

УДК 677.25:004.925.8

ГАЛАВСЬКА Л.Є., ЄЛІНА Т.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТРИВИМІРНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПЕТЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ТРИКОТАЖУ У ВІРТУАЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАХ

**Мета.** Верифікація розроблених тривимірних геометричних моделей інтегрованого трикотажу гладкого платированого переплетення для підтвердження їх адекватності та можливості використання для прогнозування параметрів структури та властивостей трикотажу.

**Методика.** Використана авторська методика комп'ютерного тривимірного геометричного моделювання структури трикотажу та загальновідомий метод дослідження характеристик структури трикотажу з використанням електронного мікроскопа (*usb digital microscope MM-2288-5X-S*).

**Результати.** У ході проведених експериментальних досліджень встановлено характеристики структури трикотажу віртуальних моделей, одержаних шляхом тривимірного геометричного моделювання та реальних зразків трикотажу гладкого платированого переплетення, вироблених на в'язальному обладнанні з різним поєднанням видів сировини для формування гідрофільного та гідрофобного шарів. Виявлено адекватність розроблених моделей та відповідність теоретичної бази тривимірного моделювання заданому рівню точності та можливість її використання в універсальних програмно-аналітичних комплексах, які дозволяють на основі загальних законів фізики та термодинаміки розраховувати властивості об'єктів ще на стадії їх технологічного проектування.

**Наукова новизна.** Розроблено віртуальні тривимірні геометричні моделі структури кулірного трикотажу платированого переплетення, які адекватно описують структуру реального об'єкту.

**Практична значимість.** Рівень точності одержаних тривимірних геометричних моделей структури трикотажу дозволяє їх використання для прогнозування параметрів структури та властивостей.

**Ключові слова:** тривимірна геометрична модель структури трикотажу, віртуальна модель, інтегрований трикотаж, прогнозування властивостей трикотажу.

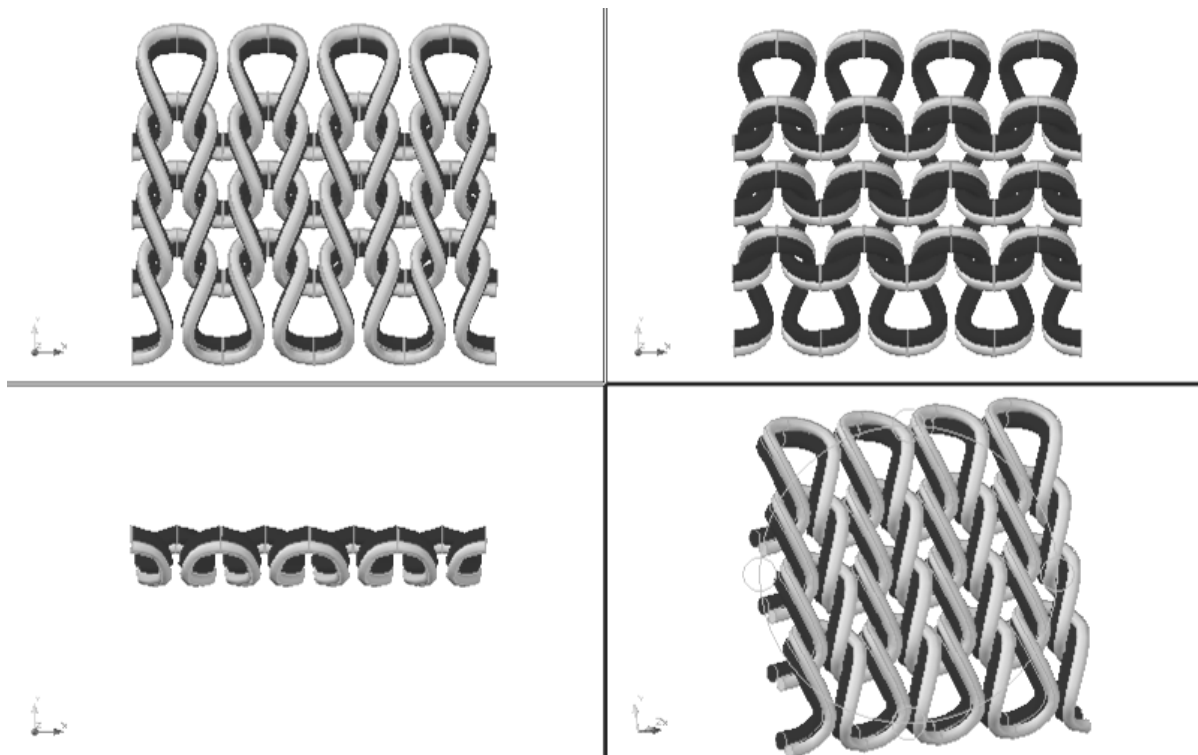
**Вступ.** Використання комп'ютерних моделей структури трикотажу стане у нагоді за умови відсутності необхідного в'язального або лабораторного обладнання для здійснення експерименту в матеріалі, для відтворення поверхні трикотажу у ході розробки дизайну трикотажу, а також у навчальному процесі та у багатьох інших ситуаціях. На основі адекватних тривимірних моделей структури трикотажу технолог має можливість прогнозувати його параметри та споживчі властивості ще до моменту вироблення на в'язальному обладнанні. Сучасні програмно-аналітичні комплекси, такі як, наприклад Ansys, Abaqus, 3DPTComposit, Solidworks та Autodesk Simulation за умови наявності комп'ютерної моделі об'єкту дозволяють розраховувати та аналізувати його фізичні, механічні та експлуатаційні властивості.

**Постановка завдання.** Основна мета створення тривимірних геометричних моделей структури трикотажу полягає у подальшому їх використанні у віртуальних експериментах, за допомогою яких з'являється можливість поповнити та розширити знання про властивості реального об'єкту – прототипу. У виробничих умовах наявність комп'ютерних 3D моделей структури трикотажу дозволяє заощадити людські та сировинні ресурси на етапі розробки та впровадження у виробництво трикотажу з заданими параметрами структури та споживними властивостями.

Що стосується навчального процесу, то серед профілюючих дисциплін, передбачених програмою підготовки фахівців за спеціальністю «Технології та дизайн трикотажу», є багато таких, що включають теми та розділи, де для засвоєння матеріалу велике значення має здатність студентів створювати уявні образи предметів, відштовхуючись від умовних позначень та схематичних зображень. До таких предметів можна віднести розташування елементів структури трикотажу у рапорті того чи іншого головного, похідного, візерункового, комбінованого кулірного чи основов'язаного переплетення; візерунчасті ефекти, що утворюються у трикотажі та ін. Часто, студент, опанувавши теоретичний матеріал, має не достатньо повне уявлення про особливості структуроутворення трикотажу, переплетення ниток у трикотажній структурі, що певним чином відображається на якості його знань. Використання тривимірних геометричних моделей у викладанні дисциплін з технології трикотажного виробництва дає змогу показати складні технічні об'єкти у вигляді, найбільш зручному для студентів, представити інформацію у зручній для сприйняття формі та є одним з найбільш сучасних та ефективних шляхів підвищення якості набутих знань.

**Результати та їх обговорення.** На засадах теоретичного підґрунтя [1] розроблено спеціальні алгоритми та комп'ютерну програму «Структура-3D» [2], що дозволяє створювати комп'ютерні тривимірні геометричні моделі кулірного трикотажу гладкого платированого, плюшевого, футерованого переплетень. Програма написана на мові програмування AutoLisp [3, 4] і може бути використана при роботі в середовищі AutoCAD 2008 та у більш нових версіях AutoCAD. Запуск програми відбувається з документу AutoCAD через меню «Инструменты» > «Загрузить приложение». Далі необхідно знайти директорію, де міститься файл СТРУКТУРА-3D.lst і запустити програму. Запити до користувача, а також введення вихідних даних відбувається через командний рядок. У програмі передбачено можливість побудови моделі структури трикотажу на основі відомих параметрів структури трикотажу чи виходячи з заправної довжини нитки в петлі.

На рис. 1 представлено створену за допомогою програми «Структура 3D» комп'ютерну геометричну модель кулірного трикотажу платированого переплетення.



**Рис. 1.** Тривимірна геометрична модель структури інтегрованого кулірного трикотажу гладкого платированого переплетення

Вихідними даними для створення віртуальної моделі є: параметри структури, лінійна густина нитки, жорсткість нитки на згин, отримана експериментальним шляхом, кут тертя та вид сировини нитки. У ході розрахунку з урахуванням сил міжниткової взаємодії за наведеною вище методикою розраховуються технологічні параметри. Далі визначаються координати опорних точок сплайна та будується осьова лінія віртуальної нитки, на якій в характерних точках цілочисельних значень параметра автоматично знаходиться напрямок дотичної та головної нормалі. У нормальній площині будується пласка фігура, що відтворює контур поперечного перерізу в даній точці. Після відтворення контурів перерізів, програма будує тверде тіло «за перерізами» [1]. Після побудови тривимірної моделі, вона може бути відредагована засобами програми AutoCAD. Крім того, за допомогою інструментів AutoCAD можна визначити її масо-інерційні характеристики, отримати розрізи та перерізи, обертати у просторі, та отримувати зображення у різних проекціях.


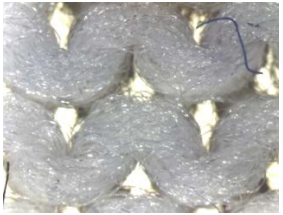
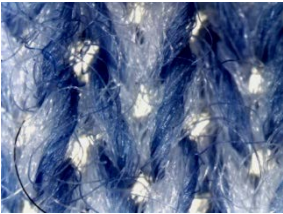
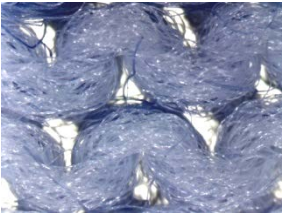
З метою перевірки відповідності тривимірних геометричних моделей реальним об'єктам та їх рекомендації щодо подальшого використання для прогнозування параметрів структури та властивостей трикотажу попередньо на в'язальному обладнанні вироблені зразки інтегрованого трикотажу вищезазначеного переплетення при 5-ти рівнях заправної довжини нитки в петлі ( $5,1 \div 7,1$  мм з кроком 0,5мм) та різному поєднанні видів гідрофільної та гідрофобної сировини. Заправні дані наведені у табл. 1.

**Таблиця 1.** Види заправок інтегрованого трикотажу гладкого платированого переплетення

№ зразка	Вид сировини	Лінійна густина
1	грунтова нитка – поліефірна нитка (ПЕ) платировочна нитка – бавовняна пряжа	16,7 текс×2 30 текс
2	грунтова нитка – ПЕ нитка платировочна нитка – вовняна пряжа	16,7 текс×2 31 текс
3	грунтова нитка – ПЕ нитка платировочна нитка – віскозна комплексна багатофіламентна нитка	16,7 текс×2 33,2 текс
4	грунтова нитка – поліпропіленова нитка (ПП) платировочна нитка – бавовняна пряжа	16,7 текс×2 30 текс
5	грунтова нитка – ПП нитка платировочна нитка – вовняна пряжа	33,4 текс 31 текс
6	грунтова нитка – ПП нитка платировочна нитка – віскозна комплексна багатофіламентна нитка	33,4 текс 33,2 текс

У табл. 2 наведено макрофотографії лицьової та виворітної сторін інтегрованого трикотажу гладкого платированого переплетення при довжині нитки в петлі 6,1мм. Усі дослідні зразки трикотажу попередньо приведено в умовно-рівноважний стан шляхом прання.

**Таблиця 2.** Макрофотографії зразків трикотажу гладкого платированого переплетення

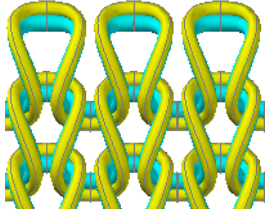
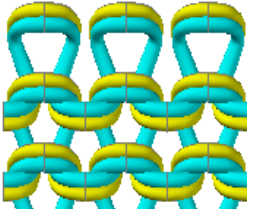
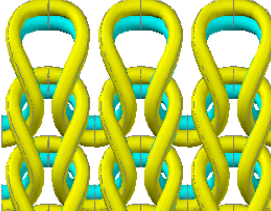
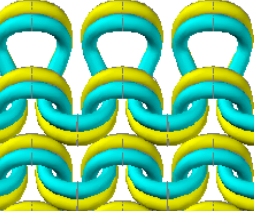
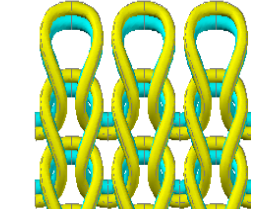
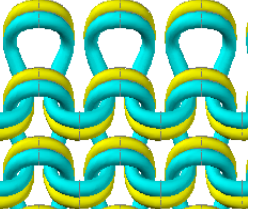
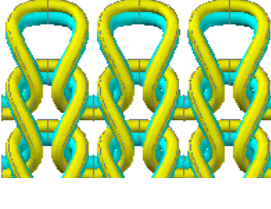
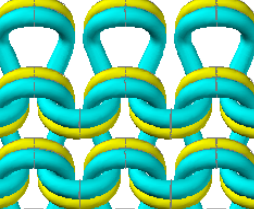
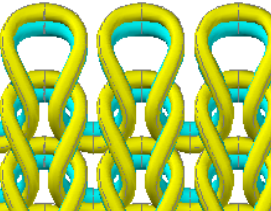
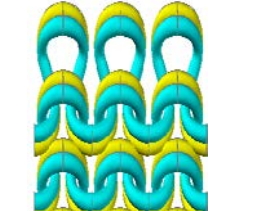
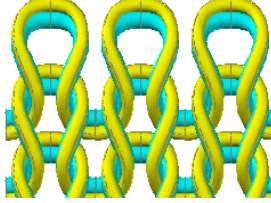
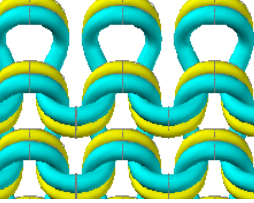
Номер зразка	Макрофотографія	
	лицьової сторони	виворітної сторони
1.3		
2.3		

Продовження табл. 2

3.3		
4.3		
5.3		
6.3		

За заправними даними реальних зразків, вироблених на в'язальному обладнанні, побудовані комп'ютерні тривимірні геометричні моделі інтегрованого кулірного трикотажу гладкого платированого переплетення. У табл. 3 представлено моделі, побудовані при середньому рівні заправної довжини нитки в петлі. У якості вихідних даних при побудові комп'ютерних тривимірних геометричних моделей структури трикотажу використано значення щільності та товщини трикотажу відповідних експериментальних зразків. На основі цих даних теоретично розраховано координати характерних точок сплайна та координати опорних точок, що визначають характер кривизни на кожній з характерних ділянок. У ході одержання комп'ютерних геометричних моделей встановлено емпіричні значення кута нахилу дотичної у точці переплетення у відповідності до структури інтегрованого трикотажу, його заправних даних (виду сировини гідрофільного та гідрофобного шарів) та модуля петлі. Величину кута підібрано таким чином, аби за умови ідентичності параметрів структури у віртуальних моделях та у реальних зразках, довжина сплайна, що представляє у віртуальній моделі осьову лінію нитки, відповідала з похибкою  $\pm 5\%$  довжині нитки в петлі відповідного реального зразка. У результаті сформовано базу даних рекомендованих значень кута нахилу дотичної у точці переплетення для розглянутих зразків трикотажу.

**Таблиця 3.** Комп'ютерні моделі петельної структури інтегрованого кулірного трикотажу платированого переплетення

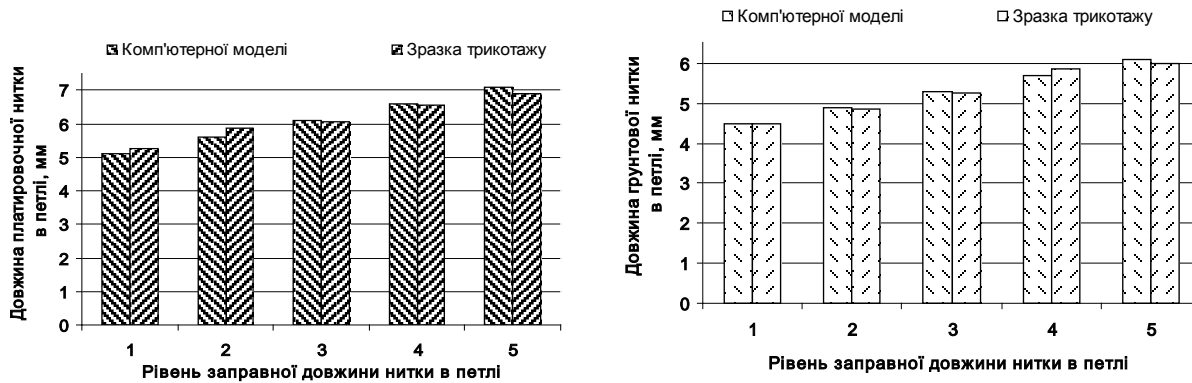
№ зразка	Лицьова сторона	Виворітна сторона
1.3		
2.3		
3.3		
4.3		
5.3		
6.3		

З метою верифікації розроблених тривимірних геометричних моделей структури інтегрованого кулірного трикотажу вищезазначених переплетень проведено експеримент, у ході якого визначено параметри структури віртуальних (комп'ютерних 3D моделей) та реальних зразків інтегрованого трикотажу гладкого платированого переплетення. Результати досліджень занесені у табл. 4.

Таблиця 4. Параметри структури трикотажу тривимірних моделей та експериментальних зразків інтегрованого кулірного трикотажу платированого переплетення

Номер зразка	Довжина нитки в петлі, мм	Петельний крок А, мм	Висота петельного ряду В, мм	Товщина комп'ютерної моделі трикотажу, мм	Кут нахилу доличної у лощі переплетення, град.	Довжина платировочної нитки в петлі зразка трикотажу, мм	Довжина платировочної нитки в петлі комп'ютерної моделі, мм	Відхилення, %	Довжина ґрунтової нитки в петлі зразка трикотажу, мм	Довжина ґрунтової нитки в петлі комп'ютерної моделі, мм	Відхилення, %
1	5,1	1,16	0,8	1,00	39	5,1	5,29	3,68	4,5	4,29	-4,62
	5,6	1,21	0,93	0,99	36	5,6	5,84	4,21	4,8	4,63	-3,46
	6,1	1,31	1,05	0,98	28	6,1	6,36	4,23	5,1	5,04	-1,23
	6,6	1,40	1,20	0,98	23	6,6	6,74	2,06	5,4	5,46	1,04
	7,1	1,47	1,25	0,97	20	7,1	6,91	-2,62	5,7	5,65	-0,84
2	5,1	1,18	0,81	1,00	37	5,1	5,32	4,22	4,4	4,50	2,32
	5,6	1,30	0,92	0,98	35	5,6	5,61	0,16	4,8	4,77	-0,52
	6,1	1,39	1,04	0,96	18	6,1	6,10	-0,06	5,2	5,29	1,79
	6,6	1,47	1,18	0,94	17	6,6	6,47	-1,93	5,6	5,61	0,20
	7,1	1,54	1,25	0,94	5	7,1	6,93	-2,33	6	6,09	1,54
3	5,1	1,18	0,83	0,99	25	5,1	5,21	2,14	4,5	4,52	0,40
	5,6	1,25	0,96	0,99	20	5,6	5,57	-0,61	4,9	4,88	-0,48
	6,1	1,32	1,08	0,98	15	6,1	5,94	-2,59	5,3	5,24	-1,15
	6,6	1,40	1,23	0,98	10	6,6	6,52	-1,15	5,7	5,82	2,11
	7,1	1,47	1,32	0,97	6	7,1	6,88	-3,03	6,1	6,18	1,36
4	5,1	1,28	0,86	1,00	39	5,1	5,25	2,92	4,5	4,50	0,05
	5,6	1,35	0,95	0,99	35	5,6	5,85	4,53	4,9	4,85	-0,93
	6,1	1,40	0,95	0,98	25	6,1	6,04	-0,95	5,3	5,26	-0,76
	6,6	1,56	1,20	0,98	22	6,6	6,54	-0,95	5,7	5,85	2,69
	7,1	1,66	1,32	0,97	20	7,1	6,91	-2,65	6,1	6,00	-1,71
5	5,1	1,30	0,83	0,99	37	5,1	5,24	2,81	4,5	4,70	4,39
	5,6	1,37	0,93	0,99	35	5,6	5,83	4,19	4,9	4,96	1,14
	6,1	1,49	1,00	0,98	20	6,1	6,25	2,51	5,3	5,39	1,69
	6,6	1,64	1,15	0,98	14	6,6	6,83	3,43	5,7	5,94	4,24
	7,1	1,75	1,25	0,97	6	7,1	7,39	4,04	6,1	6,27	2,71
6	5,1	1,28	0,84	1,00	26	5,1	5,34	4,68	4,5	4,50	-0,01
	5,6	1,39	0,93	0,99	20	5,6	5,69	1,57	4,9	4,85	-1,04
	6,1	1,45	1,04	0,99	16	6,1	6,01	-1,42	5,3	5,18	-2,33
	6,6	1,64	1,18	0,98	12	6,6	6,58	-0,25	5,7	5,74	0,71
	7,1	1,69	1,27	0,98	6	7,1	6,97	-1,77	6,1	6,14	0,71

На основі співставлення значень параметрів комп'ютерних геометричних моделей з параметрами відповідних зразків трикотажу виявлено, що відхилення не перевищують  $\pm 5\%$ , що підтверджує адекватність одержаних комп'ютерних геометричних моделей та їх відповідність реальним об'єктам.



**Рис. 2.** Результати верифікації розроблених тривимірних геометричних моделей інтегрованого кулірного трикотажу платированого переплетення

Побудовані за результатами досліджень гістограми (Рис.2) довжин платировочної та ґрунтової ниток в петлях інтегрованого трикотажу платированого переплетення, при виробленні якого у якості платировочної нитки використано бавовняну пряжу кардної системи прядіння лінійної густини 30 текс, у якості ґрунтової – поліпропіленову комплексну багатофіламентну нитку лінійної густини 33,4 текс, наглядно ілюструють незначні відхилення значень довжин ниток в петлях комп'ютерних 3D моделей від зразків трикотажу, вироблених на в'язальному обладнанні.

**Висновки.** Шляхом тривимірного автоматизованого моделювання геометрії ниток в структурі інтегрованого кулірного трикотажу платированого переплетення встановлено характеристики параметрів структури трикотажу. Результати досліджень комп'ютерних 3D моделей структури трикотажу зпівставлено з реальними об'єктами зразків трикотажу, вироблених на в'язальному обладнанні. Верифікація розроблених тривимірних геометричних моделей інтегрованого трикотажу підтвердила їх адекватність та можливість використання для прогнозування параметрів структури та властивостей. Для побудови тривимірних геометричних моделей інтегрованого кулірного трикотажу, розглянутих структур і заправок, встановлено рекомендовані емпіричні значення кута нахилу дотичної у точці переплетення.

Проведені експериментальні дослідження свідчать про відповідність теоретичної бази тривимірного моделювання заданому рівню точності та можливість її використання в універсальних програмно-аналітичних комплексах, які дозволяють на основі загальних законів фізики та термодинаміки розраховувати властивості об'єктів ще на стадії їх технологічного проектування.



### Список використаних джерел

1. Єліна Т. В. Силовая тривимірна геометрична модель кулірного трикотажу / Т. В. Єліна, Л. Є. Галавська // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – 2011. – Вип. 34. – С. 77-81.
2. А. с. 46469 Україна. Комп'ютерна програма «Структура – 3D» / Т. В. Єліна, Л. Є. Галавська. – заявка № 46726 ; заявл. 25.09.2012 ; опубл. 23.11.2012.
3. Лоскутов П. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD / П. Лоскутов, Н. Полещук – СПб : Изд-во ВHV – 2006. – 960 с.
4. Андреева М. Технология визуального проектирования параметрических 3D\_моделей в AutoCAD 2008 / М. Андреева // CADmaster. - 2007. – № 5.

### References

1. Yelina T. V. (2011) *Sylova tryvymirna heometrychna model' kulirnoho trykotazhu [Power three-dimensional geometric model of filling-knit]* / T. V. Yelina, L. Ye. Halavs'ka // *Mizhvuzivs'kyu zbirnyk «Naukovi notatky»*. – Vyp. 34. – P. 77-81. [in Ukrainian].
2. A. s. 46469 Ukrayina. *Komp'yuterna prohrama «Struktura – 3D» [The computer program "Structure - 3D»]* / T. V. Yelina, L. Ye. Halavs'ka. – *zayavka № 46726 ; zayavl. 25.09.2012 ; opubl. 23.11.2012.* [in Ukrainian].
3. Loskutov P. *AutoLISP y Visual LISP v srede AutoCAD [AutoLISP and Visual LISP in AutoCAD]* / P. Loskutov, N. Poleshchuk – SPb : Yzd-vo VNV – 2006. – 960 p. [in Russian].
4. Andreeva M. (2007) *Tekhnolohyya vyzual'noho proektyrovanyya parametrycheskykh 3D\_modeley v AutoCAD 2008 x [The technology of visual design parametric 3D Modeler in AutoCAD 2008]* / M. Andreeva // *SADmaster.*– № 5. [in Russian].

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПЕТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖА В ВИРТУАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ.

ГАЛАВСКАЯ Л.Е., ЕЛИНА Т.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Верификация разработанных трехмерных геометрических моделей интегрированного трикотажа гладкого платированого переплетения для подтверждения их адекватности и возможности использования для прогнозирования параметров структуры и свойств трикотажа.

**Методика.** Использована авторская методика компьютерного трехмерного геометрического моделирования структуры трикотажа и общеизвестный метод исследования характеристик структуры трикотажа с использованием электронного микроскопа (usb digital microscope MM-2288-5X-S).

**Результаты.** В ходе проведенных экспериментальных исследований установлено характеристики структуры трикотажа виртуальных моделей, полученных путем трехмерного геометрического моделирования, и реальных образцов трикотажа гладкого платированого переплетения, изготовленных на вязальном оборудовании с различным сочетанием видов сырья для формирования гидрофильного и гидрофобного слоев. Подтверждена адекватность разработанных моделей и соответствие теоретической базы трехмерного моделирования

заданному уровню точности и возможности его использования в универсальных программно-аналитических комплексах, которые позволяют на основе общих законов физики и термодинамики рассчитывать свойства объектов еще на стадии их технологического проектирования.

**Научная новизна.** Разработаны виртуальные трехмерные геометрические модели структуры кулирного трикотажа платированого переплетения, которые адекватно описывают структуру реального объекта.

**Практическая значимость.** Уровень точности полученных трехмерных геометрических моделей структуры трикотажа позволяет использовать их для прогнозирования параметров структуры и свойств.

**Ключевые слова:** *трехмерная геометрическая модель структуры трикотажа, виртуальная модель, интегрированный трикотаж, прогнозирование свойств трикотажа.*

## **USING OF COMPUTER 3D GEOMETRIC MODELS OF THE KNITTED STRUCTURES KNIWEAR FOR VIRTUAL SIMULATIONS.**

**GALAVSKA L.JE., IELINA T.V.**

*The Kiev National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Verification of the new-developed three-dimensional geometric models of integrated plating plane structures to verify their adequacy and use for parameters and properties prediction.

**Methodology.** The author's technique of computer 3D geometric modelling of knitted structures and well-known method of knitting structure characteristics study have been used with electron microscope (usb digital microscope MM-2288-5X-S).

**Findings.** In the course of experimental studies geometric characteristics of virtual models obtained by three-dimensional geometric modelling and real samples of plating plane knits, manufactured with different types of raw materials for the formation of hydrophilic and hydrophobic layers have been studied. The adequacy of the developed models and matching of theoretical framework of three-dimensional models of a necessary level of accuracy and the possibility of their use in universal software and analytical systems that allow to calculate the properties of objects at the stage of technological design on the base of general laws of physics and thermodynamics.

**Originality.** A virtual 3D geometric models of the structure of weft plane plating knits that adequately describe the structure of the real objects have been worked out.

**Practical Value:** the level of accuracy of obtained three-dimensional geometric models of the jersey allows their use for predicting of structure parameters and properties.

**Keywords.** *3D geometric model of the jersey, the virtual model, integrated knitwear, knitwear properties forecasting.*