

УДК 677.075.44.017:539.3
DOI 10.31891/2307-5732-2020-285-3-35

Г. В. ЗУБРИЦЬКА, Т. В. ЄЛІНА, Л. Є. ГАЛАВСЬКА
Київський національний університет технологій та дизайну

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОДНООСНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТРИКОТАЖУ ПЕРЕПЛЕТЕННЯ ЛАСТИК 2+2 ПІД ДІЄЮ РОЗТЯГУЮЧОГО ЗУСИЛЛЯ

У статті представлено результати дослідження процесу одноосної деформації трикотажу переплетення ластик 2+2 під дією розтягуючого зусилля, прикладеного вздовж лінії петельного ряду, з метою отримання вихідних даних для побудови інформаційної моделі переплетення. Дослідні зразки трикотажу вироблено з поліакрилонітрильної (ПАН) пряжі лінійної густини 31x2 текс на плосков'язальній машині типу ПВРК 10-го класу. Структурні характеристики визначено у відповідності до існуючих стандартизованих методик. Однак стандартизовані методики дослідження показників розтяжності та пружності трикотажу не передбачають отримання певних характеристик, необхідних для побудови тривимірної комп'ютерної моделі трикотажу, придатної для проведення віртуальних експериментів. У ході роботи встановлено набір геометричних характеристик трикотажу, які рекомендуються використовувати у якості вихідних даних для моделювання деформації розтягу трикотажу ластичних переплетень. Описано алгоритм фіксації геометричних характеристик трикотажу в окремих станах процесу його розтягу вздовж лінії петельного ряду. Шляхом фіксації в затискачах релаксометра типу «стійка» та поетапно збільшення величини розтягуючого зусилля від 0 до 120 сН реалізовано експеримент з розтягу зразка трикотажу вздовж лінії петельного ряду. На кожному етапі зусилля розтягу збільшувалось на 20 сН та виконувалась фотофіксація структури трикотажу за допомогою цифрового USB мікроскопа MM-22885X-BN з використанням спеціалізованої програми для роботи із цифровими зображеннями Shiny Vision та цифрової камери. З метою визначення геометричних характеристик трикотажу отримані фотозображення, відкалібровані та оброблені у графічному редакторі Autodesk AutoCAD. На кожному етапі прикладання розтягуючих зусиль за допомогою товщиноміра без прикладання стискаючого зусилля встановлено товщину трикотажу. Дані, отримані у результаті реалізації експерименту, є достатніми для формування інформаційної моделі трикотажу переплетення ластик 2+2 та побудови тривимірної параметричної моделі з визначеного виду сировини у середовищі тривимірного моделювання.

Ключові слова: ластик 2+2, деформація розтягу по ширині, інформаційна модель, параметри структури.

H. ZUBRYTSKA, T. YELINA, L. HALAVSKA
Kyiv National University of Technologies and Design

STUDY OF THE PROCESS OF UNIAXIAL DEFORMATION OF 2 + 2 RIB FABRICS UNDER THE ACTION OF TENSIONING FORCE

This article presents the results of the study of the process of uniaxial deformation of 2+2 rib fabrics under the action of the tensile force applied along the course wise direction, in order to obtain the input data for an information model of knitted structure creating. Samples of 2+2 rib structure are made of PAN yarn of linear density 31x2 tex on a flat knitting machine type PVRK 10th class. Structural characteristics are determined in accordance with existing standardized methods. However, standardized methods for studying the tensile and elasticity of knitwear do not provide the specific characteristics needed to build a three-dimensional computer model of knitwear, suitable for virtual experiments. During the study a set of geometrical characteristics of knitwear was established, which are recommended to be used as input data for modelling the tensile deformation of knitwear of rib knits. An algorithm for registration of the geometric characteristics of knitwear in certain states of the process of its stretching along the course wise direction is described. By hanging in the clamps of the relaxometer "rack" type and a gradual increase of the tensile force value from 0 to 120 cN, an experiment on the tension of the knitted sample along the course wise direction was realised. At each stage, the tensile force was increased by 20 cN and photo-fixation of the knitted structure was performed using a digital USB microscope MM-22885X-BN using a specialized program for working with digital images Shiny Vision and a digital camera. In order to determine the geometric characteristics of the jersey, the obtained images were calibrated and processed in the graphic editor Autodesk AutoCAD. At each stage of application of tensile forces by means of the tester of thickness of a covering without application of force of compression establish thickness of jersey. The data obtained as a result of the experiment are sufficient for the formation of an information model of 2+2 rib fabrics and to build a three-dimensional parametric model from a certain type of raw material in a three-dimensional modelling environment.

Keywords: 2+2 rib fabrics, width tensile deformation, information model, structure parameters.

Вступ. Одним з головних чинників вибору того чи іншого елемента одягу є рівень його комфортності та зручність у носінні. Завдяки достатній розтяжності та пружності трикотаж часто використовують для виготовлення виробів прилеглої силуетної форми, у тому числі одягу спортивного та побутового призначення. У процесі експлуатації окремі ділянки таких виробів знаходяться у деформованому стані. Особливістю трикотажу як текстильного матеріалу є те, що його деформування відбувається більшою мірою за рахунок перерозподілу ниток у структурі полотна. Перерозподіл ниток призводить до зміни розмірів та форми елементів структури трикотажу і, як наслідок, до ситуативної зміни його фізико-механічних та споживних властивостей таких як повітропроникність, теплопровідність, тиск одягу на тіло людини. Сучасні програмні засоби дозволяють аналізувати фізико-механічні процеси, що відбуваються у матеріальних об'єктах та системах за наявності адекватних геометричних та інформаційних моделей таких об'єктів та систем. Задача створення повнофункціональної моделі трикотажу ластичних переплетень потребує детального вивчення характеру перерозподілу нитки в структурі трикотажу під час деформації розтягу та формування бази даних, необхідних для подальшого використання моделі у віртуальних експериментах та її адаптації і перебудови на підставі заданих параметрів.

Постановка задачі. Процес створення 3D моделей структури трикотажу кулірних та зокрема ластичних переплетень розглянуто у роботах [1–4] та інших. Дослідженню розтяжності та закручуваності трикотажу ластичних переплетень присвячені роботи [5–9]. У роботі, яка відноситься до сфери інформаційних технологій, розглянуто три структури кулірного трикотажу, такі як гладь, ластик 2+2 та двовиворітна гладь. Використано енергетичну модель петлі трикотажу. Однак, оскільки алгоритм передбачає напрямок проектування від загального до окремого та не враховує технологічних особливостей виготовлення, можна сказати, що результати дослідження забезпечують досить високий рівень візуалізації, у тому числі динаміки деформацій, але не вирішують питання моделювання та проектування виробів із заданими фізико-механічними характеристиками.

Метою роботи є вивчення характеру зміни геометрії поверхні трикотажу переплетення ластик 2+2 та збір даних для формування його інформаційної моделі, яка враховує параметри, суттєві для моделювання його фізико-маханічних властивостей, а також передбачає можливість прогнозування зміни цих параметрів для різних станів у процесі одноосного розтягу по ширині.

Експериментальна частина. Трикотаж переплетення ластик 2+2 є одним з найбільш популярних кулірних переплетень. Завдяки підвищеним показникам розтяжності та пружності його використовують і як основне переплетення для виготовлення светрів, суконь, штанів, і у якості дизайнерських або конструктивних елементів для виготовлення окремих деталей або ділянок виробів: горловини, напульсників, поясу, борту та ін. Вивчення характеру зміни властивостей такого трикотажу в деформованому стані є однією з актуальних задач на шляху до вирішення питання моделювання властивостей трикотажних полотен та виробів. Трикотаж переплетення ластик 2+2 відноситься до неповних переплетень. Він містить у своїй структурі ділянки гладі, які схильні до закручування. У процесі розтягу вздовж лінії петельного ряду відбувається розгортання цих ділянок та зміна їх взаємного розташування, а на більш пізніх стадіях розтягу відбувається перерозподіл нитки всередині окремих елементів структури трикотажу (ЕСТ), наприклад частина нитки перетягується з остовів у протяжки. По завершенню цього етапу деформації розтягу структура трикотажу досягає максимально напруженого стану: розривального видовження.

Пропонується прийняти припущення, що при поступовій деформації розтягу вздовж лінії петельного ряду існують стани трикотажу T_m , де m – номер етапу, що характеризує стан, в який приходить трикотаж з кожним збільшенням ваги. При цьому відбувається процес переходу від вільного стану, при якому $m=0$ до початку руйнування зразка, де $m=r$. Кожен стан T_m характеризується певним зусиллям розтягу, видовженням, шириною, товщиною, конфігурацією нитки в елементах структури трикотажу, а також певним співвідношенням між шириною видимих ділянок лицьових та виворітних стовпчиків всередині кожного рапорту у проекції на площину полотна. Якщо позначити ширину ділянки рапорту – $Ш_p$, ширину опуклої частини, що формується внаслідок схильності ділянок гладі у рапорті ластичного переплетення до закручування, – C_m , а відстань між найближчими точками двох сусідніх опуклих частин – S_m , то ці ділянки рапорту будуть розташовані так, як показано на рис. 1.

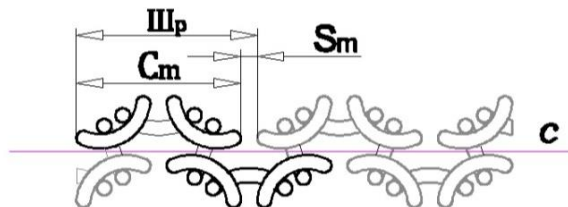


Рис. 1. Схематичне зображення переплетення ластик 2+2 у розрізі по лінії петельного ряду

У ході дослідження на плоскофанговій машині типу ПВРК 10 класу вироблено зразки трикотажу переплетення ластик 2+2 з поліакрилонітрильної пряжі лінійної густини 31×2 текс. Відповідно до стандартизованої методики підготовлено проби розміром 200 мм × 50 мм та відмічено розмір 100 мм для фіксації у затискачах релаксометра типу «стійка».

Побудова тривимірних моделей, геометричні характеристики яких відповідають геометричним характеристикам виготовлених зразків, передбачає встановлення певного набору геометричних параметрів, які не можуть бути одержані з використанням стандартизованих методик. Зокрема, необхідно визначити характер перерозподілу нитки в структурі трикотажу переплетення ластик 2+2, а також зміну лінійних розмірів зразка трикотажу, таких як довжина, ширина та товщина при поступовому збільшенні прикладеного розтягуючого зусилля при одноосній деформації зразків вздовж лінії петельного ряду. Для реалізації експерименту з розтягу трикотажу вздовж лінії петельного ряду підготовлена проба підвишувалась у затискачах релаксометра типу «стійка» та поетапно навантажувалась прикладеним розтягуючим зусиллям, величина якого складала від 20 сН до 120 сН з інтервалом 20 сН. На кожному з етапів Т0-Т6 виконувалась фотофіксація за допомогою цифрового USB мікроскопа MM-22885X-BN з використанням спеціалізованої програми для роботи із цифровими зображеннями Shiny Vision (рис. 2) та за допомогою цифрової камери (рис. 3). Отримані зображення відкалібровано у програмі Autodesk AutoCAD та опубліковано з використанням спеціальних інструментів. За показник деформації розтягу нами запропоновано прийняти відносну зміну лінійного розміру ділянки рапорту по ширині. Середні значення параметрів

структури встановлено шляхом апроксимації вимірів усіх елементів структури трикотажу, що потрапили у зону видимості цифрового мікроскопа під час макрозйомки зразка у зоні навколо визначеної контрольної точки.

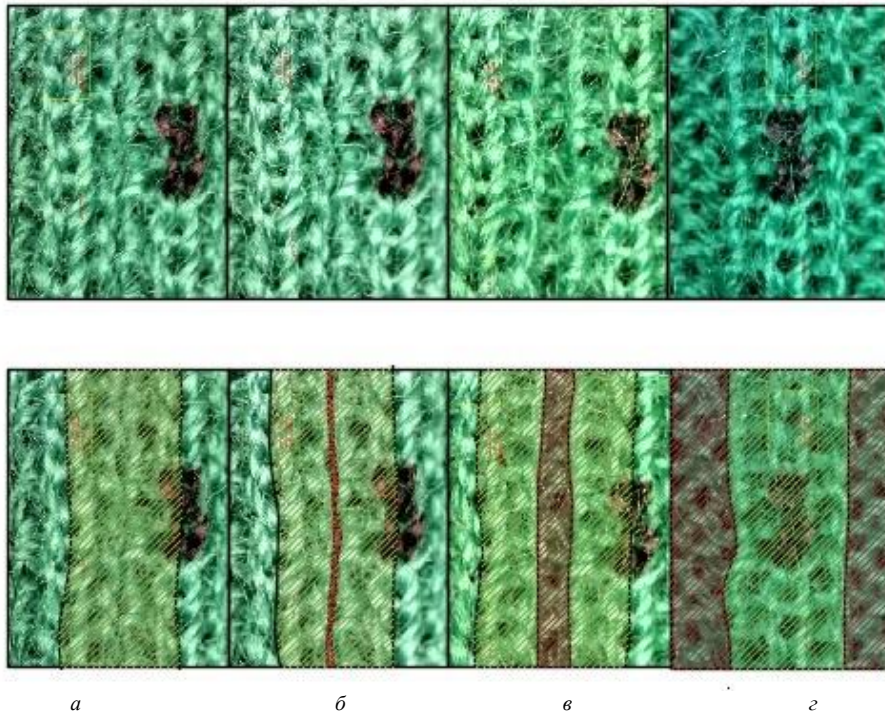


Рис. 2. Макрофотографії зразка трикотажу переплетення ластик 2+2:
 а – у вільному стані до розтягу; б – після видовження (розтягу) проби на 10%,
 в – після видовження проби на 50%; г - після видовження проби на 80%

На рис. 3 наведено один з етапів обробки зображень, на якому було визначено середні значення досліджуваних параметрів $Шр$, $Ск$, Sk .



Рис. 3. Вивчення характеру перерозподілу матеріалу зразка трикотажу всередині окремого рапорту у процесі розтягу вздовж петельного ряду

Встановлені експериментальним шляхом середні значення параметрів зразка трикотажу переплетення ластик 2+2 з ПАН пряжі лінійної густини 31×2 текс під час деформації розтягу проби (етапи Т0-Т6) наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Експериментальні значення параметрів зразків трикотажу переплетення ластик 2+2

Порядковий номер етапу t	Зусилля розтягу, сН	Середня ширина ділянки рапорту $Шр_m$, мм	Середня ширина опуклої частини рапорту $С_m$, мм	Частка ширини опуклої частини в ширині рапорту, %	Середня ширина видимої ділянки увігнутої частини рапорту S_m , мм	Частка ширини видимої ділянки увігнутої частини в ширині рапорту, %	Товщина трикотажу M , мм
0	0	3,13	3,13	100	0,00	0	2,80
1	20	3,44	3,44	100	0,00	0	2,40
2	40	4,54	3,72	82,00	0,82	18,00	2,15
3	60	5,72	3,72	65,00	2,00	35,00	2,08
4	80	6,29	3,65	58,00	2,64	42,00	1,80
5	100	6,89	3,79	55,00	3,10	45,00	1,50
6	120	7,68	3,84	50	3,84	50	1,2

Одержані результати досліджень, наведені у таблиці 1, ілюструють, що у вільному стані в трикотажі

переплетення ластик 2+2 відстань S_0 практично дорівнює нулю, тобто $Шр_0 = C_0$. Поступово під дією прикладеного розтягуючого зусилля зі збільшенням характеристики ширини ділянки рапорта $Шр$, відносна частка опуклої ділянки C_m у рапорті зменшується, а видима ділянка увігнутої частини S_m відповідно збільшується. Але разом з цим ділянки C_m та S_m вздовж лінії петельного ряду дослідної проби трикотажу збільшуються нерівномірно. Отримані дані можуть бути використані для побудови інформаційної моделі трикотажу переплетення ластик 2+2, виготовленого з поліакрілонітрільної пряжі лінійної густини 31×2 текс.

Висновки. У ході проведених досліджень встановлено набір основних параметрів, необхідних для створення інформаційної моделі трикотажу переплетення ластик 2+2, яка може використовуватись у процесі моделювання розтягу трикотажу вздовж лінії петельного ряду. Відповідно до існуючих стандартизованих методик параметри структури визначаються для трикотажу, який знаходиться в умовно-рівноважному або фіксованому стані. Для забезпечення можливості відтворення динаміки зміни параметрів структури у процесі одноосної деформації вздовж лінії петельного ряду у 3D моделюванні процесу деформації трикотажу необхідно володіти інформацією про характер зміни цих параметрів під дією заданого розтягуючого зусилля. Шляхом поетапного збільшення зусилля розтягу на 20 сН (7 етапів) на релаксометрі типу «стіяка» досліджено розтяг зразка трикотажу переплетення ластик 2+2, виробленого з ПАН пряжі 31×2 текс. Встановлено, що на початковому етапі розтяг відбувається за рахунок зменшення закручуваності на ділянках гладі та збільшення ширини рапорту за рахунок збільшення відстані між найближчими точками опуклих частин сусідніх рапортів (S_m). На цьому етапі відбуваються суттєві зміни показників ширини зразка, ширини рапорту, а також перерозподіл матеріалу між окремими ділянками рапортів за рахунок зміни положення окремих елементів структури трикотажу (ЕСТ) у просторі. Товщина трикотажу також суттєво змінюється. При цьому, оскільки помітного перерозподілу ниток всередині ЕСТ не відбувається, висота петельного ряду B залишається майже незмінною.

Сформовано систему позначень для опису алгоритму побудови параметричної тривимірної моделі поверхні трикотажу ластичних переплетень. Дані, отримані у ході реалізації експерименту, можуть бути використані для створення інформаційної моделі трикотажу переплетення ластик 2+2, а також тривимірної геометричної моделі зразка трикотажу переплетення ластик 2+2 з ПАН пряжі 31×2 текс, виробленого на машині типу ПВРК 10 класу.

Література

1. Kurbak A. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics / A. Kurbak, O. Ekmen // *Textile Research Journal*. – 2008. – Vol. 78 (3). – P. 198–208.
2. Wadekar P. Geometric modeling of knitted fabrics using helicoids scaffolds / P. Wadekar, P. Goel, Ch. Amanatides, G. Dion, R. D. Kamien, D.E. Breen // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2020. – Vol. 15. – P. 1–15
3. Kyoungme Ch. A study on the Analyses of 3D Scanning of Knit Stitches and Modeling System – Jersey, Rib and Cable Stitches / Ch. Kyoungme, K. Jongiun, S. Nagun // *Journal of Fashion Business*. – 2012. – Vol. 16, № 3. – P. 125–135.
4. Kaldor J.M. Simulating yarn-based cloth. A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 2011, 148 p.
5. Далидович А.С. Основы теории вязания / Далидович А.С. – М. : Легкая индустрия, 1970. – 432 с.
6. Кудрявин Л.А. Основы технологии трикотажного производства : учеб. пособие для вузов / Л.А. Кудрявин, И.И. Шалов. – М. : Легпромбытиздат, 1991. – 496 с.
7. Галавська Л.Є. Теоретичні аспекти визначення розтяжності та закручуваності подвійного неповного трикотажу / Л.Є. Галавська // *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. – 2015. – № 2. – С. 107–110.
8. Галавська Л.Є. Дослідження розтяжності та закручуваності подвійного неповного трикотажу / Л.Є. Галавська // *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. – 2015. – № 3. – С. 80–85.
9. Шалов И.И. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР : учеб. для вузов. / Л.А. Кудрявин, И.И. Шалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 288 с.
10. Застанченко О. Ю. Вивчення характеру перерозподілу нитки у трикотажі ластичних переплетень під дією розтягуючих зусиль / О. Ю. Застанченко. Т. В. Єліна, Л. Є. Галавська // *Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій KyivTex&Fashion (31 жовтня 2019 р., м. Київ)*. – Київ : КНУТД, 2019. – С. 207–210.

References

1. Kurbak A. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics / A. Kurbak, O. Ekmen // *Textile Research Journal*. – 2008. – Vol. 78 (3). – P. 198–208.
2. Wadekar P. Geometric modeling of knitted fabrics using helicoids scaffolds / P. Wadekar, P. Goel, Ch. Amanatides, G. Dion, R. D. Kamien, D.E. Breen // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2020. – Vol. 15. – P. 1–15
3. Kyoungme Ch. A study on the Analyses of 3D Scanning of Knit Stitches and Modeling System – Jersey, Rib and Cable Stitches / Ch. Kyoungme, K. Jongiun, S. Nagun // *Journal of Fashion Business*. – 2012. – Vol. 16, № 3. – P. 125–135.
4. Kaldor J.M. Simulating yarn-based cloth. A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 2011, 148 p.
5. Dalidovich A.S. Osnovy teorii vyazaniya / Dalidovich A.S. – M. : Legkaya industriya, 1970. – 432 s.

6. Kudryavin L.A. Osnovy tehnologii trikotazhnogo proizvodstva : ucheb. posobie dlya vuzov / L.A. Kudryavin, I.I. Shalov. – M. : Legprombytizdat, 1991. – 496 s.
7. Halavska L.Ie. Teoretychni aspekty vyznachennia roztiazhnosti ta zakruchuvanosti podviinoho nepovnoho trykotazhu / L.Ie. Halavska // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2015. – № 2. – S. 107–110.
8. Halavska L.Ie. Doslidzhennia roztiazhnosti ta zakruchuvanosti podviinoho nepovnoho trykotazhu / L.Ie. Halavska // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2015. – № 3. – S. 80–85.
9. Shalov I.I. Osnovy proektirovaniya trikotazhnogo proizvodstva s elementami SAPR : ucheb. dlya vuzov. / L.A. Kudryavin, I.I. Shalov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Legprombytizdat, 1989. – 288 s.
10. Zastanchenko O. Yu. Vyvchennia kharakteru pererозpodilu nytky u trykotazhi lastychnykh perepleten pid diieiu roztiahuiuchykh zusyl / O. Yu. Zastanchenko, T. V. Yelina, L. Ye. Halavska // Zbirnyk materialiv III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii tekstylnykh ta feshn tehnolohii KyivTex&Fashion (31 zhovtnia 2019 r., m. Kyiv). – Kyiv : KNUTD, 2019. – S. 207–210.

Надійшла / Paper received: 07.05.2020

Надрукована / Paper Printed : 01.06.2020