити, що збільшення глибини кулірування сприяє збільшенню розривального зусилля. Натомість, збільшення зусилля відтягування призводить до зменшення розривального зусилля. Взаємний вплив виявляють такі фактори як лінійна густина та зусилля відтягування полотна.

Одержана регресійна математична залежність для показника втрати міцності вказує на несуттєвість впливу зусилля відтягування полотна. При цьому лінійна густина та глибина кулірування мають пропорційний вплив. Збільшення лінійної густини та глибини кулірування призводить до зростання показника втрати міцності, тобто зменшується негативний вплив на міцність нитки після в'язання. Таким чином, для зменшення втрати міцності нитки після в'язання слід обрати оптимальне значення глибини кулірування за умови обраної для виготовлення трикотажу лінійної густини нитки.

У натуральному вигляді одержані регресійні залежності приймають наступний вигляд:

для розривального навантаження

$$Y_G = 4,041 + 10,47 \cdot 10^{-2} \cdot T + 1,26 \cdot h - 2,96 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,23 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot T \quad (4)$$

для показника втрати міцності

$$Y_p = 52,07 + 112,54 \cdot 10^{-3} \cdot T + 7,48 \cdot h \quad (5)$$

Зафіксуємо значення лінійної густини на мінімальному рівні ($T = 58,8$ текс). Тоді поліном (7) матиме наступний вигляд:

$$Y_G = 10,197 + 1,26 \cdot h - 1,57 \cdot 10^{-3} \cdot Q \quad (6)$$

На підставі залежності (9) побудовано поверхню (рис. 1), яка наглядно ілюструє характер впливу глибини кулірування та зусилля відтягування полотна на величину розривального навантаження на параарамідну нитку після в'язання.

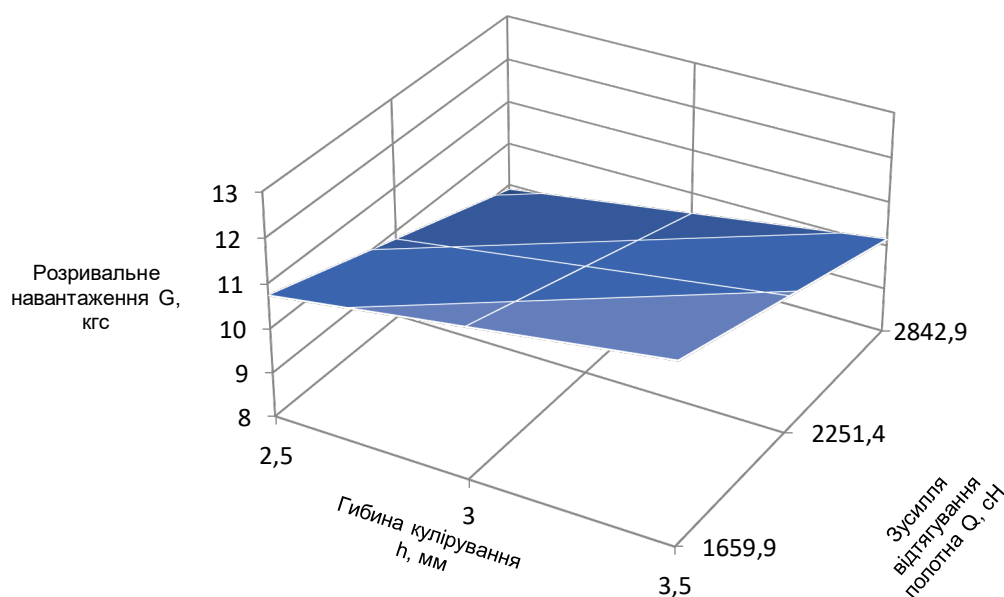


Рис. 1. Геометрична інтерпретація одержаної регресійної залежності для Y_G

Так, при незмінній величині зусилля відтягування зростання глибини кулірування призводить до збільшення величини розривального зусилля. Це можна пояснити зменшенням точок контакту на одиниці довжини відрізка нитки, пров'язаної в петлі. Максимальне значення розривального зусилля досягається при максимальному значенні глибини кулірування та мінімальному значенні зусилля відтягування полотна за умови мінімального рівня лінійної густини нитки.

Аналогічним чином на підставі одержаної залежності (5) для показника втрати міцності побудовано поверхню (рис.2), яка дозволяє визначити параметри в'язання, що забезпечать мінімальний рівень втрати міцності параарамідної нитки після в'язання. Побудована поверхня ілюструє наступне: зі збільшенням лінійної густини за умови максимальної щільності в'язання показник втрати міцності зростає. Міцність нитки після в'язання досягає максимального значення за умови максимального рівня лінійної густини та глибини кулірування.

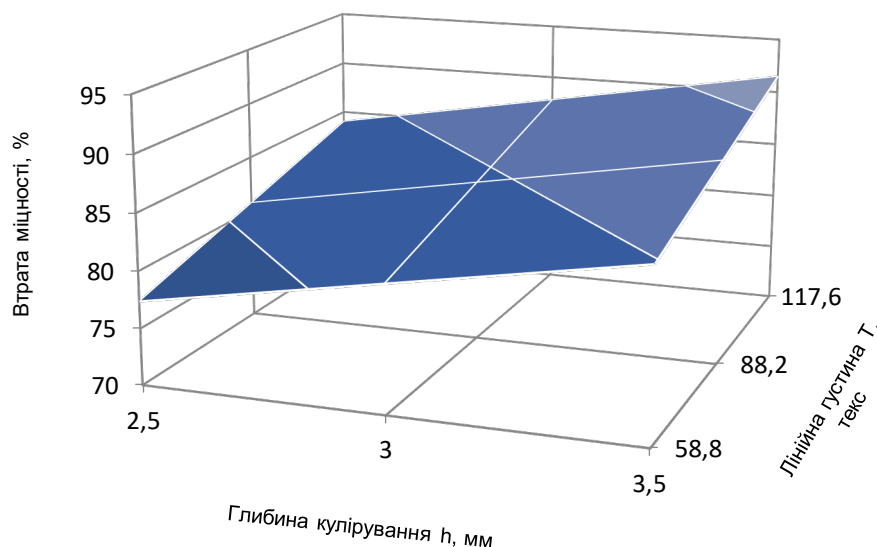


Рис. 2. Геометрична інтерпретація одержаної регресійної залежності для Y_p

Висновки. У результаті реалізації повного трифакторного експерименту встановлені математичні регресійні моделі, що адекватно описують досліджуваний процес. Виявлено, що на величину розривального навантаження на нитку після в'язання мають вплив усі три керовані фактори. Однак найбільш впливовим є лінійна густина нитки. Щодо впливу глибини кулірування та зусилля відтягування полотна, то більш вагомо впливає глибина кулірування і відповідно довжина нитки в петлі. Одержана регресійна залежність для показника втрати міцності вказує на вагомість впливу лінійної густини та глибини кулірування. Максимальної міцності нитки після в'язання досягнуто при максимальному рівні лінійної густини нитки та глибини її кулірування у процесі в'язання трикотажу. Збільшення зусилля відтягування полотна призводить до зменшення величини розривального зусилля нитки після в'язання.

Література

1. Сергеева Е. А. Анализ ассортимента арамидных волокон и их свойств / Е.А. Сергеева, К. Д. Костина // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, №14. – С. 124-125.
2. Костомарова С. А. Исследование изменения механических свойств параарамидных нитей под воздействием светопогоды / С. А. Костомарова, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова // Дизайн и Технологии. – 2016. – №56(98). – С. 61-65.
3. Никитина О. В. Прогнозирование разрывной нагрузки параарамидных нитей Русар в зависимости от длительности воздействия естественной светопогоды / О.

References

1. Sergeeva, E. A., Kostina, K. D. (2015). Analiz assortimenta aramidnyih volokon i ih svoystv [Analysis of the range of aramid fibers and their properties]. *Vestnik tehnologicheskogo universiteta – Bulletin of the Technological University, Vol.18, 14, 124-125* [in Russian].
2. Kostomarova, S. A., Shustov, Yu. S., Kurdenkova, A. V. (2016). Issledovanie izmeneniya mekhanicheskikh svoystv paraaramidnyih nitey pod vozdeystviem svetopogody [The study of the mechanical properties of para-aramid threads when exposed to light and weather]. *Dizayn i Tehnologii – Design and Technology, 56(98), 61-65* [in Russian].
3. Nikitina, O. V., Kurdenkova, A. V., Shustov, Yu. S. (2012). Prognozirovanie razryivnoy nagruzki paraaramidnyih nitey Rusar v zavisimosti ot dlitelnosti vozdeystviya estestvennoy svetopogody [Prediction of the breaking load of

- В. Никитина, А. В. Курденкова, Ю.С. Шустов // Дизайн и Технологии. – 2012. – №28. – С. 27-30.
4. Никитина О. В. Исследование влияния светопогоды на механические свойства параарамидных нитей / О. В. Никитина, Ю. С. Шустов, А. В. Курденкова, А. В. Антонова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – №2. – С. 26-28.
5. Степанова А.Б. Влияние условий эксплуатации на механические свойства параарамидных нитей: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Анна Борисовна Степанова. – СПб., 2014. – 243 с.
6. Лебедева Н. П. Влияние эксплуатационных воздействий на свойства параарамидных нитей технического назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01 / Наталья Павловна Лебедева. – СПб., 2007. – 239 с.
7. Глобина С. А. Исследование прочности в сухом и мокром состоянии параарамидных нитей российского и зарубежного производства / С.А. Глобина, А.В. Курденкова, Ю.С. Шустов, Я.И. Буланов // Вестник науки и образования. – 2018. – №7 (43). – С. 27-32.
8. Никитина О. В. Исследование разрывной нагрузки при растяжении параарамидных нитей / О. В. Никитина, А. В. Курденкова, Ю. С. Шустов // Технология текстильной промышленности. – 2012. – №6(342). – С. 27-28.
9. Российская энциклопедия по охране труда. В 3-х томах. – Изд. 2-ое, перераб. и доп. / отв. ред. А.Л. Сафонов. – М.: НЦ ЭНАС, 2007. – 1248 с.
10. Смирнов В. П. История и концепции создания армейских средств индивидуальной бронезащиты / В. П. Смирнов // Техника и вооружения вчера, сегодня, завтра: журнал. – 2013. – Июль (№ 07). – С. 2-7.
11. Ключко О. І. Дослідження у трикотажній галузі: навчальний посібник. – К.: КНУТД, 2006. – 190 с.
12. ДСТУ ISO 2062:2004. Текстиль. Пряжа з пакувань. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву. Київ. Дата введення 2006-01-01.
- the para-aramid yarns of Rusar depending on the duration of exposure to natural light weathering]. *Dizayn i Tehnologii – Design and Technology*, 28, 27-30 [in Russian].
4. Nikitina, O. V., Shustov, Yu. S., Kurdenkova, A. V., Antonova, A. V. (2014). Issledovanie vliyaniya svetopogody na mehanicheskie svoystva paraaramidnyih nitey [Study of the effect of light weather on the mechanical properties of para-aramide threads]. *Izvestiya vuzov. Tehnologiya tekstilnoy promyishlennosti – The News of higher educational institutions. Technology of Textile Industry*, 2, 26–28 [in Russian].
5. Stepanova, A. B. (2014). Vliyanie usloviy ekspluatatsii na mehanicheskie svoystva paraaramidnyih nitey [Effect of operating conditions on the mechanical properties of para-aramid yarns]. Candidate's thesis. St. Petersburg [in Russian].
6. Lebedeva N. P. (2007). Vliyanie ekspluatatsionnyih vozddeystviy na svoystva paraaramidnyih nitey tehnicheskogo naznacheniya [Influence of operational effects on the properties of para-aramid threads for technical purposes]. Candidate's thesis. St. Petersburg [in Russian].
7. Globina, S. A., Kurdenkova, A. V., Shustov, Yu. S., Bulanov, Ya. I. (2018). Issledovanie prochnosti v suhom i mokrom sostoyanii paraaramidnyih nitey rossiyskogo i zarubezhnogo proizvodstva [Investigation of strength in the dry and wet surface of paraaramid threads of russian and foreign production]. *Vestnik nauki i obrazovaniya – Bulletin of science and education*, 7(43), 27–32 [in Russian].
8. Nikitina, O. V., Kurdenkova, A. V., Shustov, Yu. S. (2012). Issledovanie razryivnoy nagruzki pri rastyazhenii paraaramidnyih nitey [Investigation of tensile load at stretching para-aramid threads]. *Tehnologiya tekstilnoy promyishlennosti – Textile Technology*, 6(342), 27–28 [in Russian].
9. Safonov, A. L. (2007). *Rossiyskaya entsiklopediya po ohrane truda* [Russian encyclopedia on labor protection]. Moscow: NTs ENAS.
10. Smirnov V. P. (2013). Istoriya i kontseptsii sozdaniya armeyskih sredstv individualnoy bronezaschity [The history and the concept of Army personal body armor]. *Tehnika i vooruzheniya vchera, segodnya, zavtra: zhurnal. – Equipment and weapons yesterday, today, tomorrow: the magazine*, 07, 2-7 [in Russian].
11. Klochko, O. I. (2006). *Doslidzhennya u trikotazhniy galuzi* [Research in the knitting industry]. Kyiv: KNUTD. [in Ukrainian].
12. DSTU ISO 2062:2004. Tekstyl. Priazha z pakovan. Vyznachennia rozryvalnoho navantazhennia ta vydovzhennia pid chas rozryvu [State Standart 2062: 2004. Textiles. Yarns from packages. Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester]. Kyiv, Derzhspozhyvstandard of Ukraine, 2006. 12 p. [in Ukrainian]

BOBROVA SVITLANA

bobrova.sy@knutd.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3381-9915>

Researcher ID: [https://www.scopus.com/authid/detail.uri?](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203865072)

[authorId=57203865072](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203865072)

Kyiv National University of Technologies & Design

HALAVSKA LIUDMYLA

galavska.ly@knutd.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6994-6641>

Researcher ID:

[https://www.scopus.com/authid/detail.uri?](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191413261)

[authorId=57191413261](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191413261)

Kyiv National University of Technologies & Design

BEZSMERTNA VIKTORIIA

bessmertnaya-92@mail.ru

Kyiv National University of Technologies & Design

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ ПРОЧНОСТИ ПАРААРАМИДНЫХ НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВЯЗАНИЯ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА

БЕССМЕРТНАЯ В. И., ГАЛАВСКАЯ Л. Е., БОБРОВА С. Ю.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование характера влияния параметров вязания кулирного трикотажа на потерю прочности параарамидных нитей после вязания.

Методика. В работе использованы методы математического моделирования и регрессионного анализа. Разрывные характеристики параарамидных нитей установлены экспериментально на разрывной машине КТ-7010AZ в соответствии с ДСТУ ISO 2062:2004.

Результаты. В результате реализации полного трёхфакторного эксперимента получены математические регрессионные модели, адекватно описывающие влияние параметров вязания на сохранение прочности параарамидной нити. В качестве управляемых факторов процесса вязания избрано глубину кулирования, усилие оттягивания полотна и линейную плотность нитей. На величину разрывной нагрузки на нить после вязания влияют все три фактора. Однако, решающее влияние имеет линейная плотность параарамидной нити. Увеличение глубины кулирования приводит к увеличению разрывной нагрузки. Вместе с тем, увеличение усилия оттягивания - к уменьшению разрывной нагрузки на нить. На показатель потери прочности имеют влияние только два фактора: линейная плотность и глубина кулирования. Их увеличение приводит к росту показателя потери прочности. Для уменьшения потери прочности параарамидных нитей после вязания при неизменной их линейной плотности следует увеличивать глубину кулирования. Это обеспечивает уменьшение на единицу длины точек перегиба параарамидной нити, изогнутой в процессе вязания в петле, и способствует сохранению ее прочности.

Научная новизна. Заключается в выявлении характера влияния линейной плотности нити, глубины кулирования и усилия оттягивания полотна на показатель потери прочности параарамидной нити после вязания.

Практическая ценность. Установление оптимальных параметров вязания трикотажа, максимально обеспечивающих сохранение прочностных характеристик арамидных нитей после их переработки в текстильный материал для изготовления защитных изделий технического назначения.

Ключевые слова: кулирный трикотаж, глубина кулирования, разрывная нагрузка, параарамидная нить, потеря прочности нити.

THE RESEARCH OF THE PARA-ARAMID THREADS DURABILITY LOSS IN THE WEFT KNITWEAR PRODUCTION PROCESS

BESZMERTNA V. I., GALAVSKA L. Ye., BOBROVA S. Yu.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Research of the weft knit parameters influence on the loss of strength of para-aramide threads after knitting.

Methodology. We used the mathematical modeling and regression analysis methods. An experimental method of research was used for determination of the breaking characteristics of para-aramide threads on KT-7010AZ tensile testing machine in accordance with the State Standard ISO 2062:2004.

Findings. As a result of the full three-factor experiment implementation, mathematical regression models were obtained that adequately describe the knit parameters influence on the strength retention of para-aramid thread. As the controlled factors of the knitting process knockover depth, the takedown traction of the fabric and the linear density of the thread were chosen. The breaking load value per thread after knitting is influenced by all three factors. However, the linear density of the para-aramid thread has a decisive influence. Increasing the knockover depth increases the breaking load. At the same time, an increase of the takedown traction reduces the breaking load per thread. Only two factors have an impact on the loss of strength index: linear density and knockover depth. Their increase leads to an increase of the loss of strength index. To reduce the loss of strength of para-aramid threads after knitting at constant linear density, the knockover depth should be increased. It provides a reduction per unit length of the para-aramid thread inflection points, curved into loops in the knitting process, and helps to preserve its strength.

Originality. Consists in identifying the character of influence of the thread linear density, the knockover depth and takedown traction of the fabric on the loss of strength of a para-aramid thread after knitting.

Practical value. The establishment of optimal parameters of knitting, providing the maximum preservation of the strength characteristics of aramid threads after their processing into textile material for the manufacture of protective products for technical purposes.

Keywords: weft knitwear, knockover depth, breaking load, para-aramid thread, loss of thread strength.

УДК 677.025.1

ГОЛОВНЯ О. В.¹, КИЗИМЧУК О. П.²

¹ Львівська національна академія мистецтв

² Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЕФЕКТІВ НА БАЗІ КУЛІРНОГО ТРИКОТАЖУ ПОДВІЙНИХ ПРЕСОВИХ ПЕРЕПЛЕТЕНЬ

Мета. Дослідження впливу пресових накидів, сформованих у одному шарі подвійного пресового трикотажу на розмір, форму та розміщення петель протилежного шару.

Методика. Загальні положення теорії в'язання та структуроутворення кулірного трикотажу подвійних пресових переплетень, механіки гнучкої нитки, а також метод геометричних моделей.

Результати. На підставі теоретичного аналізу особливостей структуроутворення нерегулярного та регулярного трикотажу пресових переплетень запропонований поділ кулірного трикотажу пресових переплетень за його рисунчастими можливостями на простий та рисунчастий. Критерієм такого поділу визначено чергування петель і пресових накидів у рядах трикотажу або вздовж рядів графічного запису рапорту його в'язання. У простому пресовому трикотажі вказане чергування відсутнє: ряди його графічного запису складають виключно пресові накиди або петлі. У рядах рисунчастого пресового трикотажу наявне чергування петель і пресових накидів. Порівняно з простим, рисунчастий пресовий трикотаж має значно ширші візерункові можливості. У роботі розкриті особливості взаємодії між петлями та пресовими накидами у структурі рисунчастого трикотажу подвійних пресових переплетень. Показано вплив цієї взаємодії на зовнішній вигляд поверхні пресового трикотажу. Розроблено нову структуру рисунчастого трикотажу подвійних пресових переплетень.

Наукова новизна. Показано, що на базі рисунчастого трикотажу подвійних пресових переплетень з розміщенням пресових накидів у одному шарі без зсуву однієї фонтури голок відносно іншої можна отримати структурні ефекти у протилежному шарі петель не лише у вигляді зигзагоподібного розташування петель у петельних стовпчиках, а також одночасно прямі і нахилені петлі, характерні для трикотажу перехресних переплетень, які отримують з використанням правила парної голки. А також інші фактурні ефекти, які базуються на розвертанні петель відносно їх вертикальної осі симетрії, зміні їх розміру та форми. Розроблено трикотаж подвійних пресових переплетень з фактурним ефектом, який може проявлятися з різною інтенсивністю, залежно від кута відбивання світла поверхнею трикотажу. Дана розробка захищена патентом України на корисну модель.

Практичне значення. Обґрунтовано проектування структур подвійного пресового трикотажу з пресовими накидами у одному шарі з урахуванням взаємодії його структурних елементів між собою та можливістю керування цією взаємодією для отримання трикотажу із заданою фактурою поверхні. Розширення рисунчастих можливостей кулірних пресових структур.

Ключові слова: петля, пресовий накид, нахил петлі, кулірний пресовий трикотаж, взаємодія структурних елементів.

Вступ. У трикотажі пресових переплетень структурний, як і будь-який інший рисунчастий ефект, визначається взаємним розміщенням петель і пресових накидів. У кулірних структурах це розміщення отримують у процесі в'язання завдяки певному порядку чергування вказаних елементів уздовж петельних рядів.

Для більш точнішого окреслення предмету даного дослідження здійснимо поділ кулірних пресових структур за їх здатністю утворювати рисунчасті ефекти.

Сучасна теорія в'язання [1] за цією ознакою поділяє трикотаж пресових переплетень на регулярний і нерегулярний. У регулярному пресовому трикотажі петлі на кожній його стороні

вироблені за однакову кількість циклів петлетворення, у нерегулярному – за різну. Останню редакцію цих термінів¹ містить робота [2], де зазначають, що нерегулярний пресовий трикотаж використовують не тільки для отримання візерункових ефектів, але і для зміни властивостей базового переплетення. Що ж до регулярного пресового трикотажу, то на його базі також отримують візерунки.

Як бачимо із наведеного вище, у визначеннях обох термінів йдеться про петлі базового переплетення, які зазвичай, формують за один цикл процесу петлетворення, і пресові петлі, які формують за 2, 3 та більше циклів (залежно від індексу пресової петлі – кількості пресових накидів у неї). В обох визначеннях нічого не сказано про пресові накиди (їх опосередковано характеризують пресові петлі), а чергування структурних елементів інтерпретується двома типами структур:

- структура складається тільки з пресових петель (регулярний пресовий трикотаж);
- структура містить як пресові, так і петлі базового переплетення (нерегулярний пресовий трикотаж).

Однак відомо [5], що геометрію пресового комплексу петель (основну характеристику і джерело кожного рисунчастого ефекту на трикотажі кулірних пресових переплетень) визначають саме пресові накиди. «Пресова петля не являється формоутворюючою ланкою пресового комплексу, а відіграє у формуванні його геометрії пасивну роль» [5]. Дійсно, пресова петля – це та ж сама петля базового переплетення, тільки зі змінним розміром внаслідок введення у базову структуру принципово нового елементу – пресового накиду.

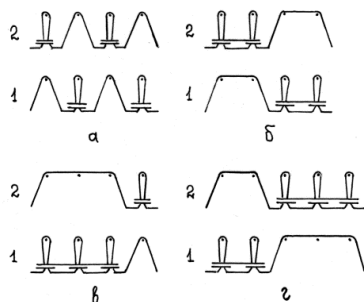


Рис. 1. Графічний запис
регулярного одинарного
пресового трикотажу

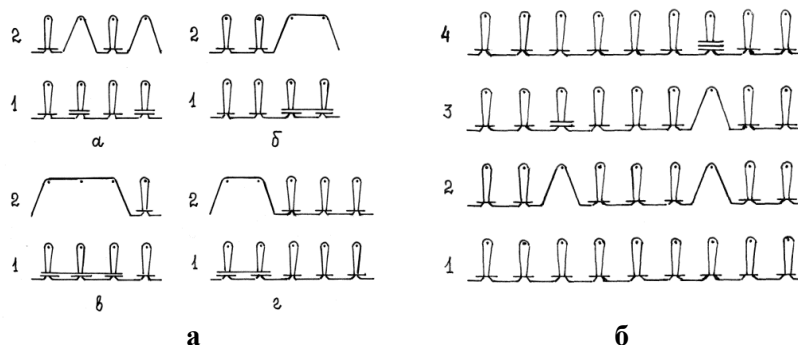


Рис. 2. Графічний запис нерегулярного одинарного пресового
трикотажу

Розглянемо на декількох прикладах, як працюють терміни «регулярний»- та «нерегулярний пресовий трикотаж» у якості характеристик рисунчастих можливостей пресової структури, пам'ятаючи, що у першому випадку усі петлі пресові, отже рисунчасті можливості мінімальні, а у другому – пресові петлі формуються за певним рисунком, отже рисунчасті можливості значно ширші.

На рис. 1 зображено регулярний пресовий трикотаж, у якому усі петлі пресові. На машині з індивідуальним відбором голок можна отримати десятки таких структур. Їх кількість

¹ – прим. авт. Тракткування термінів регулярний та нерегулярний пресовий трикотаж пройшло певну еволюцію (див. роботи [3, 4]), яка в даній статті не висвітлюється, оскільки попередні трактування не отримали широкого застосування

обмежується тільки максимальною довжиною пресового накиду (спільного для декількох голок), за якої процес в'язання відбувається без ускладнень.

Якщо у кожному з варіантів регулярного трикотажу, представленого на рис. 1, поміняти другий ряд в'язання на ряд з петлями - то отримаємо нерегулярний трикотаж (рис. 2,а). З точки зору формування рисунку таку кардинальну зміну рисунчастих можливостей структури обґрунтувати складно. Адже набір структурних елементів і вид їх чергування вздовж ряду залишились незмінними. Просто те саме чергування петель і пресових накидів повторюється через ряд петель. Кількість можливих варіантів структур у обох випадках співвимірні. Рисунчасті можливості структур на рис. 1, 2,а практично не відрізняються.

Звичайно, зовнішній вигляд трикотажу, розмір петель у структурах на рис. 1 та рис. 2,а відрізняються, адже міняються умови взаємодії структурних елементів трикотажу. Але зовнішній вигляд, як відомо, не може бути класифікаційною ознакою поділу в'язаних структур за їх рисунчастими можливостями. Якщо той самий набір структурних елементів на рис. 2,а повторити не через ряд, а через два або три ряди гладі, то фактура трикотажу знову зміниться, але це не дає підстав стверджувати, що кожного разу отримуємо новий тип структури з точки зору вагової зміни можливостей формування рисунку. Усі структури на рис. 1 та 2 отримують завдяки певному порядку чергування пресових накидів і петель.

Незручність застосування термінів «регулярний»- та «нерегулярний трикотаж пресових переплетень» для характеристики рисунчастих можливостей пресової структури полягає у тому, що вони не завжди узгоджуються з двома принципово різними видами порядку чергування пресових накидів і петель – йдеться про наявність такого чергування (широкі рисунчасті можливості) і його відсутність (пресові накиди розміщені у рядах підряд, без чергування з петлями – рисунчасті можливості мінімальні). Так, класичний подвійний напівфанг (рис. 3), який отримують без чергування пресових накидів і петель і, відповідно, без розміщення його структурних елементів за певним рисунком, відносять до нерегулярного пресового трикотажу, який мав би характеризувати розміщення пресових петель за рисунком. А одинарний фанг (рис.1), отриманий завдяки чергуванню пресових накидів за рисунком, відносять до регулярного пресового трикотажу, який характеризує структуру без певного рисунку.

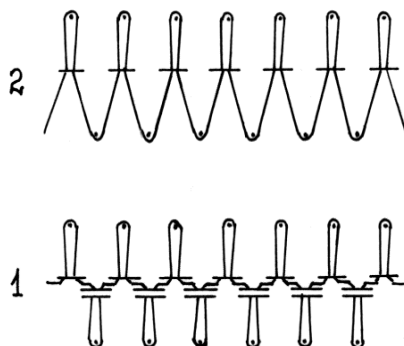


Рис. 3. Графічний запис нерегулярного подвійного пресового трикотажу

Терміни «регулярний»- та «нерегулярний пресовий трикотаж» є характеристиками кількості циклів процесу формування петель, вони у свою чергу визначаються порядком чергування петель і пресових накидів, який і характеризує усе розмаїття рисунчастих ефектів

і який однозначно не визначається цими термінами. Оскільки, і регулярний і нерегулярний пресовий трикотаж можуть характеризувати структури як з чергуванням пресових накидів і петель вздовж рядів, так і без вказаного чергування (наприклад, регулярний одинарний фанг – з чергуванням і регулярний подвійний фанг – без чергування; або подвійний нерегулярний пресовий трикотаж на рис. 3 – без чергування і подвійний нерегулярний пресовий трикотаж на рис. 4 – з чергуванням петель і накидів вздовж ряду).

Отже, для характеристики рисунчастих можливостей кулірного трикотажу пресових переплетень доцільно звернутись до основних елементів його петельної структури (структурних характеристик) – петель і пресових накидів. Оскільки графічний запис того чи іншого трикотажу дає достатнє уявлення про структуру переплетення [6], то чергування петель і пресових накидів у рапорті дозволяє однозначно класифікувати пресові структури за їх рисунчастими можливостями.

За цією ознакою усі кулірні пресові структури пропонується поділити на простий та рисунчастий пресовий трикотаж:

- до простого пресового трикотажу відносимо структури, у петельних рядах яких відсутнє чергування пресових накидів та петель: у рядах графічного запису розміщені або тільки петлі, або тільки накиди;

- до рисунчастого пресового трикотажу відносимо структури, петельні ряди яких містять чергування пресових накидів і петель.

Простий пресовий трикотаж має обмежені рисунчасті можливості. Одинарний пресовий трикотаж не може бути простим. Це визначає сам процес його отримання: на однофонтурній машині неможливо пров'язати нитку, із якої усі голки заправки підряд формують пресові накиди (фактично один спільний накид на ширину заправки). У простому подвійному пресовому трикотажі ряди з накидами можуть чергуватись з рядами із петлями вздовж рапорту візерунка по висоті, як у класичному фанзі чи напівфанзі, або у будь-який інший спосіб, який не суперечить нормальному перебігу процесу в'язання.

Рисунчастий пресовий трикотаж дозволяє отримати практично необмежену кількість кольорових, рельєфних, ажурних та відтінкових візерункових ефектів. Рисунчастий пресовий трикотаж може бути як одинарним (оскільки пресові накиди чергуються з петлями), так і подвійним. На рис. 1, 2 представлено рисунчастий трикотаж одинарних пресових переплетень, на рис. 3 – простий трикотаж подвійних пресових переплетень.

Постановка завдання. Простий пресовий трикотаж достатньою мірою вивчений і висвітлений у навчальній та науково-технічній літературі. Що ж до рисунчастих пресових структур, то у спеціальній літературі відсутнє наукове обґрунтування особливостей їх петельної будови, фізико-механічних властивостей, не розкриті причини формування характерних структурних ефектів на їх базі, що ускладнює аналіз існуючих та проектування нових структур з прогнозованими показниками якості.

Предметом даного дослідження є структурні ефекти на рисунчастому трикотажі подвійних пресових переплетень з розміщенням пресових накидів у одному шарі структури.

Усі структури у даній роботі виготовлені на двофонтурній плоскофанговій машині без платин «Silver Reed» (Японія). Зразки трикотажу виготовлені із напіввовняної пряжі лінійної густини 32/2 текс.

Результати та їхнє обговорення. На рис. 4 представлено подвійну пресову структуру, яка за своєю будовою нагадує класичний подвійний напівфанг (рис. 3): двом петельним рядам однієї сторони структури відповідає ряд пресових петель протилежної. Автор [7] звертає увагу на чергування пресових накидів і петель у рядах 1, 2 цієї структури у шаховому порядку і називає її ластиковим шаховим напівфангом. Оскільки дана структура за ознакою чергування пресових накидів і петель є одним із можливих варіантів рисунчастого трикотажу подвійних пресових переплетень, то для уніфікації термінології у роботі застосовано ширший термін.

У рисунчастому напівфанзі на стороні без пресових накидів (рис. 4,б), на відміну від класичного подвійного напівфангу, усі петлі одного розміру і форми. Це пояснюється тим, що кожна із цих петель має однакові умови взаємодії з іншими елементами структури, оскільки вони з'єднані з однаковими елементами структури іншого шару – пресовим накидом та петлею (рис. 4, а). У силу прояву пружних властивостей нитки зігнутої в накид формується зигзагоподібна структура петель у петельних стовпчиках сторони трикотажу без пресових накидів. Таке зигзагоподібне розташування петель характерне для структури подвійного трикотажу перехресних переплетень, формування якої передбачає зсув однієї фонтюри відносно іншої.

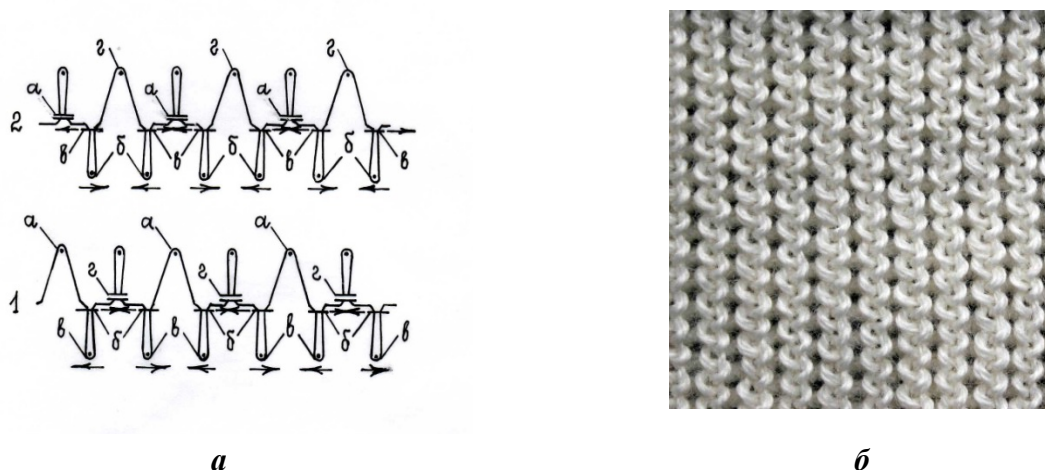


Рис. 4. Графічний запис (а) та структура (б) подвійного рисунчастого напівфангу

У роботах [8,9] розкриті причини утворення даного структурного ефекту та сформульовані необхідні та достатні умови нахилу петель у подвійних пресових структурах, отриманих за відсутності зсуву фонтур одна відносно одної. Необхідна умова визначається таким розміщенням пресових накидів відносно петель, за якого кожна нахилена петля (наприклад, петлі *б*, *в* на рис. 4,а), по чергово взаємодіє у кожному із сусідніх рядів рапорту в'язання з одним із двох накидів (накиди *а*, *г* на рис. 4,а), розташованих по різні боки від неї, таким чином, що опосередкована дія першого накиду в одному із цих рядів (наприклад, накиду *а* на петлю *в* у ряді 1) співпадає за напрямком з безпосередньою дією на цю ж саму петлю другого накиду в іншому ряді (накиду *г* на петлю *в* у ряді 2). Достатня умова визначається відсутністю урівноваження вказаних дій з боку інших накидів.

Якщо до рапорту в'язання структури, представленої на рис. 4, додати ще один ряд ластика (рис. 5), то можна отримати трикотаж з меншим відсотком пресових накидів. На практиці це дозволяє зменшити товщину полотна та затрати пряжі. У роботі [10] такий трикотаж називають ластиковим шаховим напівфангом, фактично повторюючи назву

структури на рис. 4, запропоновану автором [7]. Однак, як видно із графічного запису (рис. 5,а), поєднання рядів 1,2,3 не відповідає наведеному вище принципу будови подвійного напівфангу, отже застосування назви [7] у даному випадку не доцільне. Виходячи із чергування петель та пресових накидів уздовж рядів, структуру на рис. 5 можна віднести до рисункчастого трикотажу подвійних пресових переплетень.

На стороні без пресових накидів цієї структури (рис. 5,б) формується рельєфний ефект у формі чарунок на фоні світлотіньових нюансних поперечних смуг, які чергуються через два ряди. Як видно із рис. 5,б, цей ефект утворюють петлі *г*, *в*, *е* різного розміру. Різний розмір вказаних петель визначають елементи структури протилежного шару, які мають різну напругу у процесі в'язання і які з'єднані з цими петлями. Так, петлі *г* з'єднані з пресовим накидом і петлею *к*, пров'язаною крізь пресову петлю *а* (рис. 5,а); петлі *в* – з пресовою петлею *а* і петлею *д*, пров'язаною крізь пресову петлю *б*; петлі *е* – з пресовим накидом і пресовою петлею *б*. Найменш напруженими у процесі в'язання трикотажу на рис. 5 є пресові накиди, найбільш напруженими – пресові петлі *а*, *б* (які пров'язуються через ряд), і меншу напругу, але того ж порядку, що й у пресових петлях [11], мають петлі *д*, *к*, пров'язані крізь пресові петлі з одним пресовим накидом кожна.

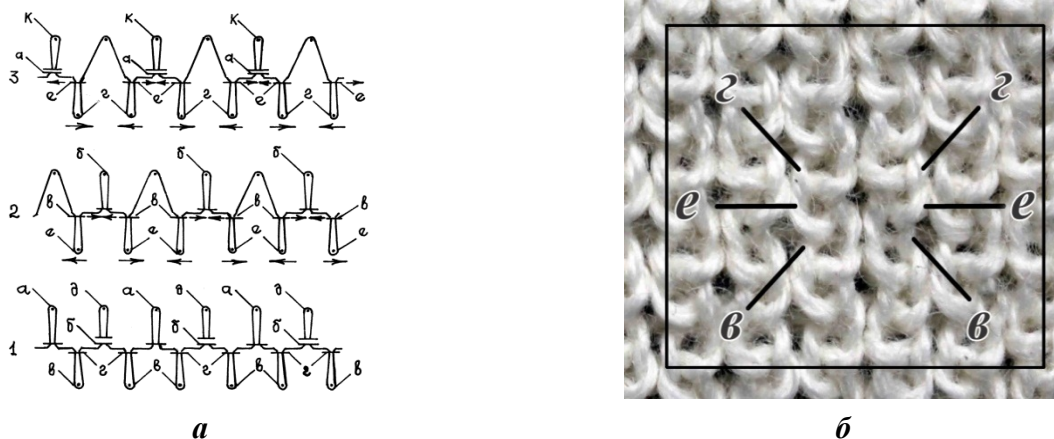


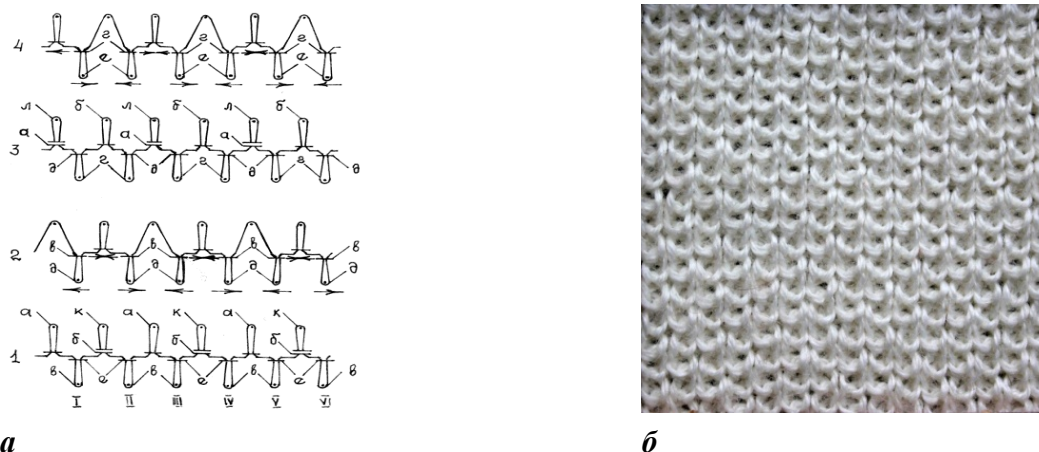
Рис. 5. Графічний запис (а) та структура (б) рисункчастого трикотажу подвійних пресових переплетень

Як видно із рис. 5,б, найбільший розмір мають петлі *г* округлої форми, голкові дуги яких відтягнуті у глибину структури петлями *в*, і палички яких, перегнуті таким чином, виступають над поверхнею полотна, утворюючи рельєфний ефект вздовж ряду. Петлі *г* отримують надлишок довжини нитки [2, с.110] від з'єднаних з ними пресових накидів. Менший розмір мають петлі *е*, оскільки пресові петлі *б* перетягують від них більшу частину отриманої від пресового накиду нитки, ніж менш напружені петлі *к* (пров'язані крізь пресові петлі *а* в ряді 3) – у петель *г*. На рис. 5,б видно, що ліві палички петель *е*, з'єднані з пресовою петлею *б* (рис. 5,а), відтягнуті нею у напрямку до протилежного шару трикотажу і практично перекриті петлями *г*, а праві палички, з'єднані з накидом мають більший розмір і не перекриваються петлями *г*. Порівняно з петлями *г*, *е* набагато менший розмір мають петлі *в*, затягнуті пресовими петлями *а* та петлями *д*, пров'язаними крізь пресові петлі *б* (рис. 5, а, б). На рис. 5,б видно, що обидві палички петель *в* відтягнуті у напрямку до протилежного шару полотна (особливо праві, з'єднані з пресовими петлями *б* і частково перекриті правими збільшеними паличками петель *е*).

У даній структурі однаково направлені зусилля пресових накидів накладаються тільки на петлі *е*. У ряді 2 (рис. 5,а) петлі *е* у зазначених парах нахиляються назустріч одна одній (за напрямком стрілок) завдяки опосередкованій дії на них (через петлі *в*) з боку пресових накидів, які їх з'єднують. У ряді 3 ті самі петлі *е* додатково нахиляються у тому самому напрямку пресовими накидами безпосередньо. Петлі *е* найбільше нахилені у структурі. Петлі *г* у зазначених в ряді 3 парах нахиляються назустріч одна одній у вказаному стрілками напрямку завдяки опосередкованій дії (через петлі *е*) з'єднаних з ними пресових накидів. Петлі *в* у зазначених в ряді 2 парах безпосередньо відхиляються в протилежні боки пров'язаними крізь них пресовими накидами (напрямок нахилу вказаний стрілками біля їх голкових дуг). Оскільки безпосередня дія одної і тої самої сили завжди більша від опосередкованої, то і нахил петель *в* більш інтенсивний, ніж у петель *г*. Порівняльний аналіз нахилу структурних елементів на рис. 5, б візуально здійснити важко, оскільки усі вони мають різний розмір. Петлі *г* мають найбільший розмір і на рис. 5, б їх найменший у структурі нахил сприймається таким же, як у більш нахилених петель *е* меншого розміру, а нахил утоплених у структурі найменших петель *в* можна оцінити за шириною проміжків між сусідніми петельними стовпчиками обабіч пар петель *в*, тому для оцінки нахилу петель *г*, *в*, *е* скористаємось розмірами чарунк, які вони утворюють. На рис. 5, б видно, що чарунки, які утворюють петлі *е*, *в* з більшим нахилом, мають більший розмір, ніж чарунки, які утворюють петлі *г*, *е* з меншим нахилом (навіть попри те, що у другому випадку палички петель, які утворюють чарунку, мають більший розмір).

За цих обставин остови найбільших петель *г* майже не розвернуті відносно їх вертикальної осі симетрії (рис. 5,б), оскільки, на відміну від попередньої структури, вони не з'єднані з напруженими пресовими петлями (рис. 5,а). Голкові дуги збільшених петель *г* відтягнуті у глибину петельної структури зтягнутими і утопленими в ній петлями *в*. Поперечно перегнуті таким чином округлі фрагменти в області голкових дуг петель *г* виступають на поверхні полотна (рис. 5,б) і утворюють світлотіньові рельєфи вздовж ряду. Остови петель *е* найбільш інтенсивно розвернуті у напрямку до з'єднаних з ними пресових петель *б*.

Подальше зменшення відсотка пресових накидів у структурі на рис. 5 завдяки пров'язуванню ряду ластіку після кожного із пресових рядів дозволяє ще більше полегшити трикотаж (рис. 6) і отримати цікавий фактурний ефект на стороні без накидів [12]. На відміну від попередніх структур на рис.4, 5, трикотаж на рис. 6 у жодному із рядів 2, 4 з пресовими накидами (рис.6,а) не містить петель, які не пров'язувалися б у наступному ряді, отримували б накид і, таким чином, ставали більш напруженими. Ці петлі не перетягують нитку з незамкнених петель (пресових накидів) у рядах 2, 4 графічного запису і тим самим не обмежують їх позитивну здатність збільшувати розмір з'єднаних з ними круглих петель та створювати збільшені повітряні просвіти. За тих же умов та параметрів в'язання, що й для двох попередніх структур, трикотаж стає більш легким та об'ємним. Необхідну стабільність його петельній структурі забезпечують ряди 1, 3 ластіку із зтягнутими та пресовими петлями (рис. 6,а).



На стороні без пресових накидів у структурі на рис. 6 можна виділити дві пари петель **д, е** та **в, з**, кожену із яких складають однакові за розміром петлі: **д, е** - з'єднані зі звичайними петлями та пресовими накидами (ряди 2,4 на рис. 6,а); **в, з** - з пресовими петлями **а, б** та петлями **к, л**, пров'язаними крізь пресові петлі **б, а** (ряди 1, 3). Петлі **д, е** завдяки з'єднанню з ними пресовим накидам мають збільшену, округлу форму, петлі **в, з** мають менший розмір завдяки перерозподілу їх нитки у зазначені вище петлі **а, к** та **б, л** відповідно. У трикотажі їх майже повністю перекривають петлі **д, е** (рис. 6, б).

Як видно із графічного запису, наведеного на рис. 6, при в'язанні даної структури відсутні сформульовані вище необхідні умови нахилу для жодної з петель **е, з, д, в**. Тому їх нахил менший, ніж у петель на стороні без накидів двох попередніх структур. Петлі **д, е** у рядах 2, 4 нахиляються пресовими накидами опосередковано, а петлі **в, з** – безпосередньо, що забезпечує менший нахил петель **д, е** порівняно з петлями **в, з**. Однаковий напрям нахилу в одному і тому самому стовпчику мають петлі **е, в** та **д, з**. Оскільки ряди із зазначеними петлями у графічному записі рапорту в'язання чергуються у тій же послідовності, напрямок нахилу петель у стовпчиках змінюється через кожні два ряди.

Для аналізу фактурного ефекту на стороні без пресових накидів структури на рис. 6, скористаємось графічною схемою взаємного розміщення її структурних складових (рис. 7). У прямокутному обрамленні на схемі (рис. 7,а) виділено елементарний модуль структури, який на рис. 7,б показано у збільшеному масштабі. Цей модуль складають пари петель *е, в, д, з*. Суміжні палички кожної із цих пар петель вздовж ряду назовемо внутрішніми, а крайні палички – зовнішніми.

Збільшені округлі петлі δ стовпчиків II, III (рис. 6,а) у зазначених на рис.7 парах опосередковано нахилені накидом у напрямку одна до одної під незначним кутом, порівняно з петлями на рис. 4,5. Відповідно, розвертання остовів цих петель відносно загальної площини поверхні полотна є незначним. Воно визначається тим, що внутрішні палички пар петель δ (з'єднані з пресовим накидом, рис. 6, а) розміщуються на рівні площини поверхні полотна, а зовнішні палички цих пар (з'єднані зі звичайними петлями у ряді 2 на рис. 6,а) виступають над цією площиною. На рис. 7,а,б вказані вище виступаючі палички пар петель δ наведені жирними лініями.

Отже, остови петель δ розвернуті відносно їх вертикальної осі симетрії у напрямку до пресових накидів, які їх з'єднують. Вказаний напрямок розвертання не співпадає з напрямком розвертання з'єднаних пресовим накидом петель у попередніх структурах. Зміну напрямку розвертання остовів петель δ визначають наступні фактори.

Фактор 1 – відсутність з'єднання зовнішніх паличок пар петель δ з пресовими петлями, які у попередніх структурах відтягують ці палички у глибину структури трикотажу, і тим самим сприяють повороту остовів петель δ у напрямку від пресових накидів, як в пресових комплексах [11].

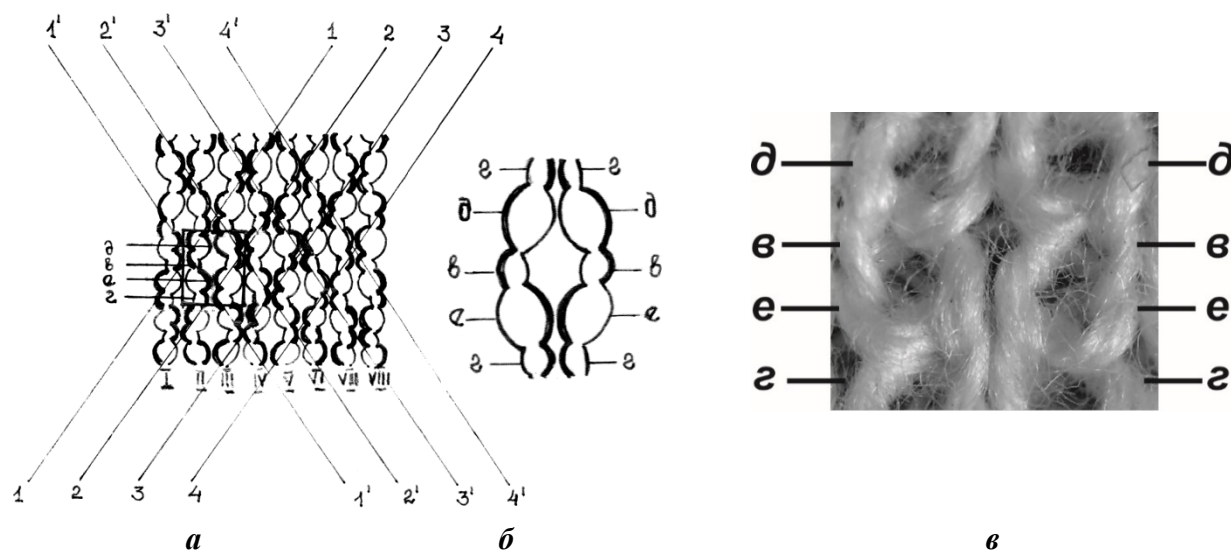


Рис. 7. Графічні схеми (а, б) і структура (в) елементарного модуля трикотажу на рис. 6

Фактор 2 – напрямок та інтенсивність розвертання остовів затягнутих петель $\mathbf{v}$, крізь які пров'язані петлі δ . Як видно із рис. 7,в, петлі $\mathbf{z}$ у зазначених на рис. 7,а,б парах відхилені одна від одної під більшим кутом, ніж петлі $\mathbf{e}$ у тих же петельних стовпчиках, оскільки пресовий накид діє на них безпосередньо (рис. 6,а ряд 2). На інтенсивність нахилу петель $\mathbf{v}$ вказують проміжки, які утворюються між ними вздовж ряду (рис. 7,в). Відповідно, і поворот остовів петель $\mathbf{v}$ більш інтенсивний, ніж у петель δ . Він визначається тим, що внутрішні палички пар петель $\mathbf{v}$ (на рис. 7,б практично повністю перекриті збільшеними петлями δ) відтягнуті у глибину структури з'єднаними з ними пресовими петлями $\mathbf{a}$ (рис. 6,а ряд 1), а зовнішні палички цих пар петель більшого розміру виступають над рівнем площини поверхні трикотажу, як це видно на фото структури (рис. 7,в). Виступаючі палички петель $\mathbf{v}$ на рис. 7,а,б також наведено жирними лініями. Таким чином, петлі $\mathbf{v}$ розвернуті у напрямку до пресових петель $\mathbf{a}$, а отже – до їх пресових накидів в ряді 2. Відповідно, петлі $\mathbf{v}$ повертають остови пров'язаних крізь них петель δ у тому ж напрямку - до пресових накидів петель $\mathbf{a}$. Зовнішні виступаючі палички пар петель $\mathbf{v}$ знаходяться знизу, під зовнішніми виступаючими паличками пар петель δ (рис. 7).

Фактор 3 – напрямок та інтенсивність повороту остовів затягнутих петель $\mathbf{z}$, пров'язаних крізь петлі δ . У зазначених на рис. 6,а парах петель $\mathbf{z}$ напрямок та інтенсивність їх нахилу і повороту ідентичні петлям $\mathbf{v}$. Але стовпчики пар петель $\mathbf{v}$ зміщені вздовж ряду відносно стовпчиків пар петель $\mathbf{z}$ на один петельний стовпчик (рис. 6,а) - у стовпчиках II, III елементарного модуля (рис. 6,7) розміщені пари петель $\mathbf{v}$ та сусідні петлі двох різних пар

петель z . У цих петель z зменшеними і відтягнутими у глибину структури будуть зовнішні палички, а внутрішні - більшого розміру - виступають над рівнем площини трикотажу (рис. 7,в). Виступаючі палички петель z на рис. 7,а,б наведені жирними лініями. Остови петель z у стовпчиках елементарного модуля розвернуті у протилежний бік по відношенню до петель v . Вказаний поворот петель z у певній мірі урівноважує протилежно спрямовану дію петель v на петлі d у елементарному модулі і тим самим сприяє розміщенню петель d у площині полотна. Зменшені і відтягнуті у глибину петельної структури зовнішні палички пар петель z додатково перегинають в районі голкових дужок зовнішні палички пар петель d збільшеного розміру, і тим самим роблять їх ще більш помітними та опуклими (рис. 7,в).. Внутрішні збільшені палички пар петель z знаходяться знизу, під збільшеними і виступаючими паличками пар петель e , наведеними на рис. 7, а,б жирними лініями. Петлі e поводять себе у структурі ідентично петлям d , але зміщені відносно пар петель d також на один стовпчик.

Графічна схема на рис. 7 свідчить, що збільшені і виступаючі над поверхнею трикотажу палички петель елементарного модуля (вони наведені жирними лініями) розміщені у структурі за нахиленими праворуч діагоналями 1-1, 2-2, 3-3 і т.д. та нахиленими ліворуч діагоналями 1'-1', 2'-2', 3'-3' і т.д. Рельєфні елементи за вказаними діагоналями сприймаються на полотні світлішими, оскільки утворені крупнішими більш опуклими і виступаючими ділянками петель, які краще відбивають світло. Накладання цих діагоналей у полотні формує ромбоподібну світлотіньову сітку, яку утворюють більш світлі опуклі ділянки і темніші впадини між ними. Ця сітка проявляється сильніше або слабше, залежно від кута відбивання світла поверхнею трикотажу.

Отже, пресовий трикотаж на рис. 6 характеризується не лише зниженою матеріалоемністю, об'ємною з великими повітряними проміжками структурою, за достатньої її стабільності, а й покращеною зовнішньою фактурою, яка забезпечує цікаву варіативність зорового сприйняття рельєфного рисунку полотна у трикотажних виробках.

На відміну від класичного подвійного напівфангу, у подвійному рисунчастому напівфанзі, окрім чергування 1+1, представленого на рис. 4, можливі інші варіанти чергування петель та пресових накидів. Наприклад, 1+2, 2+2, 3+2 і т. д. На рис. 8 показано трикотаж з чергуванням 2+3.

На стороні без накидів цієї структури (рис. 8,а) можна виділити три типи петель a , b , v . Петлі a з'єднують пресові петлі, петлі b – пресові накиди, петлі v – пресовий накид з пресовою петлею. Як і в класичному подвійному напівфанзі, у стовпчиках 1, 2 рисунчастого напівфангу 2+3 майже непомітні петлі a_1 , затягнуті пресовими петлями z_1 , чергуються зі збільшеними пресовими накидами округлими петлями b_2 . Петельний стовпчик 4 утворюють збільшені пресовими накидами петлі b_1 та затягнуті пресовими петлями z_2 , зменшені петлі a_2 . Будова петельних стовпчиків 1, 2, 4 ідентична.

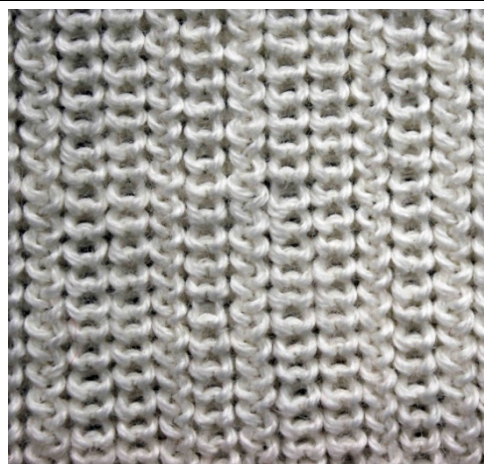
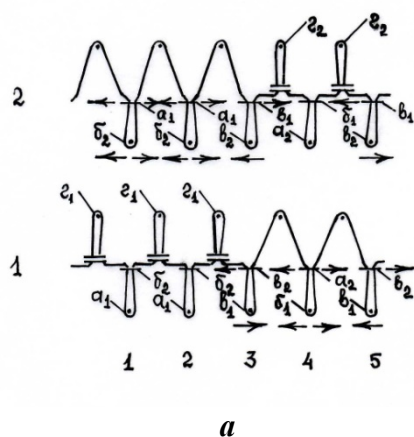


Рис. 8. Графічний запис (а) та структура (б) рисункчастого напівфангу 2+3

На відміну від дрібнозернистого об'ємного застилу стовпчиків 1, 2, 4 без нахилу петель, стовпчики 3, 5 утворюють петлі з протилежним нахилом у кожному ряді. Розмір петель b_1 , b_2 цих стовпчиків менший ніж у петель b_2 стовпчиків без нахилу петель (рис. 8,б), оскільки його визначають два фактори взаємно протилежної дії – пресові петля та накид, а петлі b_2 з'єднані тільки з пресовими накидами.

У ряді 1 пресові накиди, з'єднані з петлями b_1 , опосередковано нахиляють їх у напрямку до себе (до накиду), як це показано стрілками біля голкових дуг петель b_1 . Ті ж накиди у ряді 1 нахиляють петлі b_2 безпосередньо, у напрямку від себе (від накиду, стрілки біля голкових дуг петель b_2 у ряді 1).

У ряді 2 пресові накиди безпосередньо нахиляють петлі b_1 , а опосередковано – петлі b_2 . Враховуючи те, що напрямки опосередкованого та безпосереднього нахилів кожної із петель b_1 , b_2 у рядах 1,2 співпадають, вказані петлі нахиляються і утворюють зигзагоподібні петельні стовпчики 3,5. Остови нахилених петель, так само, як і у структурі на рис. 4, розвернуті відносно їх вертикальної осі симетрії у напрямку від пресового накиду до пресової петлі, з'єднаної з ними.

Петлі a_1 , b_2 стовпчиків 1,2 та b_1 , a_2 стовпчика 4 зберігають вертикальне розміщення. У ряді 1 петлі b_1 нахиляються розміщеними обабіч них пресовими накидами опосередковано, а петлі a_2 – безпосередньо з одною і тою самою інтенсивністю у протилежних напрямках. У ряді 2 так само зрівноважені зусилля з боку пресових накидів, які діють на петлі a_1 , b_2 . В ряді 1 для петель a_1 , b_2 та в ряді 2 для петель a_2 , b_1 взаємодія з пресовими накидами відсутня.

Петельні стовпчики 1, 2, 4 є фактично фрагментами подвійного класичного напівфангу. Отже, петлі у структурах без чергування накидів з петлями зберігають вертикально орієнтоване розміщення тому, що сили, які діють на них під час формування структури є однаковими за величиною і протилежними за напрямком, як це показано на рисунку 8.

Висновки. Виявлення закономірностей у структуроутворенні рисункчастого трикотажу подвійних пресових переплетень з чергуванням петель і пресових накидів на одній його стороні у відповідності до рапорту дозволяє створювати нові фактурні ефекти на полотні, а саме: формування одночасно прямих і нахилених петель у петельних стовпчиках без зсуву фонтур одна відносно одної, як у трикотажі перехресних переплетень з використанням

правила парної голки; отримання фактурних ефектів на стороні без пресових накидів завдяки повороту петель відносно їх вертикальної осі симетрії та зміні розміру і форми петель.

Розуміння механізму взаємодії петель і суміжних з ними пресових накидів створює передумови для керування нею, а отже – для отримання трикотажу із заданими фактурними ефектами та, відповідно, необхідними фізико-механічними характеристиками.

Література

1. Король В. П. Основи теорії в'язання візерункового трикотажу: підручник / В.П. Король, Л. Є. Галавська. –К.: Кафедра, 2014. - 498 с.
2. Шалов И. И. Технология трикотажа: учебник / И.И. Шалов, А.С. Далидович, Л.А. Кудрявин. –М.: Легпромбытиздат, 1986.-376 с.
3. Гусева А. А. Узоробразование на трикотажных машинах и методы расчета рисунков / А.А. Гусева, Е.П. Поспелов. –М.: «Легкая индустрия», 1975. -352 с.
4. Кудрявин Л.А. Лабораторный практикум по технологии трикотажного производства: учебное пособие / Л.А. Кудрявин, Е.П. Поспелов, Н.А. Соловьев и др. –М.: «Легкая индустрия», 1979. -432 с.
5. Труевцев А. В. Расчет технологических параметров одинарного кулирного трикотажа, содержащего пресовые петли высокого индекса / А.В. Труевцев, С.В. Полякова // Технология текстильной промышленности. - № 6, 1996, 67-70 с.
6. Крылова Л. О. Основи теорії в'язання: підручник / Л. О. Крылова, Л.М. Мельник. –К.: Кафедра, 2015. – 304 с.
7. Шалов И. И. Комбинированные трикотажные переплетения: пособие / И.И. Шалов. –М.: МТИ, 1971. -46 с.
8. Holovnia, O.: Wechselwirkungen von Kräften im Faden und Maschenschrägstellung bei RR-Fang-Gestricke, Melliand Textilberichte, Frankfurt am Main / Germany (2017) 3, s. 139-141
9. Головня О. В. Подвійний пресовий трикотаж з ефектом перехресних переплетень / О.В. Головня// Вісник ХНУТД. Технічні науки. - №3 (110), Київ, 2017, 69-73 с.
10. Гусева А. А. Общая технология трикотажного производства: учебник / А.А. Гусева. –М.: Легпромбытиздат, 1987. – 296 с.
11. Головня О. В. Структурні комплекси подвійного трикотажу кулірних пресових переплетень / О.В. Головня. – Вісник ХНУ. Технічні науки. - 2012, №4 (390), 242-245 с.
12. Патент України на корисну модель №109907, МПК (2016.01.) D 04 B 1/00.

References

1. Korol' V. P. (2014) Osnovy teorii v'yazannya viserunkovoho trykotazhu: pidruchnyk [Basic theory of patterned of knitwear knitting: a textbook] / V. P. Korol', L. Ye. Halavs'ka. K/: Kafedra. – 498 p. [in Ukrainian].
2. Shalov I. I. Tehnologiya trikotazha: uchebnik / I.I. Shalov, A.S. Dalidovich, L.A. Kudryavin. –M.: Legprombytizdat, 1986. -376 p. [in Russian].
3. Guseva A. A. Usoroobrazovanie na trikotazhnyih mashinah i metodyi rascheta risunkov / A.A. Guseva, E.P. Pospelov. –M.: Legkaya industriya, 1975, -352 p. [in Russian].
4. Kudryavin L.A. Laboratorniy praktikum po tehnologii trikotagnogo proizvodstva: uchebnoe posobie / L.A. Kudryavin, E.P. Pospewlov, N.A. Solovov i dr. – M.: Legkaya industriya. 1979. -432 p. [in Russian].
5. Truevtsev A.V. Raschet technologicheskikh parametrov odinarnogo kulirnogo trikotazha, soderzhashego pressovyye petli vyisokogo indeksa / A.V. Truevtsev, S.V. Polyakova // Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. - № 6, 1996, 67-70 p. [in Russian].
6. Krylova L. O. Osnovy teorii viazannia: pidruchnyk / L.O. Krylova, L. M. Melnyk. –K.: Kafedra, 2015. – 304 p. [in Ukrainian].
7. Schalov, I. I. Kombinierte Trikotagenbindungen. Moskau / Verlag MTI, 1971, s. 46 [in Russian].
8. Holovnia, O.: Wechselwirkungen von Kräften im Faden und Maschenschrägstellung bei RR-Fang-Gestricke, Melliand Textilberichte, Frankfurt am Main / Germany (2017) 3, s. 139-141 [in Deutsch].
9. Holovnia, O.: RR-Fang-Gestricke mit Effekt der Versatzgestricke / Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, (2017), №3, p. 69-73 [in Ukrainian].
10. Guseva A. A. (1987) Obschaya tehnologiya trikotazhnogo proizvodstva: uchebnik [Allgemeine Technologie der Gewirke und Gestrickeproduktion: das Lehrbuch] / A.A. Guseva. – Moskau: Legprombitizdat. – 296 p. [in Russian].
11. Holovnia, O.: Strukturkomplexe der RR-Fang-Gestricke, Informationsblatt der Khmelnytsky Nationaluniversität, Khmelnytskyi(2012) 4, s. 242-245 [in Ukrainian].
12. Patent der Ukraine № 109907, MPK D 04 B 1/00. RR-Fang-Gestricke mit einem Änderung erfahren optischen Effekt // Holovnia, O., Paraska G. Veröffentlicht

Кулірний трикотаж подвійних пресових переплетень зі змінним оптичним ефектом. \\\\ Головня О.В., Параска Г.Б. Опубл. 12.09.2016 р. Бюл. 1

12.09.2016. Bulletin der Erfindungen №17 [in Ukrainian].

HOLOVNYA OLEKSANDR

oleksandr.holovnya@gmail.com
Lviv National Academy of Arts

KYZYMCHUK OLENA

kyzymchuk.o@knutd.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8874-8931>

Scopus ID <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36140680600>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2144356/olenakyzymchuk/>
Kyiv National University of Technologies & Design

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭФФЕКТОВ НА БАЗЕ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА ДВОЙНЫХ ПРЕССОВЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

ГОЛОВНЯ А. В.¹, КИЗИМЧУК Е. П.²

¹Львовская национальная академия искусств

²Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния пресовых набросков, сформированных в одном слое двойного пресового трикотажа на размер, форму и размещение петель противоположного слоя.

Методика. Общие положения теории вязания и структурообразования кулирного трикотажа двойных пресовых переплетений, а также механики гибкой нити.

Результаты. На основании теоретического анализа особенностей структурообразования нерегулярного и регулярного трикотажа пресовых переплетений предложено разделение кулирного трикотажа пресовых переплетений по признаку его рисунчатых возможностей на простой и рисунчатый. Критерием такого разделения определено чередование петель и пресовых набросков в рядах трикотажа или графической записи рапорта его вязания. В простом пресовом трикотаже указанное чередование отсутствует: в его рядах образуются исключительно пресовые наброски или исключительно петли. В рядах рисунчатого пресового трикотажа присутствует чередование петель и пресовых набросков. По сравнению с простым, рисунчатый пресовый трикотаж имеет значительно более широкие возможности узорообразования. В работе раскрыты особенности взаимодействия между петлями и пресовыми набросками в рисунчатом трикотаже двойных пресовых переплетений. Показано влияние этого взаимодействия на внешний вид поверхности пресового трикотажа. Разработана новая структура рисунчатого трикотажа двойных пресовых переплетений.

Научная новизна. Показано, что на базе рисунчатого трикотажа двойных пресовых переплетений с размещением пресовых набросков в одном слое структуры можно получить структурные эффекты в противоположном слое петель не только в виде зигзагообразных петельных столбиков (как в трикотаже перекрестных переплетений, но без сдвига одной игольной фонтур относительно другой), но и другие эффекты, которые помимо наклона петель, базируются на разворачивании этих петель относительно общей плоскости размещения остальных петель, разным размере и форме как петель, так и отдельных их участков – палочек и игольных дуг. Разработан трикотаж двойных пресовых переплетений с фактурным эффектом, который может проявляться с различной интенсивностью, в зависимости от угла отражения света поверхностью трикотажа. Эта разработка защищена патентом Украины на полезную модель.

Практическое значение. Обосновано проектирование структур двойного пресового трикотажа с пресовыми набросками в одном слое благодаря учету взаимодействия их структурных элементов между собой и управление этим взаимодействием для получения трикотажа с заданной фактурой поверхности.

Ключевые слова: петля, пресовый набросок, наклон петли, фактура трикотажа, взаимодействие элементов структуры.

STUDY OF STRUCTURAL EFFECTS ON DOUBLE WEFT TUCK KNIT HOLOVNIA O.¹, KYZYMCHUK O.²

¹Lviv National Academy of Arts

²Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The study of the influence of tuck of one layer of a double tuck knit on the size, shape and disposition of the loops of the opposite layer is the goal of this paper. The overall picture of their interaction has been clarified and the obtained rules has been illustrated by new structure creation.

Methodology. The common positions of the theory of knitting and the structure formation of the weft double knitted fabric, the mechanic of flexible thread, and also the methods of geometric models have been used for this research work.

Results. The weft tuck knits have been divided according the alternation of the loops and the tucks in the course. Behind this feature, it was proposed to divide the tuck knitted structures into simple and patterned. In a simple tuck knit, the specified alternation is absent: its courses are formed exclusively tucks or exclusively loops. In the patterned knit, there is an alternation of loops and tucks. The mechanics features of an interaction between loops and tuck stitch in weft double knitted structures have been revealed. The effect of this interaction on the appearance of the knitted fabric surface is shown. The new double tuck knitted structure with improved surface optics has been developed.

Scientific novelty. It is shown that it is possible to obtain structural effects in the one layer of loops based on patterned weft tuck double knitted structure with the placement of tucks in opposite layer of the structure. It is not only the zigzag loop wales (without shifting one needle bed relative to another), but others also, which are based on the unfolding of loops relative to the fabrics surface in addition to the inclination of loops as well as different size and shape of the loops. The knitted fabric of double tuck interloping with an alternating optical effect was developed at the patent level.

Practical value. More reasonable design of double tuck interloping with tucks in one layer due to the interaction of their structural elements as well as an expansion of the pattern possibilities of tuck structures are the practical value of this research.

Keywords: loop, tuck half-stitch, incline of loop, surface of knit, interaction between structural elements.

УДК 677.017.8:687.3

ЖМУРАК Т. А.¹, БІЛОЦЬКА Л. Б.¹, ХАРЧЕНКО Ю. М.²,
ЛОЗОВЕНКО С. Ю.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Аналітично-дослідна випробувальна лабораторія (АДВЛ) «Текстиль-ТЕСТ» КНУТД

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МАЛЮНКІВ, НАНЕСЕНИХ НА ТРИКОТАЖНІ ПОЛОТНА РІЗНИМИ СПОСОБАМИ ДРУКУ

Мета. Забезпечення необхідного рівня якості трикотажних виробів із малюнками, нанесеними різними способами друку. Поставлена мета досягається шляхом дослідження та аналізу стабільності зовнішнього вигляду та форми малюнків, нанесених на трикотажні полотна різних за сировинним складом та видом переплетення, під час експлуатації виробів.

Методика. Дослідження базувались на системному аналізі та використанні стандартизованих методів визначення показників якості трикотажних полотен і малюнків, нанесених на них різними способами друку. Встановлення видів фізико-хімічних впливів на трикотажні полотна, методів оцінки та нормативного рівня показників проводилось залежно від їх призначення та сировинного складу згідно нормативних вимог.

Результати. Досліджено вплив прання, прасування, сухого та мокрого тертя на форму, фактуру поверхні, тривкість пофарбування та закріплення малюнків, нанесених на трикотажні полотна різних за сировинним складом та видом переплетення прямим цифровим та трансферним способами друку.

Наукова новизна. Встановлено характер зміни зовнішнього вигляду малюнків, нанесених на трикотажні полотна різних за сировинним складом та видом переплетення прямим цифровим та трансферним способами друку, під дією різних видів фізико-хімічного впливу.

Практичне значення. Доведено, що рекомендації виробника щодо температури прання, прасування та способу сушіння трикотажних виробів з малюнками, нанесеними прямим цифровим та трансферним способами друку, є обґрунтованими. При виборі способу нанесення малюнків рекомендовано враховувати фактуру поверхні переплетення, сировинний склад та деформаційні характеристики основного матеріалу, зокрема групу розтяжності трикотажного полотна. Результати досліджень впроваджено у виробництво трикотажної продукції підприємства ТОВ «SinglePrint» (м. Київ).

Ключові слова: швейні вироби з трикотажних полотен, способи друку на текстильних матеріалах, прямий цифровий друк, трансферний (перевідний) друк, конкурентоспроможність продукції, показники надійності, прогнозування тривкості пофарбування.

Вступ. Інтеграція України в європейський та світовий промисловий простір і всебічна конкуренція з закордонними виробниками змушує вітчизняні підприємства до постійного пошуку шляхів підвищення якості своєї продукції в контексті її відповідності вимогам ринку. Важливою складовою забезпечення відповідності одягу сучасним тенденціям моди та стилю є використання різноманітних художніх прийомів оздоблення виробів та текстилю. Новітні технології фарбування дозволяють отримувати на поверхні матеріалів різноманітні художні ефекти (ікат, шине, піко, імітації акварельного живопису тощо) і таким чином урізноманітнювати готову продукцію [1-2]. Існують різноманітні способи друку (нанесення) зображень на текстильних матеріалах та готових швейних виробах: ручний, машинний, аерографний, сублімаційний, цифровий, трансферний (перевідний або термоаплікація) та ін. [2-4]. Кожен вид нанесення має свої особливості, переваги та недоліки [5-7].

Друковані малюнки широко застосовуються вітчизняними виробниками для оформлення виробів різних асортиментних груп (фуфайки, светри, пуловери, сукні тощо). Серед споживачів продукції вітчизняного підприємства ТОВ «SinglePrint» (м. Київ) найбільшим попитом користуються наступні способи нанесення малюнків на текстильні матеріали або готові вироби: прямий цифровий (із використанням струменевого принтеру) та трансферний друк із використанням термоплівок.

На якості малюнків, отриманих саме цими способами і буде зосереджене подальше дослідження. Для більш точного розуміння результатів дослідження розглянемо деякі особливості прямого цифрового та трансферного способів друку.

Прямий цифровий друк – це вид перенесення малюнку на тканину, трикотажне полотно чи готовий виріб, при якому не використовується так званий проміжний носій (рисунок 1). Тканина просочується спеціальним розчином, який не дозволяє розтікатися фарбі по поверхні матеріалу та забезпечує високу чіткість і фотографічну якість нанесеного зображення [8].



Рис. 1. Прямий цифровий друк на текстильних матеріалах

Прямий цифровий друк виконується у наступній послідовності:

1. Розробка дизайну зображення у графічному редакторі або перенесення малюнку з паперових носіїв за допомогою сканера в електронний вигляд із подальшою його обробкою.
2. Підготовка матеріалу до друку шляхом припресовування ворсу.
3. Нанесення малюнку на виріб за допомогою струменевого принтера подібно звичайному друку на папері, але з використанням активних, кислотних або пігментних барвників, які здатні надійно утримуватися на матеріалі.
4. Закріплення малюнку на матеріалі шляхом дії високої температури за допомогою термопресу.

Слід зазначити, що процес нанесення малюнку на матеріали середнього та темного кольорів (тон пофарбування базового текстильного матеріалу) за допомогою прямого цифрового способу друку включає попереднє нанесення білої основи (праймера), на якій в подальшому друкується кольорове зображення.

Цифровий друк із використанням струменевого принтера забезпечує фотографічну якість нанесеного зображення і застосовується майже на будь-якому текстильному матеріалі (як з натуральних, так і синтетичних волокон) за умови його термостійкості до температури не менше 150 °С.

Трансферний спосіб друку передбачає друк малюнку на плівці певного кольору та перенесення його на виріб за допомогою термопресу:

1. Дизайн зображення обробляється у графічному редакторі.
2. Макет малюнку з полівінілхлоридної або поліуретанової термоплівки, яка складається із трьох шарів (шар прозорої основи, шар плівки і шар термоклею), вирізається на ріжучому плотері за допомогою механічного різачка або лазера.
3. Малюнок, вирізаний із термоплівки, накладається на виріб та під впливом температури і тиску закріплюється на текстильному матеріалі. Прозора основа після охолодження видаляється (рисунок 2).



Рис. 2. Трансферний спосіб нанесення малюнку

Виконання трансферного друку передбачає використання термоплівок, які можуть відтворювати різноманітні фактурні поверхні (наприклад, вишивку) або ефекти: сріблястий, об'ємний (3D), світловідбиваючий, сяючий в ультрафіолетовому світлі тощо. А також містити в собі додаткові елементи (наприклад, стрази) [9].

Для дослідження обрано наступні види термоплівок, які є популярними серед споживачів продукції підприємства «SinglePrint»: із гладкою поверхнею – флекс-плівка (рисунок 3, а), із оксамитовою поверхнею – флок-плівка (рисунок 3, б), із блискучою поверхнею – глітер-плівка (рисунок 3, в).

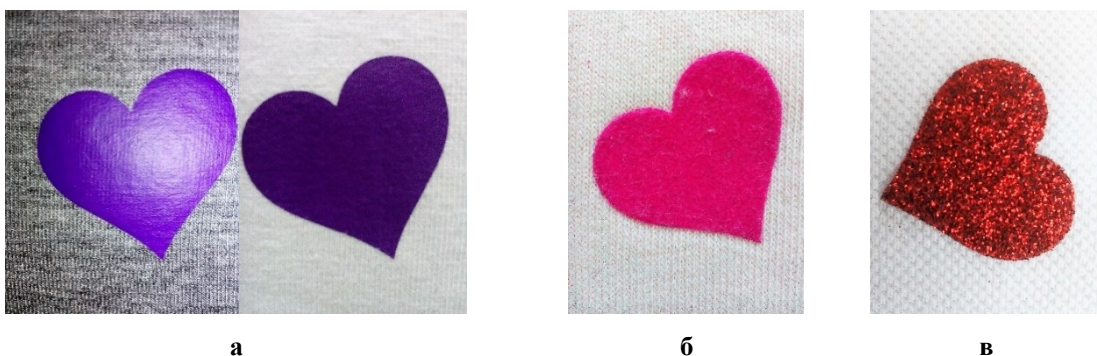


Рис. 3. Види термоплівок «SinglePrint» для трансферного способу нанесення малюнків:
а) флекс-плівка; б) флок-плівка; в) глітер-плівка

Постановка завдання. Швидке розповсюдження сучасних технологій у виробництві та оздобленні одягу вимагає від виробників динамічного розвитку на шляху створення конкурентоспроможної продукції. Тому вивчення вимог споживачів та пошук шляхів поліпшення якості продукції на підприємстві мають бути постійними. Багаторічний досвід роботи підприємства «SinglePrint» у галузі нанесення малюнків на трикотажні полотна та

вироби виявив ряд питань, які дозволили сформулювати задачі дослідження: проаналізувати динаміку зносостійкості зовнішнього вигляду та форми зображень, нанесених на трикотажні полотна різноманітних за сировинним складом, групою розтяжності та видом переплетення різними способами друку (прямим цифровим та трансферним) під час експлуатації виробів.

Результати досліджень. Загальновідомо, що якість формується на всіх етапах життєвого циклу продукції: виробництва, реалізації та експлуатації. Для забезпечення якості продукції на етапі «Проектування та розроблення» на основі аналізу вимог споживачів до параметрів продукції проводиться встановлення номенклатури показників якості, критеріїв приймання та вибраковування; об'єктів і методів контролю та випробувань продукції [10]. Стосовно якості друку на текстильних матеріалах особливої уваги заслуговують показники безпеки щодо розчинів для пофарбування, технологічні показники та параметри способів нанесення оздоблення, а також показники надійності швейної продукції з оздобленням у процесі експлуатації.

Показники надійності спрямовані на визначення зносостійкості, довговічності, розміро- та формостабільності виробів під дією зовнішніх чинників. Для оцінки динаміки рівня якості, зокрема стабільності зовнішнього вигляду та форми малюнків, нанесених на трикотажне полотно різними способами друку, доцільно зосередити увагу на показнику «ступінь тривкості пофарбування до різних фізико-хімічних впливів» [11]. Підтвердженням цього є те, що цей показник згідно ДСТУ 3045–95 «Полотна та вироби трикотажні, хутро штучне трикотажне. Класифікація та номенклатура показників якості» входить до переліку показників якості при обов'язковій та добровільній сертифікації трикотажних полотен для верхніх (I та II шар виробу), білизняних (I шар одягу), спортивних (I та II шар одягу) виробів. При цьому, показник «ступінь тривкості пофарбування до різних фізико-хімічних впливів» може бути використаний для оцінки відповідності як вимогам надійності під час експлуатації, так і естетичним вимогам. Крім того, стандартизовані методи оцінки тривкості пофарбування дають можливість оцінити не тільки здатність текстильних матеріалів та малюнків, нанесених на них різними способами друку, зберігати початковий колір під впливом різних фізико-хімічних факторів, а й інші видимі зміни. Зокрема, фіксувати зміни фактури надрукованого малюнку, його форми, розмірів, або тривкості закріплення на поверхні текстильного матеріалу, що є важливими критеріями оцінки зносостійкості малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку [12]. Особливо це стосується трансферного способу друку за допомогою термоплівок. Також методи оцінки тривкості пофарбування можуть застосовуватись для оцінки стійкості окремих барвників.

Аналіз асортименту трикотажних полотен, які використовуються підприємством «SinglePrint» для виготовлення виробів з оздобленням за допомогою різних способів друку показав, що найбільш поширеним є застосування бавовняних, віскозних або змішаних матеріалів з незначною часткою поліефірних чи (або) поліуретанових волокон. Це пояснюється як призначенням різних видів одягу (верхній, білизняний, спортивний), так і особливостями процесу нанесення зображення на поверхню трикотажного полотна. Об'єктом дослідження обрано декілька зразків трикотажних полотен, які найбільш популярні серед споживачів продукції «SinglePrint». Згідно стандартизованих методів

проведено випробування за показниками якості, які характеризують структуру та матеріалоемність обраних зразків (табл. 1).

Встановлення видів фізико-хімічних впливів на трикотажні полотна, методів оцінки та нормативного рівня показників проводилось залежно від їх призначення та сировинного складу згідно ДСТУ 3823–98 «Полотна трикотажні. Норми та метод оцінки якості», а також умов експлуатації та рекомендацій виробника щодо догляду (рисунок 4).

Таблиця 1

Характеристики якості трикотажних полотен для виготовлення виробів із друкованими малюнками

Найменування показника, одиниця виміру	Результат випробування зразків				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Вид і масова частка сировини *, %	бавовна–95%, ПЕ–5%	бавовна–95%, ПЕ–5%	бавовна–80%, ПЕ–20%	бавовна–80%, ПЕ–20%	віскоза – 95%, ПУ – 5%
Поверхнева густина, г/м ²	203	204	330	285	188
Переплетення	кулірна гладь	комбіноване	футероване	футероване начісне	кулірна гладь
Товщина, мм	0,5	0,8	1,3	1,2	0,4
Розтяжність, %	35	12	5	18	76

**Примітка.* Інформація щодо виду і масової частки сировини надана виробником продукції.



Рис. 4. Рекомендації виробника щодо умов догляду за трикотажними виробами, оздобленими різними способами друку

Оскільки одяг з трикотажних полотен піддається багаторазовому пранню та прасуванню, вирішено дослідити характер впливу прання, прасування, сухого та мокрого тертя на тривкість пофарбування, зовнішній вигляд та форму малюнків, нанесених прямим цифровим та трансферним способами друку.

Сутність методів визначення ступеню тривкості пофарбування малюнків, нанесених на трикотажне полотно шляхом прямого цифрового та трансферного способів друку, до впливу прання (ДСТУ ISO 105-C06:2009 Матеріали текстильні. Визначення тривкості фарбування. Частина C06. Метод визначення тривкості фарбування до прання в домашніх умовах і пральнях (ISO 105-C06:1994, IDT)), прасування (ГОСТ 9733.7–83 Матеріали текстильні. Метод испытания устойчивости окраски к глажению), сухого та мокрого тертя (ДСТУ ISO 105-X12:2009 Матеріали текстильні. Визначення тривкості фарбування. Частина X12. Метод визначення тривкості фарбування до тертя (ISO 105-X12:2001, IDT)) полягала в

тому, що робоча проба трикотажного полотна з надрукованим на ньому малюнком разом з суміжною тканиною піддавалась відповідному фізико-хімічному впливу. Після чого проведено оцінку зміни початкового пофарбування друкованого малюнку та/або зафарбування суміжної тканини в балах. У якості суміжної тканини, яка контактувала з робочою пробю, застосовано спеціально вироблену нефарбовану бавовняну тканину. Оцінку проведено за помітною контрастністю між пофарбуванням проб до та після випробування. Цей контраст візуально порівняно з сірою шкалою [13], яка являє собою набір з п'яти або дев'яти пар ахроматичних (сірих) смужок тканини або картону, які відповідають діапазону контрастів від 5 (відсутність контрасту) до 1 балу (сильний контраст).

Окрім визначення тривкості пофарбування друкованих малюнків до впливу прання за стандартизованим методом, проведено багаторазове прання аналогічних зразків трикотажних полотен з друкованими малюнками. Тривкість пофарбування малюнків до багаторазового прання визначено після п'яти циклів прання у машині-автомат з використанням побутового прального засобу за режимом прання з віджиманням при температурі 40 °С. Таким чином, визначено вплив багаторазового прання в побутових умовах на ступінь тривкості пофарбування друкованих малюнків у виробках, які піддаються пранню безпосередньо за рекомендаціями виробника (табл. 2–3).

Таблиця 2

Ступінь тривкості пофарбування малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку, до впливу прання за стандартизованим методом

Найменування зразка трикотажного полотна	Ступінь тривкості пофарбування малюнку (зміна початкового пофарбування/ зафарбування білого бавовняного матеріалу), бали			
	нанесеного способом прямого цифрового друкування	нанесеного способом трансферного друкування із використанням		
		флок-плівки	флекс-плівки	глітер-плівки
Зразок № 1	5/5	5/5	5/5	5/5
Зразок № 2	5/5	5/5	5/5	5/5
Зразок № 3	5/5	5/5	5/5	5/5
Зразок № 4	5/5	5/5	5/5	5/5
Зразок № 5	5/5	5/5	5/5	5/5

Цікавим є те, що незважаючи на високий ступінь тривкості пофарбування малюнків, нанесених трансферним способом, як до прання, так і до сухого й мокрого тертя (табл. 4), тривкість закріплення малюнків на поверхні трикотажного полотна може змінюватись (рисунки 5). Зокрема, виявлено відшарування термоплівки на зразку трикотажного полотна № 5, який відрізняється підвищеною розтяжністю у порівнянні з іншими зразками досліджуваних матеріалів (див. табл. 1). Виявлено, що фактура поверхні малюнків, які нанесені на трикотажні полотна трансферним способом друку із використанням флок-плівки досить чутлива до багаторазового прання і має схильність до звалюваності її ворсової поверхні (рисунки 6). Особливо цей ефект проявився на футерованих трикотажних полотнах (зразки № 3 та № 4).

Таблиця 3

Ступінь тривкості пофарбування малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку, до впливу багаторазового прання

Найменування зразка трикотажного полотна	Ступінь тривкості пофарбування малюнку (зміна початкового пофарбування/ зафарбування білого бавовняного матеріалу), бали			
	нанесеного способом прямого цифрового друкування	нанесеного способом трансферного друкування із використанням		
		флок-плівки	флекс-плівки	глітер-плівки
Зразок № 1	4/5	5/5	5/5	5/5
Зразок № 2	4/5	5/5	5/5	5/5
Зразок № 3	5/5	4–5/4	5/5	4/4–5
Зразок № 4	5/5	4–5/4	5/5	4/4–5
Зразок № 5	4/4	4–5/4	5/5	4/4–5

Таблиця 4

Ступінь тривкості пофарбування малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку, до впливу сухого та мокрого тертя

Найменування зразка трикотажного полотна	Ступінь тривкості пофарбування малюнку (зафарбування білого бавовняного матеріалу), бали			
	нанесеного способом прямого цифрового друкування		нанесеного способом трансферного друкування із використанням флок-плівки	
	до сухого тертя	до мокрого тертя	до сухого тертя	до мокрого тертя
Зразок № 1	5	3	5	4–5
Зразок № 2	5	3–4	5	4–5
Зразок № 3	4–5	3	5	4–5
Зразок № 4	4–5	4	5	4–5
Зразок № 5	4	3–4	5	4–5

Також є помітною зміна насиченості та яскравості кольору після багаторазового прання малюнків, нанесених на трикотажне полотно способом прямого цифрового друку (рисунок 7).

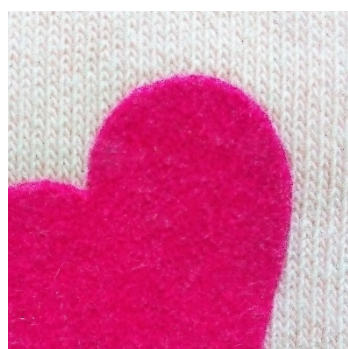


а

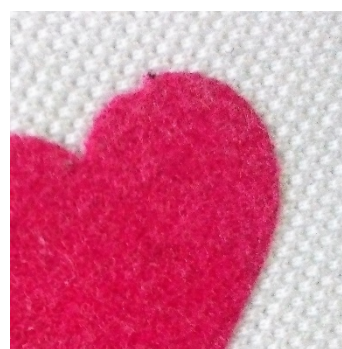


б

Рис. 5. Зовнішній вигляд малюнку, нанесеного на трикотажне полотно трансферним способом друку із використанням флекс-плівки, до (а) та після (б) багаторазового прання



а



б

Рис. 6. Зовнішній вигляд малюнків, нанесених на трикотажне полотно трансферним способом друку із використанням флок-плівки, до (а) та після (б) багаторазового прання



а



б

Рис. 7. Зовнішній вигляд малюнку, нанесеного на трикотажне полотно способом прямого цифрового друку, до (а) та після (б) багаторазового прання

Ступінь тривкості пофарбування малюнків, нанесених різними способами друку, до впливу прасування визначалась за стандартизованим методом та, за рекомендаціями виробника, зі зворотної сторони зразків при температурі нагрівання праски до $(150 \div 170)^\circ\text{C}$. Після проведення випробування виявлено, що всі зразки, незалежно від способу друку, сировинного складу та виду переплетення трикотажних полотен, мали відмінний результат

(5 балів). Тобто, окрім високого ступеню тривкості пофарбування, малюнки не відшаровувались, не змінювалась їх форма та фактура поверхні.

При порівнянні результатів випробувань з нормативним рівнем [14] встановлено, що тривкість пофарбування усіх досліджуваних зразків трикотажних полотен, оздоблених за допомогою прямого цифрового та трансферного способів друку, до різних фізико-хімічних впливів відповідає нормам фізико-хімічних показників, встановлених нормативною документацією при розробці та сертифікації продукції (табл. 5).

Таблиця 5

Ступінь тривкості пофарбування до різних фізико-хімічних впливів для трикотажних полотен з бавовняної пряжі, ацетатних, віскозних, поліамідних та поліпропіленових ниток, їх сполучень та сумішей з синтетичними нитками (за ДСТУ 3823–98)

Група полотна	Тон пофарбування	Група стійкості пофарбування	Норма тривкості пофарбування, бали, не менше, до дії			
			прання за температури 40 °С		сухого тертя	сухого прасування
			зміна початкового пофарбування	зафарбування білого бавовняного матеріалу	зафарбування білого бавовняного матеріалу	зміна початкового пофарбування
Білизняні	світлий	звичайна	4	3	3	—
		міцна	4	4	4	—
		особливо міцна	5	5	5	—
	середній	звичайна	4	3	3	—
		міцна	4	4	4	—
		особливо міцна	5	4	4	—
	темний	звичайна	4	3	3	—
		міцна	4	4	4	—
		особливо міцна	5	4	4	—
Верхні	світлий	звичайна	3	3	3	4
		міцна	4	4	4	4
		особливо міцна	4	5	4	5
	середній	звичайна	3	3	3	4
		міцна	4	4	4	4
		особливо міцна	4	5	4	5
	темний	звичайна	3	3	3	4
		міцна	4	4	4	4
		особливо міцна	5	4	4	5

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що сировинний склад, вид переплетення та матеріалоємність обраних зразків трикотажних полотен істотно не впливають на тривкість пофарбування малюнків, нанесених на них шляхом прямого цифрового та трансферного способів друку. Однак, при нанесенні малюнку трансферним способом із використанням флекс-плівки доцільно обирати трикотажні полотна виключно з гладкою поверхнею переплетення та не начісні. Для зменшення негативного впливу прання

на фактуру таких малюнків рекомендовано надавати перевагу трикотажним матеріалам, до сировинного складу яких входять синтетичні волокна.

Виявлено, що підвищена розтяжність основного матеріалу впливає на тривкість закріплення малюнків на трикотажних полотнах, оздоблених способом трансферного друку та сприяє їх відшаровуванню. Цей недолік виявлено як після прання, так і сухого та мокрого тертя. Тому, при застосовуванні трансферного способу друку слід враховувати деформаційні характеристики основного матеріалу, зокрема групу розтяжності трикотажного полотна.

Дослідження характеру зміни зовнішнього вигляду та форми друкованих малюнків, нанесених на трикотажні полотна прямим цифровим та трансферним способами друку, під дією різних видів фізико-хімічного впливу, а також багаторазового прання підтверджують обґрунтованість рекомендацій виробника щодо температури прання, прасування та способу сушіння оздоблених виробів.

Перспективним напрямком дослідження зносостійкості малюнків, нанесених на текстильні матеріали різними способами друку, є розробка експрес-методу визначення та прогнозування тривкості пофарбування друкованих малюнків під дією різних видів фізико-хімічного впливу, в тому числі впливу світла та світлопогоди.

Література

1. Бузов Б. А. Материалы для одежды. Ткани : учеб. пособ / Б.А. Бузов, Г.П. Румянцева. – Москва : Форум : ИНФРА-М, 2012. – 224 с.
2. Супрун Н.П. Матеріалознавство швейного виробництва. Матеріали для одягу: підручник / Н.П. Супрун. – Київ: КНУТД, 2009. – 188 с.
3. Жмурак Т. А. Аналіз способів отримання багатобарвних малюнків та візерунків на швейних виробах з трикотажних полотен / Т. А. Жмурак, Л. Б. Білоцька, С. Ю. Лозовенко // Тези доповідей XVII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів “Наукові розробки молоді на сучасному етапі”. – Київ : КНУТД, 2018 р. – т. 1. – с. 11-12
4. Патлашенко О. А. Матеріалознавство швейного виробництва: навч. пос. / О.А. Патлашенко. – Київ: Арістей, 2007. – 288 с.
5. Гарифуллина Г. А. Методы печати по материалам из хлопковых и синтетических волокон / Г. А. Гарифуллина // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 8 (17). – с. 72-76.
6. Савчук О. В. Дослідження якості друкованих малюнків, нанесених на трикотажне полотно різними способами [Електронний ресурс] / О.

References

1. Buzov, B. A. & Rumyantseva, G.P. (2012) *Materialy dlya odezhdy. Tkani* [Materials for clothing. Fabrics]. Moskva: Forum : INFRA-M [in Russian]
2. Suprun, N.P. (2009) *Materialoznavstvo shveinoho vyrobnytstva. Materialy dlia odiahu* [Materials science of sewing production. Materials for clothing]. Kyiv: KNUTD [in Ukraine]
3. Zhmurak, T. A., Bilotska, L. B. & Lozovenko, S.Yu. (2018) *Analiz sposobiv otrymannia bahatobarvnykh maliunkiv ta vizerunkiv na shveinykh vyrobakh z trykotazhnykh poloten* [Analysis of methods for obtaining multi-colored drawings and patterns on knitted garments]. Proceedings from XVII Vseukrainska naukova konferentsiya molodykh vchenykh ta studentiv “Naukovi rozrobky molodi na suchasnomu etapi” – XVIIth Ukrainian Scientific Conference of Young Scientists and Students “Scientific developments of youth at the present stage” (Vol. 1, pp.11-12). Kyiv: KNUTD [in Ukraine]
4. Patlashenko, O. A. (2007) *Materialoznavstvo shveinoho vyrobnytstva* [Materials science of sewing production]. Kyiv: Aristei [in Ukraine]
5. Garifullina, G. A. (2014). *Metody pechati po materialam iz khlopkovykh i sinteticheskikh volokon* [Printing methods on materials made from cotton and synthetic fibers]. Journal of Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of the Kazan Technological University, 8, 72-76. [in Russian].
6. Savchuk, O. V. & Halavskaia, L. Ye. (2018) *Doslidzhennia yakosti drukovanykh maliunkiv, nanosenykh na trykotazhne polотно riznymy sposobamy*

- В. Савчук, Л. Є. Галавская // Технології та дизайн. – 2018. – № 1 (26). – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_1_10 (дата звернення: 20.11.2018).
7. Хмільярчук О. І. Аналітичний огляд технологій перенесення зображення на тканину / О. І. Хмільярчук, А. Д. Шепельова // Технологія і техніка друкарства. – 2017. – № 1(55). – с. 38-46. – Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/90086>.
8. Друк на тканинах, футболках, готових виробів [Електронний ресурс] // SINGLEPRINT. – Режим доступу : <https://singleprint.com.ua/ua/> (дата звернення: 03.12.2018)
9. Василевский А. С. Термотрансферная технология в производстве одежды / А.С. Василевский // Новые технологии в легкой промышленности. – Москва : «Номос», 2006. – 51 с.
10. Савчук Н.Г. Квалітологія швейного виробництва: підручник / Н.Г. Савчук, С.М. Березненко, М.П. Березненко. – 2-ге видання. – Київ: Арістей, 2006. – 464 с.
11. Матеріали та вироби текстильні, трикотажні, швейні та шкіряні. Терміни та визначення : ДСТУ 3998–2000. – Чинний від 2001-07-01. – Київ : Держстандарт України, 2001. – 89 с. – (Національний стандарт України)
12. Матеріали текстильні. Визначення стійкості фарбовання. Частина А01. Загальні вимоги до проведення випробувань (ГОСТ ИСО 105-A01:2002, IDT) : ДСТУ ГОСТ ИСО 105-A01:2004. – Чинний від 2005-07-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2005. – 24 с. – (Національний стандарт України)
13. Матеріали текстильні. Визначення стійкості фарбовання. Частина А02. Сіра шкала для оцінювання зміни кольору (ISO 105-A02:1993, IDT) : ДСТУ ISO 105-A02:2005. – Чинний від 2007-01-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 8 с. – (Національний стандарт України)
14. Полотна трикотажні. Норми та метод оцінки якості : ДСТУ 3823–98. – Чинний від 2000-01-01. – Київ : Держстандарт України, 1999. – 51 с. – (Національний стандарт України)
- [Research of quality of the printed pictures inflicted on knitting linen in number of different ways]. Journal of *Tekhnolohii ta dyzain* – Technology and design, 1 (26). – Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_1_10 [in Ukraine]
7. Khmiliarchuk, O. I. & Shepelova, A. D. (2017). *Analitychnyi ohliad tekhnolohii perenesennia zobrazhennia na tkanynu* [Analytical review of technology for transferring images to a fabric]. Journal of *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva* – Technology and Technique of Typography, 1(55), 38–46. Retrieved from: <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/90086> [in Ukrainian].
8. *Druk na tkanynakh, futbolokakh, hotovykh vyrobakh* [Printing on fabrics, T-shirts, finished goods] (2018). SINGLEPRINT. Retrieved from: <https://singleprint.com.ua/ua/> [in Ukrainian]
9. Vasilevskij, A. S. (2006). *Termotransfernaja tehnologija v proizvodstve odevzdy. Novye tehnologii v legkoj promyshlennosti* [Thermotransfer technology in clothing manufacture. New technologies in light industry]. Moscow: Nomos [in Russian].
10. Savchuk, N. H., Bereznenko, S. M., Bereznenko, M. P. (2006) *Kvalitohiia shveinoho vyrobnytstva* [Quality science of sewing production]. Kyiv: Aristei [in Ukraine]
11. *Materialy ta vyroby tekstylni, trykotazhni, shveini ta shkiriani. Terminy ta vyznachennia: DSTU 3998–2000* [Textile, knitted, sewing and leather materials and products. Terms and definitions: State Standard of Ukraine 3998–2000]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2000. 94 p.
12. *Materialy tekstylni. Vyznachennia stiikosti farbovannia. Chastyna A01. Zahalni vymohy do provedennia vyprobuvan (HOST ISO 105-A01:2002, IDT): DSTU HOST ISO 105-A01:2004* [Textiles - Tests for colour fastness - Part A01: General principles of testing: Interstate Standard 105-A01:2004)]. Kyiv: Derzhspozhuvstandart Ukrainy, 2005. 24 p.
13. *Materialy tekstylni. Vyznachennia stiikosti farbovannia. Chastyna A02. Sira shkala dlia otsiniuvannia zminy koloru (ISO 105-A02:1993, IDT) : DSTU ISO 105-A02:2005* [Textiles - Tests for colour fastness - Part A02: Grey scale for assessing change in colour: Interstate Standard 105-A02:2005)]. Kyiv: Derzhspozhuvstandart Ukrainy, 2007. 8 p.
14. *Polotna trykotazhni. Normy ta metod otsinky yakosti : DSTU 3823–98* [Knitted widths. Standards and method of quality assessment: State Standard of Ukraine 3823–98]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2000. 51 p.

LARYSA BILOTSKA

Ph. D, Associate Professor

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4077-4417>

Kyiv National University of Technologies and Design

JULIA KHARCHENKO

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8988-9277>

Analytical Research Testing Laboratory «Textile-TEST»,

Kyiv National University of Technologies and Design

SVITLANA LOZOVENKO

Teacher-assistant of Technology and Design of Sewing Products Department

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0724-963X>

Kyiv National University of Technologies and Design

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РИСУНКОВ, НАНЕСЕННЫХ НА ТРИКОТАЖНЫЕ ПОЛОТНА РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ ПЕЧАТИ ЖМУРАК Т.А.¹, БИЛОЦКАЯ Л. Б. ¹, ХАРЧЕНКО Ю. М.², ЛОЗОВЕНКО С. Ю.¹

¹Киевский национальный университет технологий и дизайна

²Аналитически-исследовательская испытательная лаборатория (АИИЛ) «Текстиль-ТЕСТ» КНУТД

Цель. Обеспечение необходимого уровня качества трикотажных изделий с рисунками, нанесенными различными способами печати. Сформулированная цель достигается путем исследования и анализа стабильности внешнего вида и формы рисунков, нанесенных на трикотажные полотна различного сырьевого состава и переплетения, во время эксплуатации изделий.

Методика. Исследования базировались на системном анализе и использовании стандартизированных методов определения показателей качества трикотажных полотен и рисунков, нанесенных различными способами печати. Определение видов физико-химических воздействий на трикотажные полотна, методов оценки и нормативного уровня показателей проводилось в зависимости от их назначения и состава согласно нормативных требований.

Результаты. Исследовано влияние стирки, глажения, сухого и мокрого трения на форму, фактуру поверхности, прочность окраски и закрепления рисунков, нанесенных на трикотажные полотна различного сырьевого состава и переплетения прямым цифровым и трансферным способами печати.

Научная новизна. Установлен характер изменения внешнего вида рисунков, нанесенных на трикотажные полотна различного сырьевого состава и переплетения прямой цифровой и трансферной печатью, под воздействием различных видов физико-химического влияния.

Практическое значение. Доказано, что рекомендации производителя относительно температуры стирки, глажения и способа сушки трикотажных изделий с нанесенными на них прямой цифровой и трансферной печатью рисунками являются обоснованными. При выборе способа нанесения рисунков рекомендуется учитывать фактуру поверхности переплетения, сырьевой состав и деформационные характеристики основного материала, в частности группу растяжимости трикотажного полотна. Результаты исследований внедрены в производство трикотажной продукции ООО «SinglePrint» (г. Киев).

Ключевые слова: швейные изделия из трикотажных полотен, способы печати на текстильных материалах, прямая цифровая печать, трансферная печать, конкурентоспособность продукции, показатели надежности, прогнозирование устойчивости окраски.

STUDY OF WEAR RESISTANCE OF DRAWINGS ON KNITTED CLOTHES PRINTED BY VARIOUS PRINTING METHODS

ZHMURAK T.A.¹, BILOTSKA L. B.¹, KHARCHENKO Y. M.², LOZOVENKO S. Y.¹

¹Kiev National University of Technology and Design

²Analytical research test laboratory (AIII) "Textil-TEST" KNUVD

Goal. Ensuring the required level of knitwear quality with drawings, applied in various ways of printing. The formulated goal is achieved by studying and analyzing the resistance to operational loads of the form and appearance of the patterns printed on knitted fabrics of various raw materials and weave.

Methodology. The studies were based on system analysis and standardized methods for determining the quality indicators of knitted fabrics on samples with drawings created by various printing methods. Determination of the types of physico-chemical effects on knitted fabrics, assessment methods and the normative level of indicators was carried out depending on their purpose and composition according to regulatory requirements.

Results. Report investigated the influence of washing, ironing, dry and wet friction on the shape, surface texture, color fastness and fixing patterns applied to knitted fabrics of various raw materials and interweaving with direct digital and transfer printing methods.

Scientific novelty. The nature of the change in the appearance of patterns printed on knitted fabrics of various raw materials and the interweaving of direct digital and transfer printing under the influence of various types of physico-chemical effects is established.

Practical value. It is proved that the manufacturer's recommendations regarding the temperature of washing, ironing and the method of drying knitwear with drawings are justified. When choosing the method of printed patterns, it is recommended to take into account the type of the weave surface, the raw material composition and deformation characteristics of the base material, in particular, the knit band tensile group. The research results are introduced into the production of knitted products in LLC "SinglePrint" (Kiev).

Keywords: clothes from knitted fabrics, wear resistance, methods of printing on textile fabrics, direct digital printing, transfer printing, product competitiveness, reliability indicators, color stability prediction.

УДК 677.076

**КИЗИМЧУК О. П., НОВАК Д. С., РОМАНЕНКО М. В.,
ОВСІЄНКО Р. О.**

Київський національний університет технологій та дизайну

ТРИКОТАЖ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У ВИРОБАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета. Розробка та дослідження властивостей трикотажного полотна, яке можна застосувати для прокладання дротів та вбудованих датчиків у виробх різного функціонального призначення. Розробка «розумних» матеріалів та виробів з них сьогодні є актуальним та перспективним напрямом досліджень з огляду на створення нових видів матеріалів, інтеграцію в них струмопровідних елементів та розробку методів створення виробів, які здатні відчувати, реагувати і пристосовуватися до умов навколишнього середовища.

Методика. Для визначення параметрів структури та фізико-механічних властивостей полотна були використані експериментальні методи досліджень за стандартними методиками. Обробка результатів експерименту та побудова графіків і діаграм виконана за допомогою програми Microsoft Excel за середніми значеннями показників.

Результати. В результаті проведеної роботи створено зональне трикотажне полотно, яке за рахунок наявності в його структурі каналів придатне для монтування біометричних пакетів з метою моніторингу різноманітних показників, зокрема у підодяговому просторі. Результати проведених експериментальних досліджень параметрів структури та фізико-механічних властивостей трикотажу виявили вплив сировинного складу трикотажу та рапорту переплетення на досліджувані показники. Так, зі збільшенням кількості пропущених голок в неповному ластикі від 3 до 15 поверхнева густина полотна, яка визначає матеріалоємність виробів, зменшується в середньому на 15 %. Це також призводить до зменшення повної деформації полотна при розтягуванні як вздовж петельних рядів, так і вздовж петельних стовпчиків.

Наукова новизна. Розроблено структуру трикотажного полотна з вертикальними каналами для датчиків та сенсорів різного розміру та форми для виготовлення виробів, що застосовують для комплексного оцінювання тактико-технічних і фізичних властивостей функціональних елементів предметів речового майна військовослужбовців. Встановлено вплив рапорту комбінованого переплетення та сировинного складу трикотажу на розміри каналів та фізико-механічні властивості розробленого полотна.

Практична значимість. Розроблено трикотаж для функціонального виробу, що застосовують для комплексного оцінювання тактико-технічних і фізичних властивостей функціональних елементів предметів речового майна військовослужбовців. Результати досліджень дозволяють проектувати зональне полотно з розташуванням каналів заданих розмірів по його ширині.

Ключові слова: трикотаж з каналами, комбіноване переплетення, неповний ластик, вбудовані датчики.

Вступ. Зазвичай головними функціями, які виконує одяг та текстильні матеріали в цілому, є захисні та естетичні. Проте, зі швидкою зміною потреб сучасних споживачів, зростає третя функція – «інтелект», який інтегрується в тканини. Природний світ має різні моделі інтелектуальних структур. Науковці світу вже розробляють штучні «розумні структури», які можуть відчувати і реагувати на умови навколишнього середовища [1].

«Розумний» текстиль описують як злиття електроніки та текстилю у такі тканини, що здатні отримувати інформацію, робити обчислення та виконувати різноманітні дії. В основному, "розумний" текстиль - це текстиль, який здатний реагувати та адаптуватися до середовища за рахунок електричного, термічного, хімічного або магнітного джерела.

Оскільки можна підключити багато різних електронних систем до будь-якого одягу, система носіння такого текстилю стає більш універсальною, і користувач може змінювати свій зовнішній вигляд залежно від змін у навколишньому середовищі та індивідуальних уподобань. З точки зору розумного текстилю майбутні електронні системи описуються як невід'ємна частина нашого повсякденного одягу, які працюють як розумні персональні помічники.

Датчики забезпечують систему для виявлення сигналів, таким чином, в пасивному інтелектуальному матеріалі існування датчиків має важливе значення. Електроприводи впливають на виявлений сигнал або автономно, або з центрального блоку керування; разом з датчиками, вони є основним елементом активних інтелектуальних матеріалів. Зондування на базі тканин стало великою сферою досліджень в галузі біомедичної та охоронної діяльності. Вуглецеві електроди, інтегровані в тканини, можуть використовуватися для виявлення специфічних екологічних чи біомедичних характеристик, таких як кисень, солоність, вологість або забруднюючі речовини [2]. Активна функціональність може включати в себе виробництво або зберігання електроенергії, елементи інтерфейсу людини, радіочастотну функціональність або допоміжні технології.

Різновидом розумного текстилю є електронний (e-textile) - вид текстилю, що містить електроніку (включаючи невеликі комп'ютери), і в якому застосовують цифрові технології [3]. Важливою необхідністю розповсюдження переносної інформації для персоналізованої обробки мобільної інформації є те, що вона не повинна накладати ніяких додаткових соціальних, психологічних чи ергономічних навантажень на особу. Необхідна платформа, яка буде ненав'язливою, природною, поширеною та дозволить отримати багатофункціональні можливості. На додаток до того, що є самостійним одягом, платформа повинна вміти розміщувати або утримувати інші "носії" або датчики на місці; одночасно вона повинна забезпечувати шини даних або шляхи для передачі сигналів (і потужності) між датчиками та компонентами обробки інформації в сенсорній мережі [4].

З точки зору технічного виконання, текстильний матеріал (або одяг) є справжньою мета-рішенням, що діє як датчик самостійно і слугує платформою для включення додаткових датчиків і процесорів для використання інформаційних даних про ситуацію [5], зберігаючи при цьому естетичність та атрибути комфорту, серед багатьох інших текстильних унікальних властивостей

За останні десять років електроніка в текстилі зменшувалася у розмірах і збільшувалася у функціональності [6]. Ідея найдоступнішої системи полягає в тому, щоб прикріпити технологічні компоненти до тканин, в яких вкладені лінії передачі та з'єднувачі. Оскільки до будь-якого одягу можна підключити багато різних електронних пристроїв, система носіння стає більш універсальною, а останні досягнення з розробки нових матеріалів, текстильних технологій та мініатюрній електроніці роблять зручні системи більш надійними [7].

Головним завданням дослідників було і є на сьогодні – розробити шлях поєднання комп'ютерного керування з самими матеріалами або одягом з них. На початку в елементи одягу включали жорсткі та негнучкі елементи, які поєднувалися системою дротів, що призвело до значного збільшення ваги виробу та дискомфорту при використанні такої системи. Ключовими елементами для створення електронних текстильних виробів сьогодні є використанням електропровідних волокон або ниток, в яких сигнали можуть бути передані по всьому одягу та інші гнучкі сегменти, такі як датчики або комп'ютерні чіпи, які вбудовані в

одяг. Однак інтеграція провідникових ниток в структуру є складним процесом, який має забезпечити зручне використання електропровідної тканини [8].

Для одягу особливо важливими є такі властивості, як розтяжність, еластичність, драпірування тощо. З цієї причини тканини повинні мати невелику поверхневу густину (не більше 300 г/м²). Ці вимоги несумісні з текстильними матеріалами та структурами, необхідними для «розумної» електропровідності, тому що включення таких елементів, як металеві дроти в тканини, значно збільшує їх поверхневу густину і зменшує розтяжність.

З іншого боку, тканини можуть мати структуру з кількох шарів і простору для розміщення електронних пристроїв. І в цьому напрямку альтернативу тканим структурам становлять трикотажні матеріали та суцільнов'язані вироби, які мають значні переваги виробництва.

У найближчому майбутньому, майже всі текстильні вироби, в тому числі ті, що ми носимо, трансформують у багатофункціональні, адаптивні та чутливі системи. Вони матимуть такі функції як комунікація, обчислення та розваги, а також охорона здоров'я та виявлення загроз. Текстиль також може виконувати функції спостереження та виявлення [9]. Як і в традиційних текстильних виробках, інтерактивний електронний текстиль знаходить широке застосування у модному та форменому одязі, дизайні інтер'єрів житлових та комерційних приміщень, у медичному та промисловому текстилі.

Отже розробка «розумних» матеріалів та виробів з них сьогодні є актуальним та перспективним напрямом досліджень з огляду на створення нових видів матеріалів, інтеграцію в них струмопровідних елементів та розробку методів створення виробів, які здатні відчувати, реагувати і пристосовуватися до умов навколишнього середовища. Отже розумний текстиль стає невід'ємною частиною життя людини, його розробляють для задоволення потреб у військовій сфері, охороні здоров'я, дослідження космосу, спорту і фітнесу.

Так, в Київському національному університеті технологій та дизайну, розробляють біометричні пакети (рис. 1) з метою комплексного оцінювання тактико-технічних і фізичних властивостей функціональних елементів предметів речового майна військовослужбовців. Для цього використано різні модифікації сенсорів, які необхідно вбудувати у відповідний виріб (рис. 2).

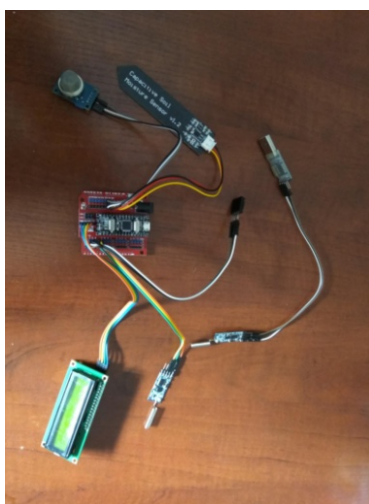


Рис. 1. Біометричний пакет

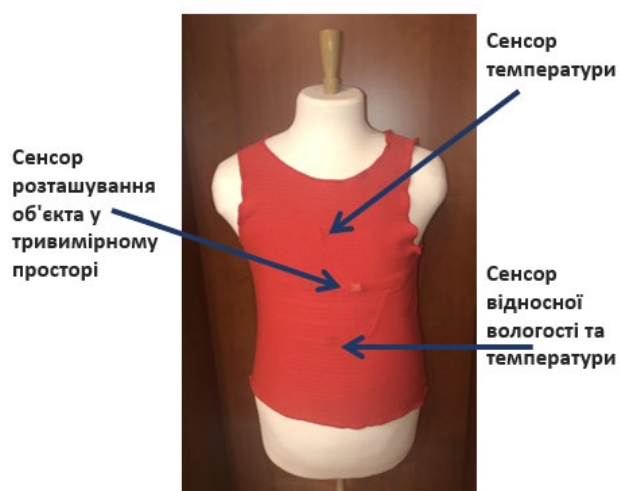


Рис. 2. Експериментальний зразок виробу з вбудованими сенсорами

Постановка завдання. Метою роботи постає розробка трикотажного полотна для оптимального зонально-диференційованого розміщення сенсорів, елементів живлення та передачі даних.

Переплетення є важливим чинником, який визначає будову та властивості трикотажу і, відповідно, функціональність виробу. Від виду переплетення залежить характер лицьового та виворітного боків полотна, поверхнева густина, міцність, розтяжність, пружність та інші властивості. При виборі переплетення необхідно враховувати призначення трикотажного полотна та сферу використання виробу.

При виготовленні виробів зі специфічними функціональними властивостями доцільніше використовувати комбіновані переплетення, оскільки вони надають безмежні можливості у комбінуванні різних класів переплетень та забезпечує необхідні показники трикотажу [10].

Так, авторами [0] розроблено структуру комбінованого трикотажу, в якому рапорт переплетення включає два ряди ластиків з бамбукової пряжі, вісім рядів гладі на одній стороні з вовняної пряжі та вісім рядів гладі на другій стороні з бамбукової пряжі в результаті чого утворюється порожниста трубка впоперек полотна. Залежно від призначення виробу трубки заповнюють різноманітним наповнювачем.

Для виготовлення трикотажного матеріалу, який застосовують для прокладання дротів для поєднання елементів електронної системи виробу, потрібно також створити в певних місцях його структури канали – порожнисті ділянки між лицьовою та виворітною сторонами трикотажу. На плосков'язальних машинах це можна забезпечити декількома способами [12].

Перший спосіб: чергування у рапорті рядів переплетення ластиків, яке створює основу полотна, з рядами гладі на одній з голечниць, які створюють так званий валик, що і є горизонтальним каналом в структурі. Його розмір залежить від кількості рядів гладі, які пров'язують в рапорті. Другий спосіб: чергування рядів подвійної гладі (на обох голечницях), які створюють окремі шари полотна, та декількох рядів ластиків для з'єднання цих шарів. Спосіб дозволяє отримати горизонтальні канали різної ширини лише змінюючи кількість рядів подвійної гладі у рапорті. Третій спосіб: чергування в рапорті ряду гладі та ряду неповного ластиків великого рапорту, в результаті чого отримують вертикальні канали.

Авторами [12] встановлено, що третій спосіб простіший у виготовленні, адже може бути реалізований на переважній більшості плоско- та круглов'язальних машин, а трикотажне полотно з вертикальними каналами має кращі фізико-механічні властивості вздовж каналів. Отже для проектування полотна використано саме цей спосіб. Ширина каналів в даному випадку залежить, при інших рівних умовах (клас машини, лінійна густина та вид сировини, глибина кулірування, натяг ниток та сила відтягування полотна), від кількості пропущених голок k у неповному ластикі (рис. 3).

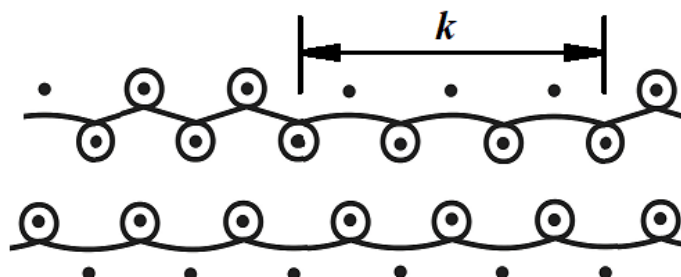


Рис. 3. Графічний запис переплетення з вертикальними каналами

Предметом дослідження даної роботи є трикотаж з вертикальними каналами в структурі, який застосовують для прокладання дротів та елементів електронної системи виробу. Для визначення впливу сировинного складу на властивості трикотажу виготовлено полотна різного сировинного складу (табл. 1). Ширину каналів змінювали за рахунок вимкнених підряд голок однієї фонтури (3, 7, 11 та 15). Для вироблення дослідних зразків полотна було обрано плоскофангову машину ПВК, яка встановлена у в'язальній лабораторії кафедри технології трикотажного виробництва КНУТД.

Таблиця 1

Варіанти заправок

Варіант заправки	Сировинний склад	Лінійна густина, текс
1	Бавовняна пряжа	29,1 текс х 2
2	Бавовняна пряжа Віскозна нитка	29,1 текс 33,3 текс
3	Бавовняна пряжа Поліамідна нитка	29,1 текс 29,0 текс
4	Поліакрилонітрильна пряжа	31,2 текс х 2

Результати досліджень. Для проведення досліджень усі зразки приведено в умовно-рівноважний стан шляхом прання та прасування без тиску. Усі дослідження показників структури полотна та фізико-механічних властивостей проводили в нормальних кліматичних умовах. Дослідження зсідання полотна проводили відповідно ГОСТ 13711-82. Дослідження структур трикотажу виконано відповідно до ГОСТ 8846-87, дослідження поверхневої густини полотна – відповідно до ГОСТ 8845-87, а товщини – за ГОСТ 12023-2003. Показники розтяжності при навантаженні, яке менше за розривне, визначали на підставі даних експерименту, який проведено на релаксометрі типу «стійка» відповідно до ГОСТ 8847-85.

Зміна лінійних розмірів трикотажу після мокрих обробок є одним з основних показників, який характеризує його якість. Дослідження показника проводили як вздовж петельних стовпчиків – вздовж каналів, так і вздовж петельних рядів – уперек каналу. В результаті чого встановлено, що зсідання трикотажу вздовж каналу (рис. 4.а) спостерігається у трикотажу, який містить бавовняну пряжу, в той час як у трикотажу з поліакрилонітрильної пряжі спостерігаємо притяжку – збільшення розмірів. Слід зазначити, що рапорт переплетення практично не впливає на показник, різниця в значеннях якого лежить в межах похибки досліду. Результати дослідження показали, що майже усі полотна після прання зменшують свої розміри уперек каналу (рис. 4.б), однак показник зменшується при збільшенні рапорту переплетення, тобто зі збільшенням кількості пропущених голок k в неповному ластику.

Найбільше зсідання спостерігається у трикотажу, який виготовлено з бавовняної пряжі (заправка 1) та поліакрилонітрильних ниток (заправка 2).

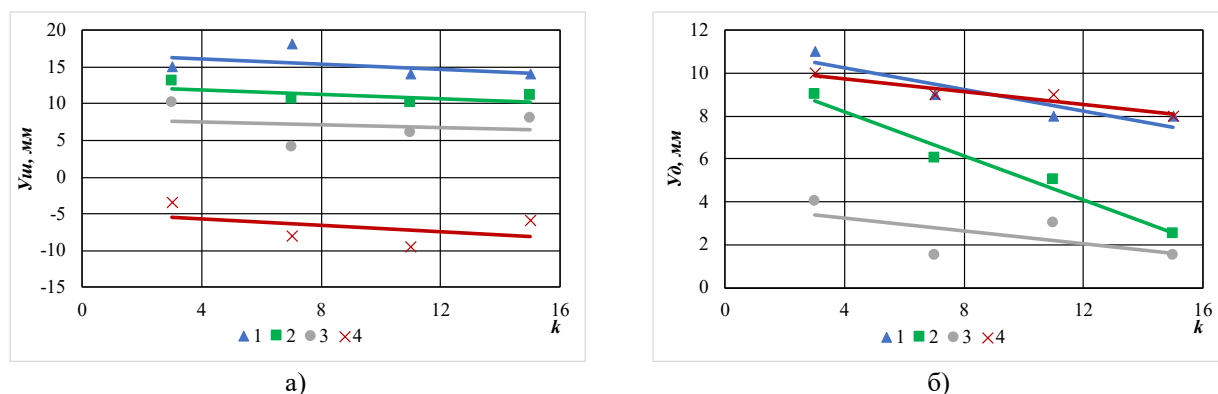


Рис. 4. Зсідання трикотажу: а - вздовж каналу; б - уперек каналу

Результати дослідження трикотажного полотна різного сировинного складу показують, що отримані зразки можуть бути співставлені за шириною отриманих каналів (рис. 5), яка зростає при збільшенні кількості пропущених голок k в неповному ластику.

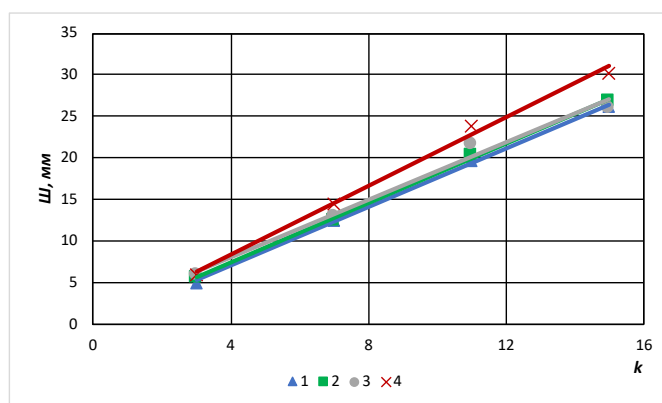


Рис. 5. Залежність ширини каналів від рапорту переплетення

Отримані прямолінійні залежності з високою точністю описують досліджуваний параметр і можуть бути представлені наступними математичними виразами:

для варіанту заправки 1-3 з бавовняною пряжею

$$Ш = 1.18 + 1.73 k; \quad (1)$$

для варіанту заправки з поліакрилонітрильної пряжі

$$Ш = 0.16 + 2.06 k. \quad (2)$$

Отже, спостерігаємо вплив сировини на ширину каналів в трикотажі. Використання поліакрилонітрильної пряжі дозволяє отримати ширші канали при одному й тому самому рапорті переплетення в порівнянні з бавовняною пряжею. Пропоновані залежності дозволяють визначити рапорт розстановки голок для отримання зонального полотна для сенсорів різного розміру та конфігурації.

Довжина нитки в петлі - головний параметр, який, поряд з сировинним складом ниток та типом переплетення, визначає як параметри структури, так і фізико-механічні властивості трикотажу. Дослідження довжини нитки в петлях полотна з вертикальними каналами

проводили окремо для переплетень гладь та неповний ластик (рис.6). Встановлено вплив сировини на показник. Найменшу довжину нитки в петлі має полотно, яке виготовлено з бавовняної пряжі 29,1 текс та поліамідних ниток 29,0 текс (заправка 3), а найбільшу – полотно, яке виготовлено з поліакрилонітрильної пряжі 31,2 текс х 2 (заправка 4). Різниця в показниках становить біля 1 мм, тобто біля 15 %.

Очевидно, що для всіх варіантів заправки спостерігається залежність довжини нитки в петлі гладі від рапорту переплетення (рис.6.а): зі збільшенням кількості пропущених голок k в неповному ластикі від 3 до 15 довжина нитки в петлі збільшується в середньому на 1 мм. Довжина нитки в петлі неповного ластика трикотажу з бавовняної пряжі практично не залежить від рапорту (рис. 6.б), в той час як у полотна інших заправок показник зростає на 7÷11 % при збільшенні ширини каналу в межах досліджень.

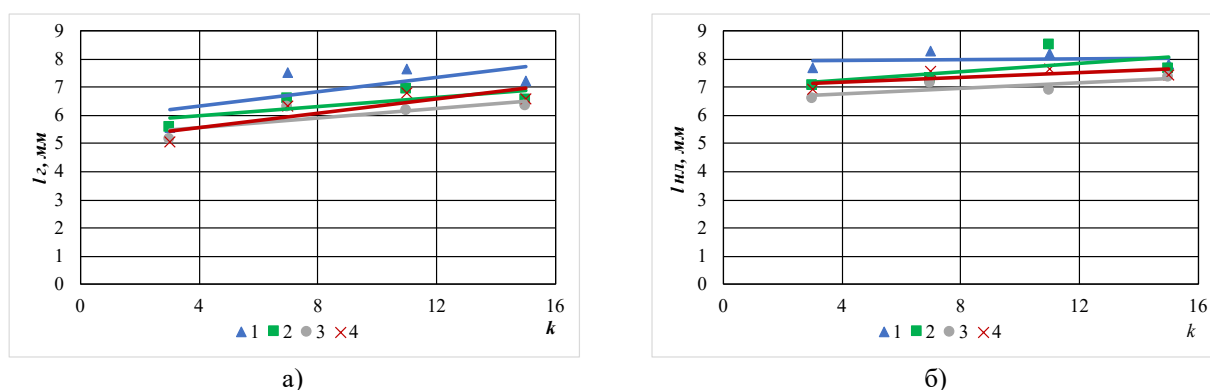


Рис. 6. Залежність довжини нитки в петлі від рапорту переплетення: а – гладь; б - неповний ластик

Поверхнева густина трикотажу (г/м^2) - це показник, який визначає матеріалоемність полотна і впливає на його властивості та сфери застосування. Графічне відображення залежності поверхневої густини від рапорту переплетення в полотнах різного сировинного складу представлено на рис. 7.

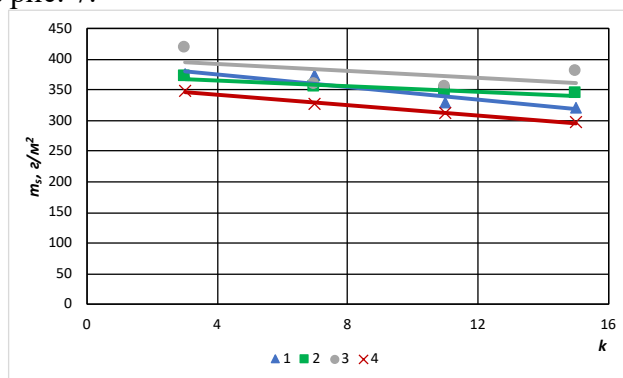


Рис. 7. Залежність поверхневої густини від рапорту переплетення

Очевидно, що для всіх варіантів заправки спостерігається залежність поверхневої густини від рапорту переплетення: зі збільшенням кількості пропущених голок k в неповному ластикі від 3 до 15 поверхнева густина полотна зменшується в середньому на 15 %. Найменшу поверхневу густину має полотно, яке виготовлено з поліакрилонітрильної пряжі 31,2 текс х 2 (заправка 4), а найвищу – полотно, яке виготовлено з бавовняної пряжі 29,1 текс та поліамідних ниток 29,0 текс (заправка 3).

Характеристики, які найбільше використовують для оцінки механічних властивостей текстильних матеріалів при одноциклових дослідженнях, є повна деформація і її складові частини. Результати розрахунків показників повної деформації та її складових трикотажу з вертикальними каналами різних варіантів заправки наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Складові повної деформації трикотажу

Заправка	Варіант полотна	Деформація, %				Частки деформації		
		повна ε	швидко- оборотна ε1	повільно- оборотна ε2	залишкова ε3	Δ1	Δ2	Δ3
Розтягування вздовж каналів								
Бавовняна пряжа	1-3	68	52	8	9	0,76	0,11	0,13
	1-7	66	50	11	5	0,76	0,16	0,08
	1-11	58	45	8	5	0,78	0,13	0,09
	1-15	62	48	7	7	0,77	0,12	0,11
Бавовняна пряжа Віскозна нитка	2-3	66	44	12	10	0,67	0,18	0,16
	2-7	61	42	10	9	0,70	0,16	0,14
	2-11	57	40	11	6	0,71	0,19	0,10
	2-15	50	35	10	5	0,70	0,20	0,10
Бавовняна пряжа Поліамідна нитка	3-3	51	36	8	7	0,71	0,15	0,14
	3-7	59	44	13	2	0,74	0,22	0,04
	3-11	50	39	10	1	0,77	0,20	0,03
	3-15	43	33	6	5	0,75	0,14	0,11
Поліакрилонітрильна пряжа	4-3	55	48	2	5	0,87	0,04	0,09
	4-7	49	37	6	6	0,76	0,11	0,13
	4-11	48	39	3	7	0,80	0,06	0,14
	4-15	48	38	5	5	0,79	0,10	0,11
Розтягування упоперек каналів								
Бавовняна пряжа	1-3	146	98	33	14	0,67	0,23	0,10
	1-7	128	92	21	16	0,71	0,16	0,12
	1-11	118	87	19	12	0,73	0,16	0,10
	1-15	108	83	12	14	0,76	0,11	0,13
Бавовняна пряжа Віскозна нитка	2-3	126	74	28	24	0,59	0,22	0,19
	2-7	107	61	27	18	0,58	0,26	0,17
	2-11	108	66	25	17	0,61	0,23	0,16
	2-15	76	47	16	13	0,61	0,21	0,17
Бавовняна пряжа Поліамідна нитка	3-3	91	63	24	4	0,69	0,26	0,04
	3-7	90	69	16	5	0,77	0,18	0,05
	3-11	91	65	19	8	0,71	0,20	0,09
	3-15	64	42	14	8	0,65	0,22	0,12
Поліакрилонітрильна пряжа	4-3	92	65	14	13	0,71	0,15	0,14
	4-7	79	53	12	14	0,67	0,16	0,17
	4-11	69	52	11	7	0,75	0,15	0,10
	4-15	58	48	3	7	0,82	0,06	0,12

Графічне відображення залежності повної деформації трикотажу вздовж та упоперек каналу від його ширини наведено на рис. 8. Отримані результати показують, що повна деформація трикотажу знижується зі збільшенням рапорту вимкнених голок у неповному ластіку. Тенденція більш виражена при розтягуванні упоперек полотна (каналів). Встановлено вплив заправки на розтяжність полотна: найбільшу розтяжність в обох напрямках має трикотаж, який виготовлено з бавовняної пряжі, а найнижчу – трикотаж з поліакрилонітрильної пряжі.

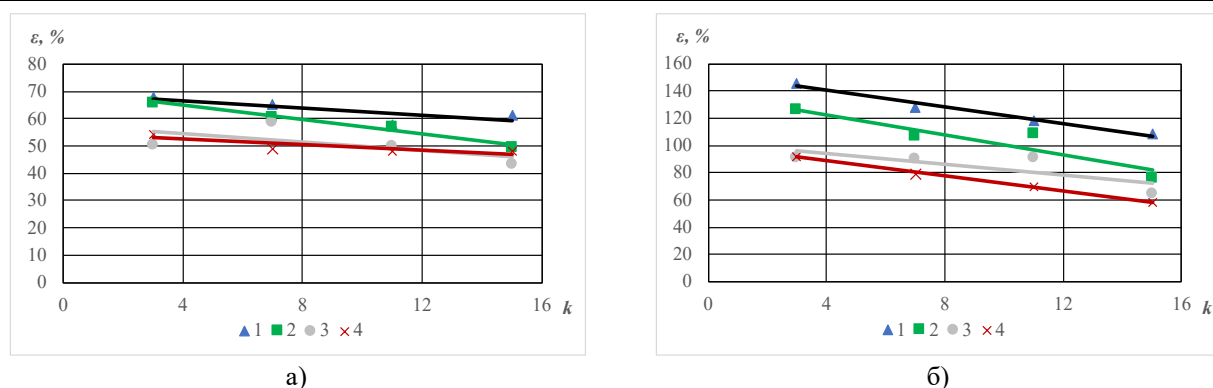


Рис. 8. Залежність повної деформації від рапорту неповного ластику: а - вздовж каналів; б - уперек каналів

Окрім фактичних значень повної деформації та її складових для характеристики механічних властивостей трикотажу важливе значення має співвідношення складових частин повної деформації. Частка швидкооборотної складової повної деформації залежить від варіанту заправки та ширини каналу і становить $0,6 \div 0,8$ при розтягуванні уперек каналу та $0,7 \div 0,9$ при розтягуванні вздовж каналу.

Залишкова деформація залежить також від варіанту заправки та напрямку розтягування. При розтягуванні вздовж каналу показник змінюється в межах $2 \div 10$ %, в той час як при розтягуванні уперек каналу у полотна перших двох заправок (бавовняна пряжа та комбінація бавовняної пряжі з віскозною ниткою) сягає $12 \div 20$ %. Найнижче значення залишкової деформації спостерігаємо у полотна третього варіанту заправки (бавовняна пряжа та поліамідна нитка): $1 \div 5$ % при розтягуванні вздовж каналу та $4 \div 8$ % при розтягуванні уперек каналу.

Висновки. У результаті досліджень параметрів структури та фізико-механічних властивостей трикотажу, який має вертикальні канали, встановлено залежності показників від рапорту переплетення та сировинного складу полотна, що повинно бути враховано при проектуванні функціональних виробів. Встановлені залежності ширини каналів від рапорту переплетення дозволяють проектувати зональне трикотажне полотно з каналами заданого розміру.

Подяка. Роботу виконано за підтримки МОН України в межах держбюджетної теми 16.04.61МВ ДБ «Розробка біометричних пакетів текстильних матеріалів та виробів для комплексного оцінювання тактико-технічних і фізичних властивостей речового майна військовослужбовців».

Література

1. Honarvar M. G. Overview of wearable electronics and smart textiles. / Mozhddeh Ghahremani Honarvar & Masoud Latifi // The Journal of The Textile Institute. – 2017, Volume 108, Issue 4. – P. 631-652. – DOI : 10.1080/00405000.2016.1177870.
2. Yetisen Ali K. Wearables in Medicine. / Ali K. Yetisen, Juan Leonardo Martinez-Hurtado, Baris, Ünal, Ali Khademhosseini, and Haider Butt // Advanced Materials. – 2018. – DOI: 10.1002/adma.201706910

References

1. Mozhddeh Ghahremani Honarvar & Masoud Latifi (2017) Overview of wearable electronics and smart textiles. *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 108, Is. 4, 631-652. DOI : 10.1080/00405000.2016.1177870.
2. Ali K. Yetisen, Juan Leonardo Martinez-Hurtado, Baris, Ünal, Ali Khademhosseini, and Haider Butt (2018) Wearables in Medicine. *Advanced Materials*.

3. Berzowska J. Electronic Textiles: Wearable Computers, Reactive Fashion, and Soft Computation / Joanna Berzowska // *TEXTILE*. – 2005, Vol.3:1. – P.58-75. DOI: 10.2752/147597505778052639.
4. Park S. The wearables revolution and Big Data: the textile lineage / Sungmee Park & Sundaresan Jayaraman // *The Journal of The Textile Institute*. – 2017, Volume 108, Issue 4. – P. 606-614. – DOI: 10.1080/00405000.2016.1176632.
5. Haghi M. Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices / Mostafa Haghi, Kerstin Thurow, Regina Stoll // *Healthcare Informatics Research*. – 2017. Vol. 23(1). – P. 4-15. – DOI: 10.4258/hir.2017.23.1.4
6. Liu Y. Flexible, Stretchable Sensors for Wearable Health Monitoring: Sensing Mechanisms, Materials, Fabrication Strategies and Features / Yan Liu, Hai Wang, Wei Zhao, Min Zhang, Hongbo Qin and Yongqiang Xie / *Sensors*. – 2018, 18(2), 645. – DOI: 10.3390/s18020645.
7. Gandhi Dhaval. E-Textiles Technology / D. Gandhi, D. Gadodia, S. Kadam, H. Narula // *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* – Oct 2014, Volume 16, Number 8. – P.373-376.
8. Stoppa M. Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review / Matteo Stoppa and Alessandro Chiolerio // *Sensors*. – 2014, Vol. 14. – P. 11957-11992
9. Ghosh T. Electronic textiles and their potential. / T. Ghosh. A. Dhawan // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. – March, 2006, Vol. 31.– P. 170-176.
10. Король В. П. Основи теорії в'язання візерункового трикотажу : підручник / В. П. Король, Л. Є. Галавська. – К. : Кафедра, 2014. – 498 с.
11. Дзикович Т. А. Розробка трикотажних виробів спеціального призначення / Т. А. Дзикович, І. С. Мінтус // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2017, № 1 (245). – С. 64-67.
12. Kyzymchuk O. Knitted fabric as a part of smart system / Olena Kyzyznchuk, Inna Yermolenko // *Book of Proceedings 2018 IEEE Ukraine Student, Young Professional and Women in Engineering Congress (UKRSYW)*. – October 2 – 6, 2018, Kyiv, Ukraine – P. 40-43.
- DOI: 10.1002/adma.201706910
3. Berzowska J. (2005) Electronic Textiles: Wearable Computers, Reactive Fashion, and Soft Computation. *Textile*, Vol.3:1, 58-75. DOI: 10.2752/147597505778052639.
4. Sungmee Park & Sundaresan Jayaraman (2017) The wearables revolution and Big Data: the textile lineage. *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 108, Is. 4, 606-614. DOI: 10.1080/00405000.2016.1176632.
5. Mostafa Haghi, Kerstin Thurow, Regina Stoll (2017) Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices. *Healthcare Informatics Research*, Vol. 23(1). P. 4-15. DOI: 10.4258/hir.2017.23.1.4
6. Yan Liu, Hai Wang, Wei Zhao, Min Zhang, Hongbo Qin and Yongqiang Xie (2018) Stretchable Sensors for Wearable Health Monitoring: Sensing Mechanisms, Materials, Fabrication Strategies and Features. *Sensors*, 18(2), 645. DOI: 10.3390/s18020645.
7. D. Gandhi, D. Gadodia, S. Kadam, H. Narula (2014) E-Textiles Technology. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Vol. 16, Is. 8, 373-376.
8. Matteo Stoppa and Alessandro Chiolerio (2014) Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review. *Sensors*, Vol. 14, 11957-11992.
9. T. Ghosh & A. Dhawan (2006) Electronic textiles and their potential. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol. 31, 170-176.
10. V. P. Korol & L. Ye. Halavska (2014) Osnovy teoriy v'iazannia vizerunkovogo trykotaju [Fundamentals of theory of patterned knitting]. Kyiv : Kafedra [In Ukrainian].
11. Dzykovych T. A. & Myntus I. S. (2017) Rozrobka trykotazhnykh vyrobiv specialnogo pryznachennya [Development of Special Knitwear]. *Herald of Khmelnytsky National University*, № 1 (245), 64-67 [In Ukrainian].
12. Kyzymchuk O., Yermolenko I. (2018) Knitted fabric as a part of smart system. *Book of Proceedings 2018 IEEE Ukraine Student, Young Professional and Women in Engineering Congress (October 2 – 6), Kyiv, Ukraine*, pp. 40-43.

ROMANENKO MARIA

m_romanenko98@ukr.net
Kyiv National University of Technologies & Design

OVSIIENKO RUSLANA

ovsienko99lana@gmail.com
Kyiv National University of Technologies & Design

KYZYMCHUK OLENA

kyzymchuk.o@knutd.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8874-8931>

Scopus ID [https://www.scopus.com](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36140680600)

[/authid/detail.uri?authorId=36140680600](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36140680600)

Researcher ID:

<https://publons.com/researcher/2144356/olena-kyzymchuk/>

Kyiv National University of Technologies & Design

NOVAK DMYTRO

novak.knutd@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1796-8857>

Scopus ID [https://www.scopus.com/](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191836492)

[authid/detail.uri?authorId=57191836492](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191836492)

Researcher ID:

[https://publons.com/researcher/2174638/dmitriy-s-](https://publons.com/researcher/2174638/dmitriy-s-novak/)

[novak/](https://publons.com/researcher/2174638/dmitriy-s-novak/)

Kyiv National University of Technologies & Design

ТРИКОТАЖ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИЗДЕЛИЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ КИЗИМЧУК Е. П., НОВАК Д. С., РОМАНЕНКО М. В., ОВСИЕНКО Р. О.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка и исследование свойств трикотажного полотна, которое можно применить для прокладывания проводов и встроенных датчиков в изделиях различного функционального назначения. Разработка «умных» материалов и изделий из них сегодня является актуальным и перспективным направлением исследований с учетом создания новых видов материалов, интеграцию в них токопроводящих элементов и разработку методов разработки изделий, которые способны чувствовать, реагировать и приспосабливаться к условиям окружающей среды.

Методика. Для определения параметров структуры и физико-механических свойств полотна были использованы экспериментальные методы исследований по стандартным методикам. Обработка результатов эксперимента и построение графиков и диаграмм выполнена с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты. В результате проведенной работы создано зональное трикотажное полотно, которое за счет наличия в его структуре каналов пригодно для монтирования биометрических пакетов с целью мониторинга различных показателей, в частности в пододежном пространстве. В результате проведенных экспериментальных исследований параметров структуры и физико-механических свойств трикотажа выявлено влияние сырьевого состава трикотажа и рапорта переплетения на исследуемые показатели. Так, с увеличением количества пропущенных игл в неполном ластике от 3 до 15 поверхностная плотность полотна, которая определяет материалоемкость изделий, уменьшается в среднем на 15%. Это также приводит к уменьшению полной деформации полотна при растяжении как вдоль петельных рядов, так и вдоль петельных столбиков.

Научная новизна. Разработана структура трикотажного полотна с вертикальными каналами для датчиков и сенсоров различного размера и формы для изготовления функциональных изделий, применяемых для комплексной оценки тактико-технических и физических свойств функциональных элементов предметов вещевого имущества военнослужащих. В процессе исследования выявлено влияние рапорта комбинированного переплетения и состава трикотажа на размеры каналов и физико-механические свойства полотна

Практическая значимость. Разработано трикотажное полотно для функциональных изделий, применяемых для комплексной оценки тактико-технических и физических свойств функциональных элементов предметов вещевого имущества военнослужащих. Результаты исследований позволяют проектировать зональное полотно с расположением каналов заданных размеров по его ширине.

Ключевые слова. трикотаж с каналами, комбинированное переплетение, неполный ластик, встроенные датчики.

KNITTED MATERIALS FOR SPECIAL FUNCTIONAL CLOTHES
KYZYMCHUK O., NOVAK D., ROMANENKO M., OVSIENKO R.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The development of “smart” materials and products from them is a relevant and promising research area today. It is taking into account the creation of new materials, the integration of conductive elements into them and the development of methods for creating a product which is able to feel, react and adapt to the environment. The goal of this work is the development of knitted fabric, which can be used for laying wires and embedded sensors in functional items for various purposes as well as the study of their properties.

Methodology. Experimental research methods according to the standards were used to determine the structural parameters and the physical-mechanical properties of the knitted fabrics. The processing of the experimental results the graphs and charts creation was performed by Microsoft Excel on the average values of the indicators.

Results. As a result of this work, a zonal knitted fabric with slots in its structure was created, which is suitable for biometric packages incorporation in order to monitor various indicators, in the space under the clothes in particular. The influence of the raw components of the knitted fabric and the interloping repeat on the structural parameters and the physical-mechanical properties of knitted material has been revealed as results of experimental studies. Thus, the surface density of the fabric, which determines the material consumption of products, decreases by 15% average with an increase of the number of missed needles from 3 to 15 in an incomplete rib. It also leads to a decrease in the total deformation under the tension of the knitted fabric with the vertical slots, both coursewise and walewise.

Scientific novelty. The knitted fabric structure with vertical slots for sensors of various sizes and shapes for the manufacture of the functional items used for the integrated assessment of tactical, technical and physical properties of the functional elements of military clothes has been developed.

Practical value. It was determined that a repeat of the combined interlooping, as well as a raw materials composition, affect the width of the slots, that allows designing a zonal fabric with the slots of a given size along its width.

Keywords. Knit with slots, combined interlooping, incomplete rib, built-in sensors

УДК.687.17:620.17

СУПРУН Н. П., ШАТИЛО Т. В., ОСТАПЕНКО Н. В.,
ГАВРУСЕНКО Н. Ф.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГІГІЄНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЛІСОВИХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ВІЙСЬКОВОЇ ФОРМИ В АСПЕКТИ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета. Визначення показників якості флісових текстильних полотен різних виробників, призначених для вітчизняної форми військовослужбовців, та порівняння встановлених значень з встановленими вимогами.

Методика. В статті наданий аналіз флісових матеріалів для форменого одягу військовослужбовців та представлені результати експериментальних досліджень показників структури та фізичних властивостей, отриманих відповідно до стандартизованих методик. Теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях текстильного матеріалознавства з використанням статистичної обробки результатів експерименту.

Результати. Проведене дослідження дозволило встановити відповідність зразків флісових націсних полотен, які використовуються для виготовлення сучасної військової форми, вимогам технічних умов на відповідні вироби за значеннями поверхневої густини та коефіцієнта повітропроникності. Встановлена кореляція між цими двома показниками з коефіцієнтом кореляції 0,81. Визначено відповідність досліджуваних полотен вимогам технічних умов за показником товщини. Проведено визначення впливу стискаючого зусилля на товщину флісових полотен. Порівняльний аналіз коефіцієнтів паропроникності 10 зразків флісових матеріалів в умовах градієнту температур 15⁰С засвідчив їх високу здатність до транспорту пароподібної вологи.

Наукова новизна. Вперше визначено коефіцієнти повітро- і паропроникності різних видів флісових полотен, які використовуються для виготовлення сучасної військової форми. Встановлена кореляція між значеннями поверхневої густини та коефіцієнтом повітропроникності. Запропоновано проводити якісну оцінку щільності структури флісових полотен за величиною зміни їх товщини при зміні навантаження притискної площадки на зразок при вимірюванні.

Практична значимість. Визначено взаємозв'язок структурних характеристик флісових полотен з показниками паропроникності і повітропроникності, що дозволить з асортименту полотен, які пропонують різні виробники, вибрати такі, що мають найкращі гігієнічні властивості.

Ключові слова: одяг військовослужбовців, флісові полотна, гігієнічні властивості.

Вступ. Військова форма одягу – це одяг військовослужбовців, встановлений указами, наказами, правилами або спеціальними нормативними актами, носіння якої є обов'язковим для військовослужбовців збройних сил держави та інших формувань, де передбачена військова служба. Військова форма має виключно важливе значення для будь-якої армії світу. Вона символізує усталені військові традиції і має такі чисто військові функції, як маскування особового складу на місцевості за допомогою виготовлення її з тканин захисних кольорів, введення до складу військового одягу пристосувань для носіння предметів озброєння та спорядження, створення комфортних умов під час дій військовослужбовців в різних кліматичних умовах. Деякі елементи форменого одягу мають захисне призначення. Якісний військовий одяг - запорука високої боєздатності армії.

У зв'язку з проведенням бойових дій на Сході нашої держави в зоні АТО, в Україні у 2014 році повстало нагальне питання щодо забезпечення військовослужбовців новими зразками уніформи. З 2019 року кожен боєць збройних сил екіпірований новою українською військовою формою. Розроблене спорядження полегшує дії солдата в бою, тим самим

підвищуючи його ефективність і здатність протистояти сучасним засобам ураження. Військова форма, яка носить відповідно до пори року і умов виконуваних завдань, згідно [1], підрозділяється на парадну (парадно-вихідну), повсякденну, польову (службову морську), спеціальну (робочу) та спортивну. Кожна із них поділяється на літню та зимову, а також демісезонну повсякденну і польову. В наказі [1] детально описані всі види форми та правила її носіння. Сучасна воєнна форма стала багатошаровою, що дозволяє кожному бійцю самостійно вибирати потрібні елементи одягу, керуючись поставленими перед ним цілями і завданнями, а також погодними умовами.

До обмундирування пред'являється ряд вимог [2, 3], найважливішими з яких є гігієнічні (теплопровідність, повітропроникність, гігроскопічність тощо); тактико-технічні (зручність при носінні і підгонці, сполучуваність із зброєю і спорядженням, захисні властивості, міцність тощо); художньо-естетичні (відповідність конструкції, форми і кольору обмундирування його цільовому призначенню і порі року, збереження форми і кольору після прань або спецобробок та ін.). Форма не повинна утруднювати дії як в умовах повсякденної, так і бойової діяльності. Вона має захищати від холоду, спеки, вітру, дощу, від забруднень та механічних пошкоджень, не заважати здійсненню найважливіших функцій людського тіла, не утруднювати дихання, не обмежувати рухи кінцівок і всього тіла, не призводити до тертя під час ходьби і втоми, що спричинює втрату пильності, зниження безпеки. Вибір матеріалів і конструкція обмундирування визначаються його призначенням і загальними гігієнічними вимогами, при цьому матеріали для його виготовлення повинні відповідати всім вимогам Міністерства оборони. Питаннями науково обґрунтованого вибору матеріалів для сучасної військової форми, вирішення яких вимагає врахування багатьох факторів експлуатації, останнім часом приділяється багато уваги вітчизняних дослідників [3 - 7]. В новій формі використання надміцних тканин дозволяє захистити тіло військового від випадкового і навмисного травмування, причому додатково для захисту від механічних впливів військовий одяг оснащується зміцнюючими елементами. Матеріали, з яких виробляється демісезонний військовий костюм, забезпечують надійний захист від вітру, високу ступінь паропроникності і швидко висихають після намокання. Матеріали утеплених виробів, які носяться в зимовий період і захищають від вологи і вітру, незважаючи на високий ступінь захисту від морозу, є легкими і практичними.

Постановка завдання. Слід зазначити, що в сучасній українській воєнній формі широко використовуються флісові матеріали [8, 9]. Цей вид текстилю з'явився на світовому ринку відносно недавно (у 80-ті роки ХХ ст.), але встиг завоювати широку популярність завдяки своїм беззаперечним перевагам при використанні у виробах певного призначення. Фліс представляє собою синтетичний нетканий начісний матеріал з поліефірного волокна, перевагами якого є пружність, легкість, високі теплоізоляційні властивості, які зберігаються навіть у зволоженому стані, висока повітропроникність, здатність добре відводити вологу та швидко висихати, приємність на дотик, гіпоалергенність, еластичність та легкість у догляді. Цей матеріал не вбирає вологу, але проводить її, що дозволяє використовувати його в якості паропроникного другого шару пакету одягу. Об'ємна структура флісу, що складається з величезної кількості «повітряних камер», дозволяє добре зберігати тепло, не поступаючись за цими показниками тканинам з натуральних волокон вовни. До недоліків флісу можна віднести

його електризуємість, підвищену здатність запилюватися та легкість пропалювання. Дослідженню властивостей флісів та питанням поліпшення його експлуатаційних властивостей присвячено ряд робіт (напр., [10 - 13]). На ринку України реалізують флісові полотна різних виробників, які швейні підприємства використовують для виготовлення форменого одягу.

Результати досліджень. Зважаючи на те, що до флісових матеріалів при їх використанні у військовому одязі висуваються жорсткі вимоги щодо здатності забезпечувати необхідні ергономічні властивості (табл. 1), метою даної роботи було визначення відповідності показників якості обраних зразків вимогам діючих технічних умов, а також визначення впливу характеристик структури на здатність матеріалів забезпечувати необхідну паро- та повітропроникність полотен.

Таблиця 1

Вимоги до гладкопофарбованого ворсового начісного полотна типу «фліс» (за [8])

Найменування показника	Од. вим	Значення показника	Нормативна документація
Склад сировини: поліефір	%	100	ДСТУ 4057
Поверхнева густина	г/м ²	250±20	ГОСТ 8845 або ДСТУ EN 12127
Розтяжність по ширині (за петельними рядками) при навантаженні 6Н		I – група (від 15% до 40%)	ГОСТ 8847
Повітропроникність, не менше	дм ³ / (м ² с)	450	ГОСТ 12088 або ДСТУ ISO 9237
Товщина полотна, не менше	мм	3,8	ДСТУ ISO 5084

В якості об'єктів дослідження обрано 10 зразків нетканих поліефірних полотен типу «фліс», які зараз використовуються при виготовленні форменого одягу українських військовослужбовців. З метою визначення відповідності поверхневої густини та повітропроникності значенням, що нормуються, за стандартизованою методикою було визначено ці показники для всіх зразків з математичною обробкою отриманих результатів вимірювань (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристики маси та повітропроникності флісових полотен

№ зр азк а	Поверхнева густина, фактичне значення, M _{Sфакт.} , г/м ²	Коефіцієнт т варіації по M _{Sфакт.} , %	Відповідність значення M _S вимогам ТУ 14.1-108-0034022:2016	Коефіцієнт повітропроникності, B, дм ³ / (м ² *с)	Коефіцієнт варіації по B, %	Відповідність значення B вимогам ТУ 14.1-108-0034022:2016
1	2	3	4	5	6	7
1	248	1,76	відповідає	530	6,32	відповідає
2	245	1,05	відповідає	611	5,67	відповідає

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
3	251	1,08	відповідає	553	4,38	відповідає
4	269	2,24	не відповідає	316	4,40	не відповідає
5	240	1,55	відповідає	660	2,69	відповідає
6	275	1,52	не відповідає	306	0	не відповідає
7	241	1,84	відповідає	505	5,72	відповідає
8	254	3,27	відповідає	447	6,12	відповідає
9	261	1,20	відповідає	537	2,45	відповідає
10	263	1,60	відповідає	527	3,51	відповідає

Проникність текстильних матеріалів для повітря, пару, пилу, променевої енергії - важливі показники, що забезпечують необхідний газовий і вологісний склад підодягового простору [14]. Проникнення повітря через матеріал пов'язано з процесами дифузії, конвекцією під впливом тепла, випромінюваного тілом людини, рухом людини, зміною об'ємів підодягового простору, виникненням перепаду тиску. Повітропроникність залежить від пористості, кількості і величини наскрізних пор, товщини, структури і щільності текстильних полотен. Здатність текстильних матеріалів одягу пропускати повітря у великій мірі визначає кліматичні параметри підодягового простору і комфортність виробів. З одного боку, високі значення коефіцієнта повітропроникності забезпечують необхідну вентиляцію і запобігають підвищеному потовиділенню, з іншого – знижують теплозахисні властивості одягу. Відомо, що для тканин і трикотажних полотен ця властивість, в основному, зумовлюється значеннями наскрізної пористості, для флісових начісних матеріалів таких досліджень не проводилось. З метою забезпечення вибору оптимального виду матеріалів на виробі, нами було проведено порівняльний аналіз впливу значення поверхневої густини на повітропроникність начісних полотен типу «фліс» і визначено коефіцієнт кореляції між цими показниками (рис.1). Його значення ($K_{\text{кор}} = -0,81$) свідчить про наявність прямого і високого зв'язку між поверхневою густиною і здатністю полотен пропускати повітря.

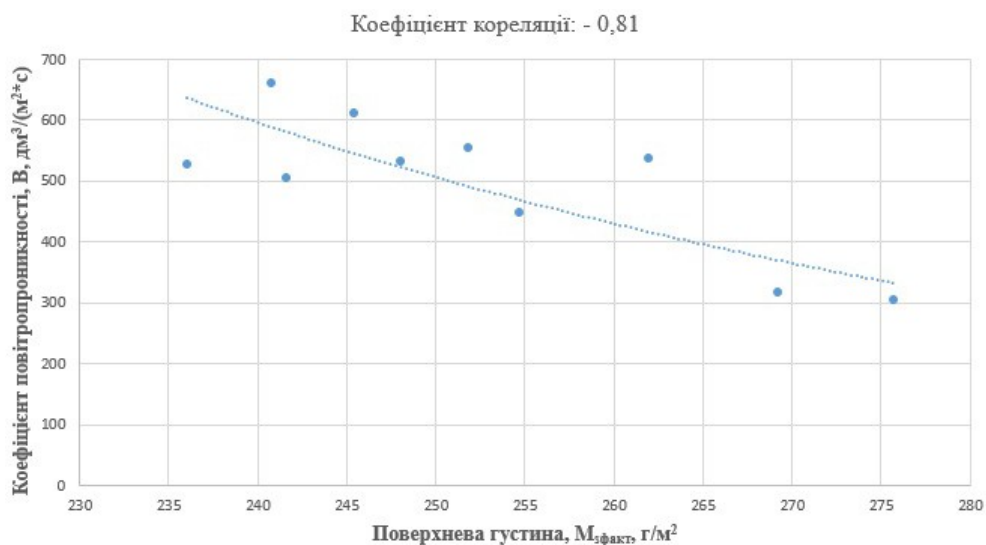


Рис. 1. Залежність між поверхневою густиною та коефіцієнтом повітропроникності флісових полотен

Аналіз отриманих даних (табл. 2) свідчить про те, що два види із досліджуваних матеріалів (зразки №4 та №6) не відповідають вимогам, встановленим ТУ 14.1-108-0034022:2016 до показників маси та повітропроникності флісових полотен для воєнної форми.

Слід зазначити, що полотна, обрані для порівняльного аналізу, незначно розрізняються за величинами поверхневої густини, між тим, органолептично, і навіть візуально, різниця між ними відчувається. Враховуючи те, що флісові матеріали мають дуже нещільну структуру, це може бути пов'язано із різним ступенем її «рихлості» і наповнення повітряними прошарками. Цей показник, що впливає на повітро- і паропроникність, і відповідно, на теплозахисні властивості, на нашу думку, можна непрямо характеризувати, визначивши, як змінюється товщина полотен при зміні величини тиску на пробу. Товщину проб визначали за ДСТУ ISO 5084:2004 [15] на приладі ТЕМ-1: проби матеріалів розміщали між опорною і притискною площадками приладу і навантажували притискну площадку вантажем, що відповідає визначеному тиску (0,2 кПа, 5 кПа), за допомогою індикатора годинникового типу, яким обладнаний прилад, вимірювали товщину проби (відстань між опорною і притискною площадками приладу).

Як свідчать отримані дані (табл.3), три види із досліджуваних полотен (№ 4,7,8) не відповідають вимогам нормативної документації [8] по значенням товщини. Слід відзначити, що деякі зразки флісових полотен, маючи близькі значення поверхневої густини, розрізняються за товщиною. Зважаючи на різну ступінь прилягання одягу, інтенсивність фізичних зусиль та деякі інші експлуатаційні фактори, товщина одного й того ж матеріалу на різних ділянках виробу може значно змінюватися, що призведе до зміни теплозахисних властивостей. Збільшення величини тиску на флісові полотна призводить до очікуваного зменшення їх товщини (табл.3), але кратність такої зміни неоднакова для різних видів зразків. Так, для флісових полотен № 1,3 та 8 товщина при збільшенні навантаження зменшується у більшому ступені, ніж для інших зразків. Вочевидь, це викликано їх меншим опором стисканню, що свідчить про меншу щільність і, відповідно, більш рихлу структуру.

Таблиця 3

Характеристики структури та паропроникності флісових полотен

№ зразка	Поверхне ва густина, M_s , г/м ²	Товщина при 0,2 кПа	Товщина при 5 кПа	Кратність зменшення товщини	Коефіцієнт паропроникності П, мг/см ² ×год
1	248±4	4,06	2,16	1,9	11,3
2	245±3	4,26	2,63	1,6	10,9
3	251±3	3,95	2,20	1,8	11,9
4	269±6	3,71	2,35	1,6	11,2
5	240±4	4,10	2,45	1,7	11,9
6	275±4	3,77	2,61	1,4	10,4
7	241±4	3,34	1,91	1,7	11,2
8	254±8	2,92	1,51	1,9	11,2
9	261±3	4,93	2,93	1,7	10,3
10	263±4	4,91	2,88	1,7	10,3

Відомо [15], що одяг розділяє два повітряних середовища - мікрокліматичний простір та навколишнє середовище, що, як правило, розрізняються значеннями температури і парціального тиску водяної пари. Ця різниця викликає потік пароповітряної суміші, спрямований від тіла людини взовні. Паропроникність, яка характеризує здатність полотен пропускати водяні пари із середовища з підвищеною вологістю в середовище з меншою вологістю, є одним із вагомих факторів забезпечення комфортності одягу будь-якого виду, і визначається багатьма чинниками (будовою, сировинним складом, завершальною обробкою матеріалів). Коефіцієнт паропроникності визначався за стандартизованою методикою [16] при витримуванні зразків упродовж 5 годин при градієнті температур 12°C . Вважається, що саме така різниця температур виникає між підодяговим простором та навколишнім середовищем при експлуатації одягу в нормальних кліматичних умовах. Отримані експериментальні дані, наведені в таблиці 3, свідчать про високу паропроникність флісових полотен - значення коефіцієнтів паропроникності варіюються від максимальних величин $11,9 \text{ мг/см}^2 \times \text{год}$ до мінімальних $10,3 \text{ мг/см}^2 \times \text{год}$. Слід зазначити, що найбільш «рихлі» зразки флісів (полотна №№1,3 та 8) очікувано демонструють більш високі значення коефіцієнта паропроникності.

Висновки. Проведене дослідження дозволило визначити відповідність зразків флісових начісних полотен, які використовуються для виготовлення сучасної військової форми, вимогам технічних умов на відповідні вироби за значеннями поверхневої густини та коефіцієнта повітропроникності. Встановлена кореляція між цими двома показниками з коефіцієнтом кореляції 0,81. Проведений порівняльний аналіз 10 зразків флісових матеріалів засвідчив їх високу здатність до транспорту пароподібної вологи. Запропоновано проводити якісну оцінку щільності структури флісових полотен за величиною зміни їх товщини при зміні навантажування притискної площадки на зразок при вимірюванні.

Література

1. Наказ N 606 Міністерства Оборони України від 20 листопада 2017 року «Про затвердження Правил носіння військової форми одягу та знаків розрізнення військовослужбовцями Збройних Сил України та ліцеїстами військових ліцеїв».
2. Wilusz E. Military textiles. // Woodhead Publishing Series in Textiles. Cambridge, England. - 2008. 384 p.
3. Рудковський О. М., Федоренко В.В., Черненко А. Д., Оборнев С. І. Проблеми розвитку бойового екіпірування солдата як єдиного комплексу для збройних сил України. Військова академія (м. Одеса). Збірник наукових праць. 2016. № 2 (6). С.50-59.
4. Черненко А. Д. Основні принципи комплексної оцінки текстильних матеріалів для військової форми в аспекті функціонального призначення й зменшення бюджетних витрат /Черненко А.Д., Ванкевич

References

1. Nakaz Ministerstva Oborony Ukrainy № 606 vid 20.11.2017 «Pro zatverdzhennya Pravyl nosinnya viys'kovoyi formy odyahu ta znakiv rozriznennya viys'kovosluzhbovtzamy Zbroynykh Syl Ukrainy ta litseyistamy viys'kovykh litseyiv» [On Approval of the Rules of Wearing the Military Forms of Clothing and Signs of Distinction by the Armed Forces of Ukraine and the Loytists of the Army Lyceums]. (2017, 20 November). zakon.rada.gov.ua URL: [https:// zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-17](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-17) [in Ukraine].
2. Wilusz E. (2008). Military textiles Woodhead Publishing Series in Textiles. Cambridge, England.
3. Rudkovs'kyi O. M., Fedorenko B. V., Chernenko A. D., & Obornyev C. I. (2016). Problemy rozvytku boyovoho ekipiruvannya soldata yak yedynoho kompleksu dlya zbroynykh syl Ukrainy. Viys'kova akademiya [Problems of the development of military equipment of a soldier as a single set for the armed forces of Ukraine. Military academy]. Zbirnyk naukovykh prats' № 2 (6), 50-59, [in Ukraine].
4. Chernenko A. D. (2016). Osnovni pryntsypy kompleksnoyi otsinky tekstyl'nykh materialiv dlya

- П. І., Чернозубенко О. В., Салата І. З., Іваник
Є. Г., Ільків І. М., Оборнєв С.І.// Військово-технічний збірник. - 2016. - №15.- С. 75–80.
- 5.Дутка Л. І. Порівняльний аналіз значень показників якості сучасних тканин, з яких виготовляють форму для військовослужбовців / Дутка Л. І., Арабулі А.Т. // Вісник КНУТД. -2017. - №2 (23). С. 1- 11.
- 6.Герасимов В. В. Визначення екологічних показників військового одягу з урахуванням вимог міжнародних стандартів / Герасимов В. В., Легенька Л. В., Марійчук Р. Т. // Вісник УжНУ. Серія Хімія. - 2009. - Вип. 22. - с. 148- 152.
- 7.Токар Г. М. Аналіз асортименту матеріалів для виготовлення розвантажувальних жилетів/ Токар Г. М., Остапенко Н. В., Колосніченко О. В., Власенко Ю. В // International Academy Journal. - 2018. – Р. 15- 19.
8. Технічні умови ТУ 14.1-108-0034022:2016. Куртка костюму утеплювача – ККУ (повідомлення про зміни № 4). [Електронний ресурс]. Режим доступу http://www.mil.gov.ua/content/tenders_2019/tu_kku.pdf
9. ТУ 14.1-088-00034022:2015 Шарф-труба зимовий — ШТЗ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.mil.gov.ua/content/ddz/TY_2016/S HTZ.pdf
- 10 А. А. Badr, A. El-Nahrawy. Moisture properties of raised 3-thread fleece fabric knitted with different face and fleecy yarns// Alexandria Engineering Journal, - 2016. – Vol.55, №3.- P. 2881-2892.
- 11 Hu. J., Xin. B. & Jing H. Classifying Fleece Fabric Appearance by Extended Morphological Fractal Analysis. //Textile Research Journal. – 2002. 72(10), 879–884.
- 12 Ozcan G. Properties of Three-Thread Fleece Fabrics. /Ozcan G, Candan C. // Textile Research Journal. -2005. - 75 (2).- P. 129-133
- 13 Fouda A. E. Effect of backed yarn characteristics on two-thread fleece knitted fabric properties/ Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR). - 2018. - Vol. 43, №2, P. 247- 251.
- 14 Делль Р. А., Афанасьева Р. Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Легпромбытиздат. 1991. - 160 с.
- 15 ДСТУ ISO 5084:200 Матеріали viys'kovoyi formy v aspekti funktsional'noho pryznachennya y zmenshennya byudzhetnykh vytrat [Basic principles of the integrated valuation of textile materials for military form in terms of functional purpose in reducing budget expenditures]. Viys'kovo-tekhnichnyy zbirnyk №15, 75–80, [in Ukraine].
- 5.Dutka L. I. (2017). Porivnyal'nyy analiz znachen' pokaznykiv yakosti suchasnykh tkanyn, z yakykh vyhotovlyayut' formu dlya viys'kovosluzhbovtsiv [Comparative analysis of the values of the quality attributes of modern fabrics, of which the form is made for servicemen]. Visnyk KNUTD №2(23), 1-11, [in Ukraine].
- 6.Herasymov V.V. (2009). Vyznachennya ekolohichnykh pokaznykiv viys'kovoho odyahu z urakhuvannyam vymoh mizhnarodnykh standartiv [Determination of environmental indicators of military clothing, taking into account the requirements of international standards]. Visnyk UzhNU. Seriya Khimiya № 22, 148-152, [in Ukraine].
- 7.Tokar H. M. (2018). Analiz asortymentu materialiv dlya vyhotovlennya rozvantazhuval'nykh zhyletiv [Analysis of the assortment of materials for the manufacture of unloading waistcoats]. International Academy Journal, 15-19.
8. TU 14.1-108-0034022:2016. Kurtka kostyumu uteplyuvacha – KКУ (povidomlennya pro zminy № 4). [TU 14.1-108-0034022:2016. Jacket for a heater costume - KКУ. (notice of change No. 4)]. Ukraine, Standartinform Publ., 2018. 36 p.
9. TU 14.1-088-00034022:2015 Sharf-truba zymovyy — SHTZ. [TU 14.1-088-00034022:2015. Scarf pipe winter - SPW]. Ukraine, Standartinform Publ., 2016. 17 p.
10. Badr A.. (2016). Moisture properties of raised 3-thread fleece fabric knitted with different face and fleecy yarns. Alexandria Engineering Journal. Vol.55, №3. P. 2881-2892.
11. Hu, J., Xin, B., & Jing, H. (2002). Classifying Fleece Fabric Appearance by Extended Morphological Fractal Analysis. Textile Research Journal, 72(10), 879–884.
12. Ozcan G. (2005). Properties of Three-Thread Fleece Fabrics. Textile Research Journal, 75 (2),129-133.
- 13.Fouda A. E. (2018). Effect of backed yarn characteristics on two-thread fleece knitted fabric properties. Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR). Vol. 43, №2, P. 247-251.
14. Dell' R. A., Afanas'yeva R. F., & Chubarova Z. S. (1991). Gigiyena odezhdy: uchebnye posobiye dlya vuzov [Clothing hygiene: a textbook for universities]. Moscow, [in Russian].
15. DSTU ISO 5084:2004. Materialy tekstyl'ni. Vyznachennya tovshchyny tekstyl'nykh materialiv ta tekstyl'nykh vyrobiv. [State Standard DSTU ISO

текстильні. Визначення товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів. – К.: Держстандарт України, 2004. – 10 с.
16 Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропрооницаемости и влагопоглощения: ГОСТ 22900-78 – [Дата введения 1979-01-01] М.: Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.

5084:2004. Textile materials. Determination of the thickness of textile materials and textile products]. Ukraine, Standartinform Publ., 2004. 10 p. [in Ukraine].
16. GOST 22900-78. Kozha iskusstvennaya i plenochnyye materialy. Metody opredeleniya paropronitsayemosti i vlagopogloshcheniya [State Standard GOST 22900-78. Artificial leather and film materials. Methods for determining vapor permeability and moisture absorption]. Moscow, Standartinform Publ., 1998. 8 p. [in Russian].

SHATILO TETYANA
t.v.shatilo@gmail.com

ADVL «Textile Test» KNUITD
Kyiv National University of Technologies & Design

GAVRUSENKO NATALIYA
n.havrusenko@gmail.com

Kyiv National
University of Technologies & Design

SUPRUN NATALIYA
suprun.knutd@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3937-8399>

Researcher ID: 6701785670

Department of Materials Science and Textile Examination,
Kyiv National University of Technologies & Design

OSTAPENKO NATALIYA

Department of Ergonomics and Fashion Designing
cesel@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3836-7073>

Researcher ID: 57191843580

Kyiv National University of Technologies & Design

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИГИЕНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЛИСОВЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ВОЕННОЙ ФОРМЫ В АСПЕКТЕ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ СУПРУН Н. П., ШАТИЛО Т. В., ОСТАПЕНКО Н. В., ГАВРУСЕНКО Н. Ф.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определение показателей качества флисовых текстильных полотен различных производителей, предназначенных для производства отечественной формы военнослужащих, и сравнение полученных значений с установленными требованиями.

Методика. В статье предоставлен анализ флисовых материалов для форменной одежды военнослужащих и приведены результаты экспериментальных исследований показателей структуры и физических свойств, полученных в соответствии со стандартизированными методиками. Теоретические и экспериментальные исследования базируются на основных положениях текстильного материаловедения с использованием статистической обработки результатов эксперимента.

Результаты. Проведенное исследование позволило установить соответствие образцов флисовых начесных полотен, используемых для изготовления современной военной формы, требованиям технических условий на соответствующие изделия по значениям поверхностной плотности и коэффициента воздухопроницаемости. Установлена корреляция между этими двумя показателями с коэффициентом корреляции 0,81. Определено соответствие исследуемых полотен требованиям технических условий по показателю толщины. Проведено определение влияния сжимающего усилия на толщину флисовых полотен. Сравнительный анализ коэффициентов паропрооницаемости 10 образцов флисовых материалов в условиях градиента температур 15⁰C показал их высокую способность к транспорту парообразной влаги.

Научная новизна. Впервые определены коэффициенты воздухо- и паропрооницаемости различных видов флисовых полотен, используемых для изготовления современной военной формы. Установлена корреляция между значениями поверхностной плотности и коэффициентом воздухопроницаемости. Предложено проводить качественную оценку плотности структуры флисовых полотен по величине изменения их толщины при изменении нагрузки прижимной площадки при измерениях.

Практическая значимость. Определена взаимосвязь структурных характеристик флисовых полотен с показателями паропроницаемости и воздухопроницаемости, что позволит из ассортимента полотен, предлагаемых различными производителями, выбрать те, что имеют лучшие гигиенические свойства.

Ключевые слова: одежда военнослужащих, флисовые полотна, гигиенические свойства.

COMPARATIVE ANALYSIS OF HYGIENIC PROPERTIES OF FLEECE FABRICS FOR THE MILITARY UNIFORM IN THE ASPECT OF THEIR FUNCTIONAL APPLICATION

SUPRUN N. P., SHATILO T. V., OSTAPENKO N. V., GAVRUSENKO N. F.

Kyiv National University of Technologies and Design

Goal. Determination of quality indices of fleece textile fabrics of different manufacturers intended for the national form of military personnel, and comparison of established values with existing requirements.

Method. The article provides an analysis of fleece materials for military uniform and presents the results of experimental studies of structural and physical properties, obtained in accordance with standardized techniques. Theoretical and experimental studies are based on the basic provisions of textile material science using the statistical processing of the experimental results.

Results. The study allowed to establish the suitability of samples of fleece materials, which are used for the manufacturing of modern military uniforms, to the requirements of product specifications on the values of surface density and the coefficient of air permeability. The correlation between these two indicators with a correlation coefficient of 0.81 is established. The suitability of the studied fleece materials to the requirements of product specifications on the thickness index is determined. The influence of compressive force on the thickness of fleece materials has been determined. A comparative analysis of vapor permeability coefficients of 10 samples of fleece materials in conditions of a temperature gradient of 15°C indicated their high ability to transport vaporous moisture.

Scientific novelty. For the first time, the coefficients of air and vapor permeability of different types of fleece materials, which are used for manufacturing of modern military form, are determined. The correlation between the values of the surface density and the air permeability coefficient for these materials is established. It is proposed to use as a qualitative characteristic of the density of the structure of the fleece materials the value of their change in thickness while measuring at different pressure.

Practical significance. The interconnection of structural characteristics of fleece materials with parameters of vapor permeability and air permeability is determined, which will allow to choose from the assortment of samples offered by different manufacturers the best on hygienic properties.

Key words: military uniform, fleece materials, hygienic properties.