

<https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2020.2.8>

УДК 677.075.44.025.3

СЛІНА Т.В., ГАЛАВСЬКА Л.Є., МАНОЙЛЕНКО О.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

СТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОВЕРХНІ ТРИКОТАЖУ ПЕРЕПЛЕТЕННЯ ЛАСТИК 2x2

Мета. Метою даного дослідження є розробка алгоритму побудови моделей поверхні (макромоделей) трикотажу ластичних переплетень, придатних для тривимірного моделювання деформацій розтягу по ширині та прогнозування фізико-механічних характеристик трикотажних полотен та виробів.

Методика. У процесі дослідження використано методи теоретичного аналізу, теорія сплайнів, засоби комп'ютерної графіки, засоби програмування.

Результати. У ході дослідження встановлено, що для моделювання ряду фізико-механічних характеристик трикотажу переплетення ластик, що знаходиться у деформованому стані, доцільно використовувати геометричні моделі, що відтворюють геометрію поверхні трикотажу з високою точністю, але не мають деталізації на рівні волокон та ниток. За необхідності, значення повітропроникності, теплопровідності та пористості для таких моделей можуть бути враховані у вигляді відповідних коефіцієнтів. У той же час для розрахунку коефіцієнтів пористості та повітропроникності можна використовувати як експериментальні дані, так і моделі з більш високою деталізацією структури текстильного матеріалу (мезо-моделі). У ході дослідження сформовано набір геометричних характеристик зразків трикотажу переплетення ластик з рапортом більше 2-х. На плосков'язальному обладнанні 10-го класу вироблено зразки трикотажу переплетення ластик 2x2 з ПАН пряжі лінійної густини 31x2 текс. Зразки підвишувались у затискачах релаксометра типу «стійка» та поетапно навантажувались тягарцями вагою від 20 до 120 г з інтервалом 20 г. За допомогою фотокамери зафіксовано та визначено необхідні для моделювання геометричні характеристики поверхні трикотажу в умовно-рівноважному стані та у 6-ти дискретних станах розтягу. За отриманими даними побудовано параметричні 3D моделі поверхні трикотажу.

Наукова новизна. Розроблено алгоритм побудови моделі поверхні (макромоделі) трикотажу переплетення ластик 2x2 у процесі розтягу у напрямку петельних рядів з урахуванням особливостей ситуативної зміни геометрії нитки всередині рапорту.

Практична значимість. Створено тривимірні параметричні макромоделі трикотажу переплетення ластик 2x2 у середовищі Autodesk Inventor.

Ключові слова: трикотаж ластичних переплетень, деформації розтягу, тривимірне моделювання.

Вступ. Одним з актуальних питань у технології трикотажного виробництва є створення тривимірних моделей структури трикотажу, придатних для використання у системах тривимірного моделювання з метою прогнозування їхньої фізико-механічної поведінки. Відомий досвід створення моделей кулірного трикотажу різноманітних ластичних переплетень в умовно-рівноважному стані. Але у процесі експлуатації трикотажні вироби часто перебувають у деформованому стані, а під дією деформацій ряд фізико-механічних характеристик трикотажу змінюється. Зокрема, змінюються такі фізико-механічні властивості як повітропроникність та теплопровідність. На даний час існують системи опису геометрії розтягу кулірного трикотажу ластичних переплетень з використанням їхніх 2D моделей. Такі системи доречно застосовувати у технологічних розрахунках, але вони не придатні для створення параметричних 3D-моделей, що використовуються у ході прогнозування фізико-механічних властивостей за допомогою сучасних універсальних програмно-аналітичних комплексів таких як ANSYS, Autodesk CFD-simulation, SolidWorks Simulation, та інших.

Постановка завдання. Вивчення питання можливості моделювання властивостей трикотажу переплетення ластик 2×2 , що знаходиться у деформованому стані, пов'язано із дотриманням принципу раціонального використання інформаційних ресурсів [1], адже геометрія моделей таких об'єктів є складною та може створювати надзвичайно високе навантаження на комп'ютерну систему в процесі виконання розрахунку. З метою забезпечення оптимального співвідношення між точністю моделі та економічною доцільністю її використання, запропоновано дослідити можливість застосування макромоделей структури трикотажу ластичних переплетень для опису геометрії трикотажу даного виду у програмно-аналітичних комплексах, придатних для моделювання фізико-механічних процесів. Основою такого дослідження є аналіз існуючих проектних розробок та публікацій, деталізація опису геометрії трикотажу з використанням можливостей сучасних комп'ютерних засобів, розробка алгоритму та створення параметричної моделі трикотажу переплетення ластик 2×2 , придатної для моделювання деформації розтягу по ширині.

Результати досліджень. Впродовж останнього десятиліття все більше уваги приділяється вивченню можливостей використання сучасних програмно-аналітичних комплексів для моделювання фізико-механічної поведінки текстильних матеріалів. Так, у роботі [2] представлено огляд основних напрямків щодо створення та використання тривимірних моделей текстильних матеріалів. У роботі [3] сформульовано основні вимоги до тривимірних моделей структури трикотажу, придатних для моделювання властивостей. Створенню 3D моделей структури трикотажу, у тому числі трикотажу ластичних переплетень, присвячені роботи [3-7]. Однак питання вивчення особливостей зміни геометрії нитки під дією розтягуючих зусиль з метою оцінки фізико-механічної поведінки не розглядалося. Раніше для виконання технологічних розрахунків використовували геометричну модель, описану у роботах [8, 9]. Вплив рапорту трикотажу ластичних переплетень на показники закручуваності та розтяжності розглянуто у роботах [10, 11].

Трикотаж переплетення ластик 2×2 відноситься до неповних подвійних переплетень. Кожна ділянка петельних стовпчиків лицьового шару трикотажу закручується на виворотну сторону, а виворітних – на лицьову [9]. Це призводить до значного збільшення товщини трикотажу. Схематично трикотаж переплетення ластик 2×2 , що знаходиться в умовно-рівноважному стані (у розрізі вздовж лінії петельного ряду) можна представити так, як показано на рис. 1.

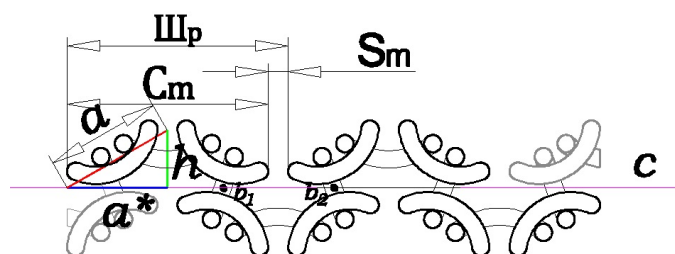


Рис. 1. Переплетення ластик 2×2 в умовно-рівноважному стані

Припустимо, що при поступовому розтязі зразка трикотажу переплетення ластик по ширині, існують дискретні стани розтягу трикотажу T_m , де m – номер стану, що змінюється від

вільного (без навантаження), при якому $m=0$ до початку руйнування зразка, де $m=r$. Кожен стан розтягу T_m характеризується певним значенням прикладеного зусилля, видовженням, шириною, товщиною, конфігурацією нитки в елементах структури трикотажу, а також певним співвідношенням між шириною лицьових та виворітних петельних стовпчиків всередині кожного рапорту у проекції на площину полотна. Якщо позначити ширину рапорту – $Шр_m$, ширину опуклої частини – C_m , а відстань між найближчими точками двох сусідніх опуклих частин – S_m (див. рис.1), можна сказати, що в процесі розтягу по ширині за рахунок розпрямлення опуклих частин спочатку збільшується відстань S_m . Якщо у вільному стані для трикотажу ластик 2x2 з деяких видів сировини відстань S_0 практично дорівнює нулю, тобто $Шр_0 = C_0$, то поступово під дією розтягуючих зусиль зі збільшенням ширини рапорту $Шр$, частка опуклої частини C_m у рапорті зменшується, а частка S_m у рапорті збільшується.

При подальшому розтязі можна визначити таке значення $m=k$, при якому виконується рівність $C_k = S_k$ (рис. 2). У спеціалізованій літературі [12] розрізняють протяжки типу «е», що з'єднують остови петель одного шару трикотажу, та протяжки типу «в», що з'єднують остови різних шарів трикотажу (див. рис. 2). Стан T_k характеризується тим, що протяжки типу «в» повертаються навколо точки перетину з лінією c (точки b_1 та b_2 на рис.2), але перерозподілу нитки в петлях та перетягування нитки в протяжку з остова ще не відбувається. Розпрямлення протяжок типу «е» та перетягування ниток у протяжки з остовів відбувається пізніше. Це характерно для станів T_m , де $m > k$.

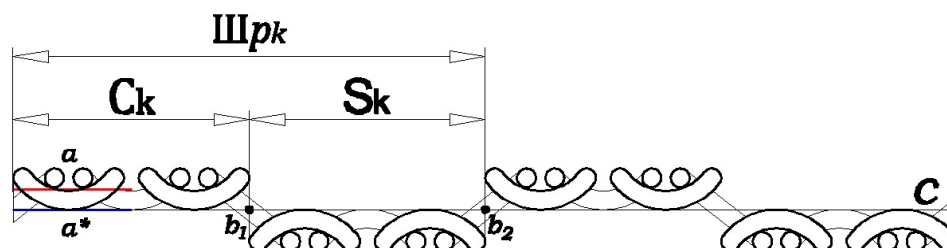


Рис. 2. Ширина рапорту та його складових частин без закручування та без заходу остовів одного шару трикотажу за остови іншого

Враховуючи потужності сучасних комп'ютерів можна зробити висновок, що деталізація поверхонь трикотажних виробів на рівні ниток (та на рівні волокон) може призводити до надмірного навантаження на комп'ютерну систему та є економічно недоцільною. Таке проєктування протирічить принципу раціонального використання інформаційних ресурсів. Тому в контексті вирішення поставленої задачі прийнято припущення про можливість застосування поетапного моделювання з використанням як моделей мезо-рівня (з деталізацією на рівні ниток), так і моделей макро-рівня, що відтворюють геометрію трикотажу у спрощеному вигляді (як просторову оболонку певної товщини). А також про можливість моделювання деформацій розтягу трикотажу ластичних переплетень з використанням моделі саме макро-рівня. У залежності від алгоритмів та мети моделювання фізичних процесів, трикотаж може бути представлений як оболонка певної товщини, що характеризується заданими показниками пористості, пружності, гігроскопічності, теплопровідності, жорсткості, драпірувальності, та ін. У

роботах [2 та 7] такий рівень деталізації вважають макрорівнем у контексті моделювання властивостей текстильних матеріалів. Якщо у моделі [1, стор. 145] враховується структура трикотажу на рівні ниток, то такі моделі називають моделями мезо-рівня. Моделі, що враховують молекулярну або атомну структуру ниток, зазвичай у технології трикотажного виробництва не розглядаються.

У системах моделювання одягу тканина чи трикотаж подаються як текстильні оболонки. Для їх опису використовують математичний апарат, призначений для роботи з поверхнями з різною кривизною. З іншого боку, у моделюванні структури трикотажу, ми зазвичай використовуємо поняття «площини полотна», під якою розуміємо площину, що проходить по центру полотна, викладеного на плоску основу, паралельно площині цієї основи. У контексті опису макромоделі трикотажу переплетення ластик 2x2 пропонується використовувати поняття центральної та серединної поверхонь. Під центральною поверхнею розуміємо поверхню, що проходить через середини протяжок типу «в» (точки b_1 , b_2 на рис. 1 та 2). На рис. 3 центральна поверхня позначена як Π_c . А під серединною пружною поверхнею розуміємо поверхню Π_s (рис. 3), що проходить через точки переплетення усіх остовів та у проєкції на площину, перпендикулярну поверхні Π_c , та паралельну лініям петельних рядів. Дана серединна пружна поверхня утворює періодичну криву лінію, як показано на рис. 3 (б). У загальному випадку обидві поверхні можуть мати кривизну у взаємно перпендикулярних площинах. Але у даному дослідженні ми розглядаємо окремий випадок, який показано на рис. 6, коли центральна поверхня Π_c є площиною, а серединна поверхня має кривизну у площині, паралельній площині XOZ .

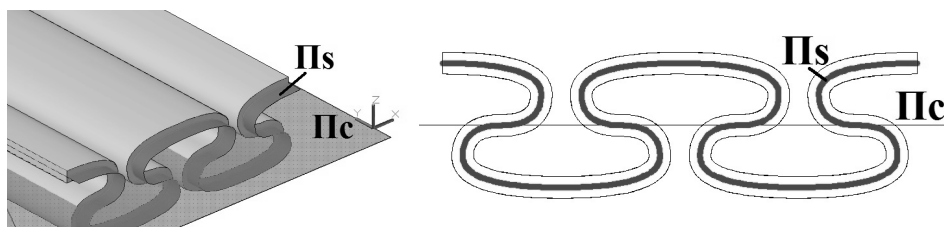


Рис. 3. Модель трикотажу переплетення ластик 2x2 з позначенням центральної (Π_c) та серединної (Π_s) поверхонь

У відповідності до прийнятого раніше припущення, вважаємо, що стан T_k характеризується тим, що так звані ділянки гладі, що у вільному стані утворюють опуклі напівциліндри вздовж лінії петельних стовпчиків, розпрямлюються, але суттєвого перетягування нитки з остовів у протяжки ще не відбувається. Тоді, якщо поділити ширину цієї ділянки S_k на кількість лицьових петельних стовпчиків у рапорті (у нашому випадку це 2), отримаємо значення петельного кроку на цій ділянці A_k . Проведемо відрізок, що проходить через точки переплетення (він завжди буде паралельним лінії петельного ряду). Для стану T_k характерним є те, що ділянки гладі розпрямлені, тому відрізок a буде у даному стані паралельним площині Π_c та розташований на відстані одного розрахункового діаметра нитки від площини Π_c . На рис. 1 та 2 відрізок, що відповідає значенню A_k показано червоним кольором та літерою a .

Якщо зняти зусилля розтягування, петельні стовпчики гладі переходять із положення, показаного на рис. 2, де відрізки a паралельні центральній площині полотна, у положення,

показане на рис. 1, де відрізки, що проходять через точки переплетення кожної петлі, будуть розташовані під кутом до центральної площини. При цьому, вважаємо, що ширина петельного стовпчика не змінюється. Змінюється лише її проєкція на площину полотна. На рис. 1 проєкція відрізка a на площину полотна показана синім кольором та позначена літерою a^* . Тоді можемо записати:

$$a = A_k = \frac{C_k}{2} \quad (1)$$

$$a^* = \frac{C_m}{2} \quad (2)$$

У такому випадку товщина трикотажу розрахункова M_p (мм) з урахуванням прийнятих припущень буде визначена за формулою:

$$h = \sqrt{a^2 - (a^*)^2} \quad (3)$$

$$M_p = 2 * h + 2 * D_p \quad (4)$$

де D_p – розрахунковий діаметр нитки, мм.

Проекцію поверхні P_s на площину, паралельну площині XOZ (рис. 3) може бути описано з використанням математичного апарату кривих Без'є другого порядку, або NURBS. Для одного рапорту необхідно задати 10 управляючих вершин $P_0 - P_8$ (рис. 4).

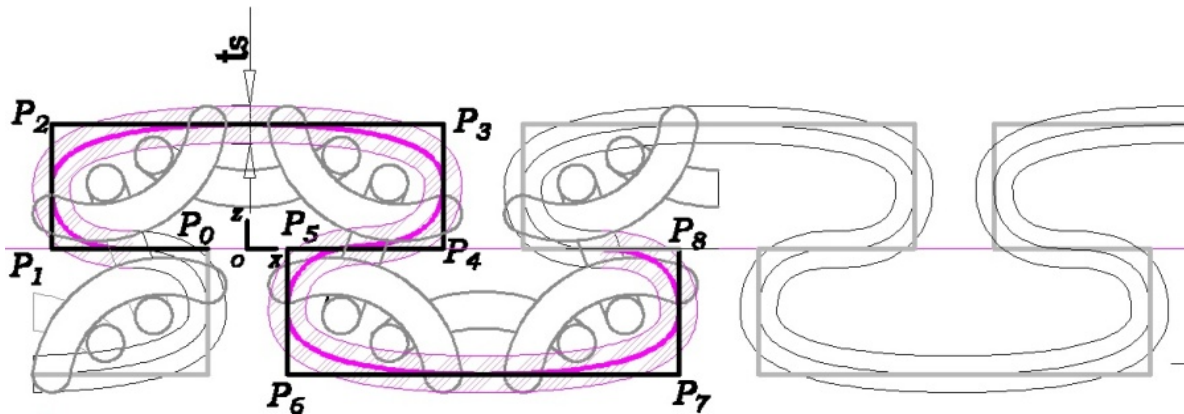


Рис. 4. Побудова сплайна-основи по керівним вершинам

Якщо розмістити систему координат так як показано на рис. 7, то в площині XOZ можемо знайти координати вершин $P_0 - P_8$, використовуючи описані раніше припущення та позначення. Для визначення координат точок, приймаємо, що відстані:

$$|P_2 P_3| = |P_6 P_7| = C_m - D_p \quad (5)$$

$$|P_1 P_2| = |P_3 P_4| = |P_5 P_6| = |P_7 P_8| = h \quad (6)$$

Товщина t_s (див. рис. 4) може бути розрахована таким чином, щоб забезпечити рівність (7):

$$V_s = V_n \quad (7)$$

де V_s – об'єм моделі на ділянці одного рапорту;

V_n – об'єм нитки, що припадає на один рапорт.

Якщо l_n – довжина нитки в одному рапорті, то об'єм цієї нитки можна розрахувати за формулою (8):

$$V_n = \pi \left(\frac{Dp}{2} \right)^2 \cdot l_n \quad (8)$$

Об'єм твердотільної моделі оболонки при цьому буде дорівнювати площі криволінійної трапеції $l_s \cdot t_s$, помноженої на висоту петельного ряду B .

$$V_s = l_s \cdot t_s \cdot B \quad (9)$$

де l_s – довжина сплайну s , що представляє собою проекцію серединної лінії моделі на площину XOZ (дис. Рис. 3).

З виразів (7) та (9) випливає, що

$$t_s = \frac{V_n}{l_s \cdot B} \quad (10)$$

У ході дослідження на плосков'язальному обладнанні 10-го класу вироблено зразки трикотажу переплетення ластик 2x2 з ПАН пряжі лінійної густини 31x2 текс. Зразки підвішувались у затискачах релаксометра типу «стійка» та поетапно навантажувались тягарцями вагою від 20 до 120 г з інтервалом 20 г. Для збору даних кожен етап процесу розтягу зафіксовано на цифрову фотокамеру разом з калібрувальним шаблоном. Процес обробки даних процесу поетапного розтягу наведено на рис. 5.



Рис. 5. Отримання даних для моделювання шляхом обробки фотозображень зразків, зроблених у процесі поетапного збільшення величини розтягуючого зусилля

Для кожного стану також вимірювалась товщина зразка за допомогою товщиноміра без прикладання стискаючого зусилля. Дані, отримані після обробки зразків, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Зміна геометричних характеристик поверхні трикотажу
 переплетення ластик 2x2 у процесі поетапного розтягу по ширині**

Порядк овий номер стану m	Вага тягарців, г	Ширина рапорту, Шр, мм	Ширина опуклої частини рапорту, С _м , мм	Ширина увігнутої частини рапорту, S _м , мм	Товщина трикота жу М, мм	Висота петельн ого ряду В, мм	Довжина сплайну ls, мм	Товщина оболонки ts, мм
0	0	3,13	3,13	0,00	2,80	1,19	10,8	0,15
1	20	3,44	3,44	0,00	2,40	1,17	11,08	0,15
2	40	4,53	3,72	0,82	2,15	1,15	10,8	0,15
3	60	5,72	3,72	2,00	2,08	1,11	9,8	0,18
4	80	6,29	3,65	2,64	1,80	1,09	8,78	0,20
5	100	6,89	3,79	3,10	1,50	1,07	8,48	0,21
6	120	6,92	3,46	3,46	1,35	1,05	8,6	0,21

Встановлено, що процес розтягу можна умовно поділити на три етапи: на першому етапі (Т₀-Т₂) відбувається видовження зразка за рахунок зменшення закручуваності ділянок гладі. На другому етапі (Т₂-Т₆) відбувається взаємне зміщення ділянок гладі, що належать різним шарам трикотажу та продовжується розпрямлення (зменшення закручуваності). Встановлено, що існує такий стан деформації Т_к (початок третього етапу), на якому ширина видимої частини ділянки рапорту, що належить виворітному шару трикотажу дорівнює ширині ділянки лицьового шару. Запропоновано прийняти припущення, що перерозподіл нитки в структурі трикотажу з одного елемента в іншій починається тільки після проходження стану Т_к. Перерозподіл, що відбувається на більш ранніх стадіях розтягу вважатимемо незначним та пропонуємо не враховувати у моделюванні.

За отриманими даними побудовано макромоделі, фрагменти яких представлено на (рис. 5.)

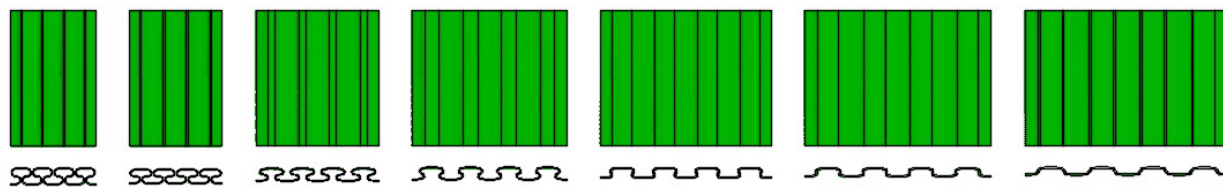


Рис. 6. Зображення макромоделей трикотажу переплетення ластик 2x2 у станах Т₀-Т₆

Побудована модель враховує особливості зміни геометрії поверхні трикотажу в процесі розтягу по ширині. Таким чином, можна говорити про можливість використання макромоделі поверхні переплетення ластик у тих випадках, коли відтворення структури трикотажного полотна і деталізація на рівні ниток та волокон не є необхідною. Це відповідає принципу раціонального використання інформаційних ресурсів та пришвидшує усі види аналітичних розрахунків.

Висновок. У ході роботи досліджено можливість використання тривимірних моделей макро-рівня для представлення трикотажу ластичних переплетень у розрахунково-

аналітичних комплексах, описано геометрію серединної поверхні та алгоритм побудови параметричної моделі. Вихідними даними для такої моделі є геометричні характеристики структури та поверхні трикотажу, отримані експериментальним шляхом. Параметрична модель, побудована у ході дослідження, придатна для використання у системах моделювання фізико-механічних процесів, зокрема, деформації розтягу, теплопереносу та повітропроникності за умови використання експериментальних показників повітропроникності та теплопровідності текстильного матеріалу заданої структури та сировинного складу. Крім того, дана модель може використовуватись як частина дворівневого процесу проєктування, коли модель більш високого рівня деталізації (мезо-модель з деталізацією на рівні ниток, або навіть волокон) використовується для подання мінімального репрезентативного об'єму для виконання попереднього віртуального експерименту, а потім, дані, отримані у результаті такого експерименту, використовуються у якості коефіцієнтів для макромоделі.

Подяка. Робота виконувалась у рамках спільного українсько-литовського науково-дослідного проєкту «Трикотажні матеріали для засобів індивідуального захисту від механічних пошкоджень та дії полум'я (акронім - PERPROKNIT)» за підтримки Міністерства освіти і науки України.

Література

1. Єліна Т.В., Боброва С.Ю., Галавська Л.Є., Дзикович Т.А. Автоматизоване проєктування текстилю: навч. посіб. Київ: Кафедра, 2017. 280 с.
2. Chen X (Eds). (2010). Modelling and predicting textile behavior. Woodhead Publishing Series in Textiles: No 94. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. 536 p.
3. Ausheva N., Halavska L., Yelina T. Geometric representation features of textile yarn in the 3D modeling systems. Scientific Conference [«Unitech-13»], (Gabrovo, Bulgaria, 22-23 November, 2013). Gabrovo, 2013. Iss. 3. P. 199–202.
4. Kurbak A., Ekmen O. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics. Textile Research Journal, 2008. Vol. 78 (3). P. 198-208.
5. Wadekar P., Goel P., Amanatides Ch., Dion G., Kamien R.D., Breen D.E. Geometric modeling of knitted fabrics using helicoids scaffolds. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2020. Vol. 15. P. 1-15
6. Kyoungme Ch., Jongiun K., Nagun S. A study on the Analyses of 3D Scanning of Knit Stitches and Modeling System – Jersey, Rib and Cable Stitches. Journal of Fashion Business, 2012. Vol. 16, №3 pp. 125-135

References

1. Yelina T.V., Bobrova S.Yu, Galavska L.Ye, Dzykovich T.A. [Automated textile design] Avtomatyzovane proektuvannia tekstyliu: navch. posib. Kyiv: Kafedra, 2017. 280 p. [in Ukrainian].
2. Chen X (Eds). (2010). Modelling and predicting textile behavior. Woodhead Publishing Series in Textiles: No 94. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. 536 p.
3. Ausheva N., Halavska L., Yelina T. Geometric representation features of textile yarn in the 3D modeling systems. Scientific Conference [«Unitech-13»], (Gabrovo, Bulgaria, 22-23 November, 2013). Gabrovo, 2013. Iss. 3. P. 199–202. [in English].
4. Kurbak A., Ekmen O. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics. Textile Research Journal, 2008. Vol. 78 (3). P. 198-208. [in English].
5. Wadekar P., Goel P., Amanatides Ch., Dion G., Kamien R.D., Breen D.E. Geometric modeling of knitted fabrics using helicoids scaffolds. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2020. Vol. 15. P. 1-15. [in English].
6. Kyoungme Ch., Jongiun K., Nagun S. A study on the Analyses of 3D Scanning of Knit Stitches and Modeling System – Jersey, Rib and Cable Stitches. Journal of Fashion Business, 2012. Vol. 16, №3 pp. 125-135. [in English].
7. 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

7. 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, 148p.
8. Далидович А.С. Основы теории вязания. М.: Легкая индустрия, 1970. 432 с.
9. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства: Учеб. пособие для вузов. М.: Легпромбытиздат, 1991. 496 с.
10. Галавська Л.Є. Теоретичні аспекти визначення розтяжності та закручуваності подвійного неповного трикотажу. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015. №2. С. 107-110.
11. Галавська Л.Є. Дослідження розтяжності та закручуваності подвійного неповного трикотажу. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015. №3. С. 80-85.
12. Шалов И.И., Кудрявин Л.А. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР: Учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Легпромбытиздат, 1989. 288 с.

Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 2011, 148p. [in English].
8. Dalidovich A.S. [Knitting theory basics] Osnovy teorii vyazaniya. M.: Legkaya industriya, 1970. 432 p. [in Russian].
9. Kudryavin L.A., Shalov I.I. . [Fundamentals of knitting technology] Osnovy tekhnologii trikotazhnogo proizvodstva: Ucheb. posobie dlya vuzov. M.: Legprombytizdat, 1991. 496 p [in Russian].
10. Galavska L.Ye. [Theoretical aspects of extensibility and curling definition of incomplete double knittings]. Teoretychni aspekty vyznachennia roztiazhnosti ta zakruchuvanosti podviinoho nepovnoho trykotazhu. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky, 2015. №2. P. 107-110. [in Ukrainian].
11. Galavska L.Ye. [Research of extensibility and curling of incomplete double knittings] Doslidzhennia roztiazhnosti ta zakruchuvanosti podviinoho nepovnoho trykotazhu. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky, 2015. №3. P. 80-85. [in Ukrainian].
12. Shalov I.I., Kudryavin L.A. [Basics of designing knitwear production with CAD elements] Osnovy proektirovaniya trikotazhnogo proizvodstva s elementami SAPR: Ucheb. dlya vuzov. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Legprombytizdat, 1989. 288 p. [in Russian].

YELINA T. V.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9310-0582>

Scopus Author ID: 57203861122

Department of Textile Technology and Design,
Kyiv National University of Technologies and
Design,
Ukraine

HALAVSKA L. Ye.

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

Scopus Author ID: 57191413261

Department of Textile Technology and Design,
Kyiv National University of Technologies and Design,
Ukraine

MANOILENKO O. P.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5670-4977>

Department of Applied Mechanics and Machines,
Kyiv National University of Technologies and Design,
Ukraine

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ ТРИКОТАЖА ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ЛАСТИК 2X2

ЕЛИНА Т. В., ГАЛАВСКАЯ Л. Е., МАННОЙЛЕНКО А. П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Целью данного исследования является разработка алгоритма построения моделей поверхности (макромоделей) трикотажных ластичных переплетений, для трехмерного моделирования деформаций растяжения по ширине и прогнозирования физико-механических характеристик трикотажных полотен и изделий.

Методика. В процессе исследования использованы методы теоретического анализа, теория сплайнов, средства компьютерной графики, средства программирования.

Результаты. В ходе исследования установлено, что для моделирования ряда физико-механических характеристик трикотажного переплетения ластик, находящегося в деформированном

состоянии, целесообразно использовать геометрические модели, которые воспроизводят геометрию поверхности трикотажа с высокой точностью, но не имеют детализации на уровне волокон и нитей. При необходимости значение воздухопроницаемости, теплопроводности и пористости для таких моделей могут быть учтены в виде соответствующих коэффициентов. В то же время для расчета коэффициентов пористости и воздухопроницаемости можно использовать как экспериментальные данные, так и модели с более высокой детализацией структуры текстильного материала (мезо-модели). В ходе исследования сформирован набор геометрических характеристик образцов трикотажа переплетения ластик с рапортом больше 2-х. На плосковязальном оборудовании 10-го класса изготовлены образцы трикотажа переплетения ластик 2x2 из ПАН пряжи линейной плотности 31x2 текс. Образцы подвешивались в зажимах релаксметра типа «стойка» и поэтапно нагружались грузиками весом от 20 до 120 г с интервалом 20 г. С помощью фотокамеры зафиксированы и определены необходимые для моделирования геометрические характеристики поверхности трикотажа в условно-равновесном состоянии и в 6-ти дискретных состояниях растяжения. По полученным данным построены параметрические 3D-модели поверхности трикотажа.

Научная новизна. Разработан алгоритм построения моделей поверхности (макромоделей) трикотажа переплетения ластик 2x2 в процессе растяжения в направлении петельных рядов с учетом особенностей ситуативного изменения геометрии нити внутри рапорта.

Практическая значимость. Созданы трехмерные параметрические макромоделли трикотажа переплетения ластик 2x2 в среде Autodesk Inventor.

Ключевые слова: трикотаж ластичных переплетений, деформации растяжения, трехмерное моделирование.

DEVELOPMENT OF A PARAMETRIC SURFACE MODEL OF RIB 2X2 KNITS

YELINA T. V., HALAVSKA L. Ye, MANOILENKO O. P.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. This study aims to develop an algorithm for constructing surface models (macro-models) of rib knitted structures, for three-dimensional modeling of tensile deformations in coursewise direction and predicting the physical and mechanical characteristics of knitted fabrics and products.

Methodology. During the research, methods of theoretical analysis, spline theory, computer graphics, programming tools have been used.

Findings. As a result of the research, it was found that for modeling of some physical and mechanical characteristics of knitted rib structures in a deformed state, it is advisable to use geometric models that reproduce the geometry of the knitted fabric surface with high accuracy, but do not have detailed structure at the level of fibers and threads. If necessary, the values of air permeability, thermal conductivity and others porosity for such models can be taken into account under the form of appropriate indexes. At the same time, to calculate the coefficients of porosity and air permeability, one can use both experimental data and 3D models with a higher detailed structure of the textile material (meso-model). In the course of research a set of geometrical characteristics of samples of rib knits patterns is formed. Samples of 2x2 rib knits of PAN yarn of 31x2 tex have been made with a flat bed knitting machine of 10th gauge. The samples were suspended in the clamps of the relaxometer type "rack" and loaded with weights weighing from 20 to 120 g with an interval of 20 g. By means of the camera, the geometrical characteristics of the knitted surface in dry-relaxed state and in 6 discrete tensile states were recorded and determined. According to the obtained data, parametric 3D models of the knitted surface were built.

Scientific novelty. An algorithm for constructing a macromodel of knitted rib 2x2 structure in the process of stretching in the coursewise direction, taking into account the peculiarities of the situational change in the geometry of the thread within the report has been developed.

Practical value. Three-dimensional parametric models of knitted surface (macro-models) of knitted 2x2 rib structures in the Autodesk Inventor environment have been created.

Keywords: knitted rib structures, tensile deformation, three-dimensional modeling.