

УДК 677.025

Т. В. ЄЛІНА

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ ТРИВИМІРНОЇ  
ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ПЕТЛІ КУЛІРНОГО ТРИКОТАЖУ  
ЇЇ РЕАЛЬНІЙ БУДОВІ**

*У статті розглянуто результати дослідження структури кулірного трикотажу переплетення гладь на основі порівняльного аналізу реальних зразків трикотажу та віртуальних моделей його структури. Описано характер зміни кута нахилу дотичної до осьової лінії нитки у точці переплетення від лінійного модуля петлі.*

**Ключові слова:** кулірний трикотаж, параметри структури трикотажу, віртуальна модель, тривимірна геометрична модель, геометрія осьової лінії нитки.

Головна мета створення тривимірних геометричних моделей об'єктів матеріального світу полягає у подальшому їх використанні у віртуальних експериментах, за допомогою яких поповнюються та розширюються знання людини про властивості реального об'єкту – прототипу. Існує багато ситуацій, коли замість реального об'єкту проводяться експерименти із його віртуальними моделями. До таких випадків відносяться небезпека реального експерименту, його коштовність, неможливість проведення, неможливість спостереження за реальним об'єктом, довготривалість, або, навпаки, швидкоплинність. Використання комп'ютерних моделей структури трикотажу стане у нагоді в умовах дослідження структур з надтонких ниток, в умовах відсутності необхідного в'язального або лабораторного обладнання для здійснення експерименту в матеріалі, у навчальному процесі та у багатьох інших ситуаціях. Сучасні програмні засоби, такі як, наприклад Ansys, Abaqus, 3DPTComposit дозволяють розраховувати та аналізувати фізичні, механічні та експлуатаційні властивості матеріалів [1].

**Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктом дослідження є структура трикотажу переплетення гладь та процес її віртуального моделювання. У роботі використані традиційні методи дослідження технологічних параметрів структури трикотажу та методи математичного моделювання.

**Постановка завдання**

Процес моделювання тісно пов'язаний із процесом проектування. Зазвичай спочатку розробники проектують систему, потім випробовують її, потім корегують, і знов випробовують. Розробник системи на базі наявної технічної інформації створює математичну модель та висуває гіпотезу щодо її поведінки у заданих умовах. Проведення комп'ютерного експерименту або підтверджує гіпотезу, або спростовує її. Якщо модель не відповідає вимогам розробника, виникає необхідність у перегляді теоретичних основ та корегуванні моделі. Далі процес може циклічно повторюватись із поступовим удосконаленням моделі до тих пір, доки точність відображення суттєвих характеристик об'єкту у моделі не буде задовільною.

Метою даного експерименту є перевірка теоретичних розробок та підтвердження адекватності тривимірної геометричної моделі структури трикотажу переплетення гладь. Експеримент складається з двох основних частин: проведення експерименту в матеріалі та проведення комп'ютерного експерименту. На двоциліндровому панчішному автоматі АН-2 10-го класу нами вироблено зразки трикотажу переплетення гладь з сировини різного волокнистого складу та при різних рівнях глибини

кулірування. Для експерименту були обрані види сировини, лінійні густини яких близькі за значеннями, а механічні властивості, такі як жорсткість на згин та статичний кут тертя суттєво відрізняються. У ході реалізації експерименту змінювали глибину кулірування на 5-ти рівнях шляхом повороту регулювального гвинта щоразу на 0,75 оберту. Після в'язання зразки трикотажу були приведені в умовно-рівноважний стан у відповідності до ДЕСТ 8846-87.

Зразки досліджувались за такими параметрами як довжина нитки в петлі  $L$ , мм; кількість петельних рядів в 100мм трикотажу  $Np$ ; кількість петельних стовпчиків в 100мм трикотажу  $Nc$ . Довжина нитки в петлі є досить важливою технологічною характеристикою петлі та загалом структури трикотажу. На неї впливає цілий ряд факторів, наприклад, щільність в'язання (зі збільшенням глибини кулірування довжина нитки у петлі збільшується і навпаки), лінійна густина пряжі чи нитки, обробка полотна.

Таблиця 1. Заправні дані досліджуваних зразків трикотажних полотен

№ зразка	Вид сировини та лінійна густина	
1	Бавовняна пряжа	30x2 текс
2	Віскозна нитка	28x2 текс
3	Напіввовняна пряжа	31x2 текс
4	Вовняна пряжа	31x2 текс

Крім того, з використанням електронного мікроскопу за макрофотографіями зразків також досліджено геометричні характеристики розташування нитки в петлі трикотажу.

На рис. 1 показано визначення кута нахилу дотичної у точці переплетення за фотографією зразка 1.1, виробленого з бавовняної пряжі 30x2 текс при першому рівні глибини кулірування.

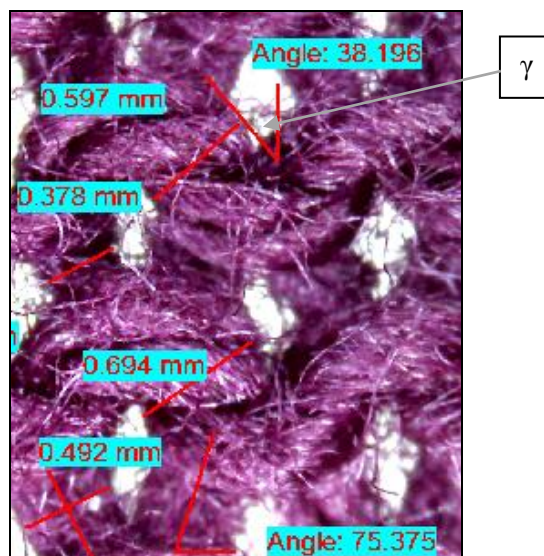


Рис. 1. Визначення геометричних характеристик петлі гладі за макрофотографією зразка трикотажу (авторська розробка)


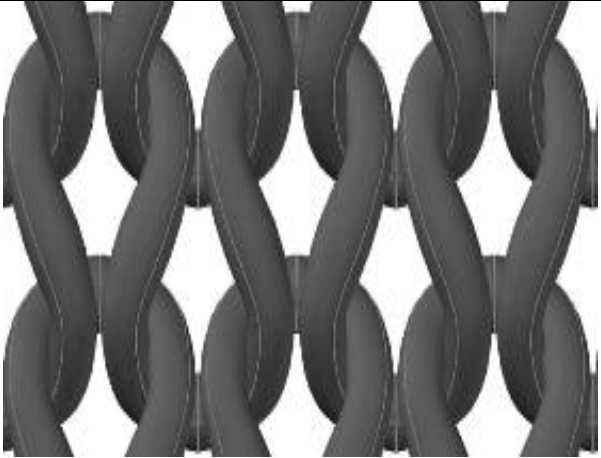
Для створення віртуальних зразків трикотажу нами розроблено алгоритм та комп'ютерну програму «Структура-3D», за допомогою якої згенеровані тривимірні комп'ютерні моделі зразків трикотажу переплетення гладь у відповідності до заправних даних, представлених у таблиці 1, для кожного рівня глибини кулірування.

Перша група віртуальних моделей побудована на підставі наступного набору вихідних даних:

- лінійна густина пряжи або нитки, текс;
- густина речовини пряжи, г/см<sup>3</sup>;
- об'ємна маса пряжи, г/см<sup>3</sup>;
- кут нахилу дотичної у точці переплетення, °;
- товщина трикотажу, мм; б) висота петельного ряду, мм;
- петельний крок, мм.

Параметри 5–7 визначено експериментальним шляхом для кожного із реальних зразків. Параметр 4 підібрано таким чином, аби за умови ідентичності параметрів 4–7 у віртуальних моделях та у реальних зразках, довжина сплайну, що представляє у віртуальній моделі осьову лінію нитки, дорівнювала довжині нитки в петлі відповідного реального зразка.

Таблиця 2. **Зображення реального та віртуального зразків трикотажу** (авторська розробка)

Напіввовняна пряжа 31х2 текс		
№	макрофотографія зразка трикотажу	згенероване зображення віртуального зразка
3.1		

У табл. 2 співставлені фотографічне зображення реального зразка трикотажу переплетення гладь, виробленого з напіввовняної пряжі лінійної густини 31х2 текс при першій глибині кулірування, з віртуальним.

#### **Результати та їх обговорення**

Віртуальна модель петлі ідеалізована з точки зору рівномірності нитки або пряжі як текстильного матеріалу за товщиною та анізотропією фізико-механічних характеристик по довжині. Реальні значення таких характеристик структури як петельний крок, висота петельного ряду, телескопічний захід, кут нахилу петельної палички у площині полотна, кут нахилу дотичної у точці переплетення у кожному окремо взятому елементі (петлі), що повторюється в структурі трикотажу

переплетення гладь, відрізняються, але їх середні значення у полотні залишаються незмінними при сталих параметрах в'язання.

Результати експериментальних досліджень параметрів структури трикотажу, одержаних у ході аналізу реальних та віртуальних зразків трикотажу, наведені у табл. 3,

де:  $L_p$  – довжина нитки в петлі реального зразка трикотажу, мм;

$L_v$  – довжина сплайну, який представляє собою осьову лінію віртуальної моделі нитки, зігнутої в петлю;

$m_1$  – лінійний модуль петлі для даного зразка;

$\gamma$  – кут нахилу дотичної у точці переплетення.

Таблиця 3. Геометричні параметри віртуальних та реальних зразків (авторська розробка)

№ зразка	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	Бавовняна пряжа					Віскозна нитка					Напіввовняна пряжа					Вовняна пряжа				
$L_p$ , мм	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2
$L_v$ , мм	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2
$\gamma$ , °	38	33	32	24	19	16	12	9	5	2	45	40	35	30	25	37	35	18	16	6
$m_1$	20	21	23	24	26	24	26	28	30	33	20	22	24	25	27	22	24	26	28	30

У результаті проведеного експерименту з'ясовано, що для бавовняної пряжі зі збільшенням лінійного модуля петлі від 20 до 26 кут нахилу дотичної у точці переплетення зменшується від 38° до 19°, для віскозної нитки збільшення лінійного модуля петлі від 24 до 33 супроводжується зменшенням кута нахилу дотичної у точці переплетення від 16° до 2°, для напіввовняної пряжі при зміні лінійного модуля від 20 до 27 кут нахилу дотичної у точці переплетення змінюється від 45° до 25°, а для зразків з вовняної пряжі модуль петлі збільшується від 22 до 30, тоді як кут нахилу дотичної у точці переплетення зменшується від 37° до 6°. Практично для всіх зразків, вироблених у рамках експерименту, характерне зменшення кута нахилу дотичної у точці переплетення зі збільшенням модуля петлі.

Другу групу віртуальних зразків побудовано із застосуванням алгоритму визначення параметрів структури трикотажу, розробленого на основі апарату теорії гнучких пружних стержнів [2,3]. У якості вихідних даних, у даному випадку, використано:

- лінійну густину пряжі або нитки, текс;
- густину речовини пряжі, г/см<sup>3</sup>;
- об'ємну масу пряжі, г/см<sup>3</sup>;
- статичний кут тертя, ° (з таблиці 3);
- довжину нитки в петлі, мм (з таблиці 3);
- жорсткість нитки на згин сНмм<sup>2</sup>;
- коефіцієнт розподілу нитки  $k_r$ .

Отримані дані зведені у табл. 4, де  $Ap$  – петельний крок реального зразка трикотажу, визначений експериментальним шляхом;  $Av$  – петельний крок віртуальної моделі, мм;  $Vp$  – висота петельного ряду реального зразка трикотажу;  $Vv$  – висота петельного ряду моделі петлі; Відх. – відсоток відхилення значення параметра, одержаного за віртуальною моделлю, від реального зразка трикотажу.

Таблиця 4. Параметри структури віртуальних та реальних зразків (авторська розробка)

№ зразка	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	Бавовняна пряжа					Віскозна нитка					Напіввовняна пряжа					Вовняна пряжа				
Ар, мм	1,26	1,37	1,45	1,54	1,64	1,25	1,43	1,54	1,67	1,77	1,39	1,53	1,62	1,67	1,79	1,36	1,59	1,67	1,81	1,96
Ав, мм	1,27	1,35	1,41	1,53	1,67	1,25	1,41	1,53	1,63	1,75	1,37	1,55	1,59	1,63	1,76	1,37	1,56	1,67	1,82	1,91
Відх., %	0,79	1,46	2,76	1,83	0,65	0,00	1,40	0,65	2,40	1,13	1,46	1,30	1,85	2,39	2,38	0,74	1,89	0,00	0,55	2,55
Вр, мм	1,11	1,24	1,42	1,57	1,67	1,16	1,27	1,43	1,53	1,67	1,06	1,25	1,36	1,41	1,58	1,08	1,25	1,29	1,42	1,49
Вв, мм	1,12	1,22	1,46	1,55	1,67	1,18	1,26	1,41	1,51	1,67	1,09	1,22	1,33	1,4	1,57	1,09	1,23	1,31	1,42	1,51
Відх., %	0,90	1,61	2,81	1,27	0,00	1,72	0,79	1,40	1,30	0,00	2,83	2,40	2,36	0,71	0,63	0,93	1,60	1,47	0,00	1,34

За даними експерименту, відхилення параметрів віртуальних моделей зразків трикотажу від технологічних параметрів реальних зразків не перевищують 3%, що підтверджує достатню точність моделей, та можливість брати за основу для тривимірного геометричного моделювання структури трикотажу алгоритм розрахунку, побудований із використанням нелінійної теорії пружності.

#### **Висновки**

На підставі одержаних результатів експериментальних досліджень можна зробити висновок про відповідність основних геометричних та технологічних параметрів побудованих віртуальних зразків параметрам, які характерні для їх реальних прототипів, та адекватність розробленої моделі петлі.

#### Список використаної літератури

1. Баранов А.Ю., Якуничева Е.Н. Трёхмерная математическая модель трикотажной петли с учётом деформации пряжи для проведения численных экспериментов. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, – № 1С (300), – С. 113 – 116.
2. Труевцев А.В. Прикладная механика трикотажа: учебное пособие. С-Пб.: СПГУТД, 2001 – 97 с.
3. Попов Е.П. Теория и расчёт гибких упругих стержней. – М.: Наука, 1986. – 286 с.

Стаття надійшла до редакції 09.10.2012

#### **Исследование соответствия разработанной трёхмерной геометрической модели петли кулирного трикотажа её реальному строению**

Елина Т.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье рассмотрены результаты исследования структуры трикотажа переплетения гладь на основе сравнительного анализа реальных образцов трикотажа и виртуальных моделей его структуры.

---

Описан характер изменения угла наклона касательной к осевой линии нити в точке переплетения от линейного модуля петли.

**Ключевые слова:** кулирный трикотаж, параметры структуры трикотажа, виртуальная модель, трёхмерная геометрическая модель, геометрия осевой линии нити.

**Research of compliance of the developed three-dimensional geometrical model of a loop of weft-knitted jersey to its real configuration**

Ielina T.

*Kyiv national university of technologies and design*

In the article the results of research of structure of the knitted interlacing fabric are considered smooth surface on the basis of analysis of real samples of the knitted fabric and virtual models of his structure. Character of change of angle of slope of tangent to the axial line filament is described in the point of interlacing from the linear module of loop.

**Keywords:** weft-knitted fabric, parameters of structure of the knitted fabric, virtual model, three-dimensional geometrical model, geometry of axial line of filament.