

УДК 685.34.016

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЗУТТЯ З  
ВИКОРИСТАННЯМ 3D ДРУКУ****Наранович А. І., Кулік Т. І., Злотенко Б. М.**

Київський національний університет технологій і дизайну

**Мета.** *Проектування підошви з підвищеними амортизаційними властивостями в сучасних САПР.*

**Методика.** *В основу роботи покладено проектування підошви та колодки за індивідуальними даними споживача, друкування підошви на 3D принтері.*

**Результати.** *Спроектовано індивідуальну колодку на основі сліду стопи та підошву з підвищеними амортизаційними властивостями за допомогою програми AutoCAD, розроблено модель жіночого взуття в середовищі Crispin ShoeMaker.*

**Наукова новизна.** *Запропоновано метод отримання твердотільної моделі підошви складної геометричної форми з урахуванням анатомічних особливостей будови стопи споживача та подальшим її виготовленням за технологією 3D друку.*

**Практична значимість.** *Рекомендовані оптимальні технологічні параметри процесу 3D друкування деталей взуття, запропонована підошва для взуття з підвищеними амортизаційними властивостями.*

**Ключові слова:** *підошва, стопа, 3d-сканер, взуття, 3-d моделювання, САПР*

Сьогодні тривимірне взуття, надруковане на 3D принтері активно використовується модельєрами для створення нових власних розробок. Перевагою такої технології є унікальна можливість урахування індивідуальних особливостей споживача, включаючи розмір, форму стопи і, навіть, ходу [1].

Зовнішній вигляд 3D взуття істотно відрізняється від традиційного, тому воно буде користуватися попитом серед креативних молодих людей, які хочуть підкреслити свою індивідуальність. За допомогою 3D принтера можна друкувати не тільки жіноче, але й чоловіче взуття, підошви та аксесуари [2].

**Постановка завдання**

Для подальшого впровадження 3D друку підошви та аксесуарів у взуттєве виробництво необхідно розробити методи отримання інформації про анатомічні особливості стопи, її трансформації в спеціалізоване програмне забезпечення з метою створення віртуальної моделі [3]. В основу статті покладено завдання розробки методу створення віртуальної моделі підошви та її друку з використанням сканування стопи, з подальшою роботою з колодками в середовищі LastMaker та побудовою твердотільної моделі підошви в середовищах AutoCAD та 3d MAX.

**Результати досліджень**

З урахуванням вимог, висунутих споживачами та діючими нормативними документами, у програмі Crispin ShoeMaker була розроблена модель жіночого взуття спортивного типу. Використано спосіб проектування підошви, який спирається на використання тривимірної копії стопи, співставлення її з базовою формою колодки та проектується нова колодка на основі заданих параметрів стопи. При використанні антропометричних даних стопи, виникає питання розробки раціональних параметрів взуттєвої колодки, розрахованої на індивідуальність [4].

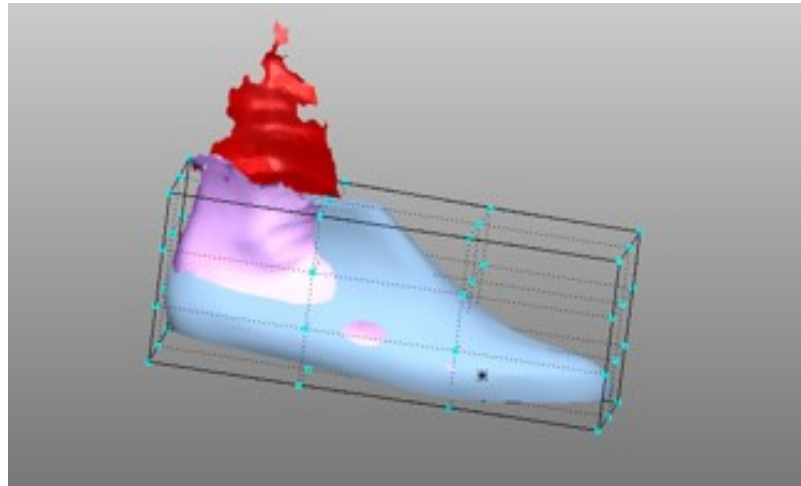
Для отримання 3d-копії стопи було використано сучасний спеціалізований 3d-сканер InFoot, який дозволяє отримати тривимірну копію поверхні стопи – плантограму (рис. 1).



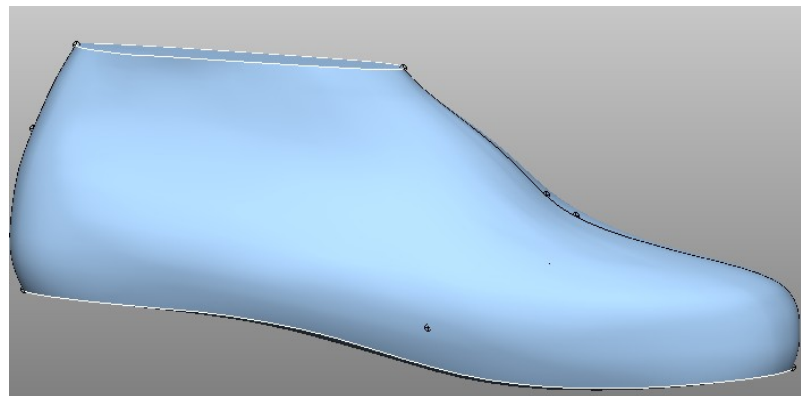
Рис. 1. Сканування стопи за допомогою 3-d сканера

Для моделювання форми колодки в роботі використовували програмний модуль LastMaker, використовуючи співставлення базової форми колодки з відсканованою стопою. При цьому застосовували таку послідовність дій:

- вибір базової форми колодки згідно заданого фасону (висота каблука, форма носка тощо);
- використовували режим Compare для співставлення колодки та стопи по основним характеристикам (рис. 2, а);
- за допомогою функції Advanced Adjustment колодці надано необхідні параметри відповідно розмірам стопи (довжини сліду, обхвату прямому підйому та пучків, обхват косому підйому);
- далі використовувався певний набір модифікації тривимірної форми колодки та її контурів, які дозволяють досягти максимальної відповідності форм, розмірів колодки за параметрами відсканованої стопи (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2. Проектування колодки в середовищі LastMaker

Для проектування контурів підошви вихідною інформацією є поверхня сліду та нижня частина поверхні колодки. Перш за все на контурі розгортки сліду для побудови підошви необхідно визначити положення: центра п'ятки ( $0,18D_{ст}$ ), точки зовнішнього пучка ( $0,62D_{ст}$ ), точки внутрішнього пучка ( $0,73D_{ст}$ ), середини пучків ( $0,68D_{ст}$ ) (табл. 1).

Ці відстані відкладаються від початку координат, точки 0, що лежить на осі устілки й стоїть від її початку на величину зсуву в п'ятковій частині  $S$ , яка розраховується за формулою  $S = 0,02D_{ст} + 0,05Вп.п$  (рис. 3).

Таблиця 1

**Результати обмірів стопи для конструювання підошви взуття**

Ліва нога $D_{ст} = 205$ мм	Формули	Результат
Центр п'ятки	$0,18D_{ст}$	18,9
Точка зовнішнього пучка	$0,62D_{ст}$	127,1
Точка внутрішнього пучка	$0,73D_{ст}$	149,65
Середина пучків	$0,68D_{ст}$	139,4

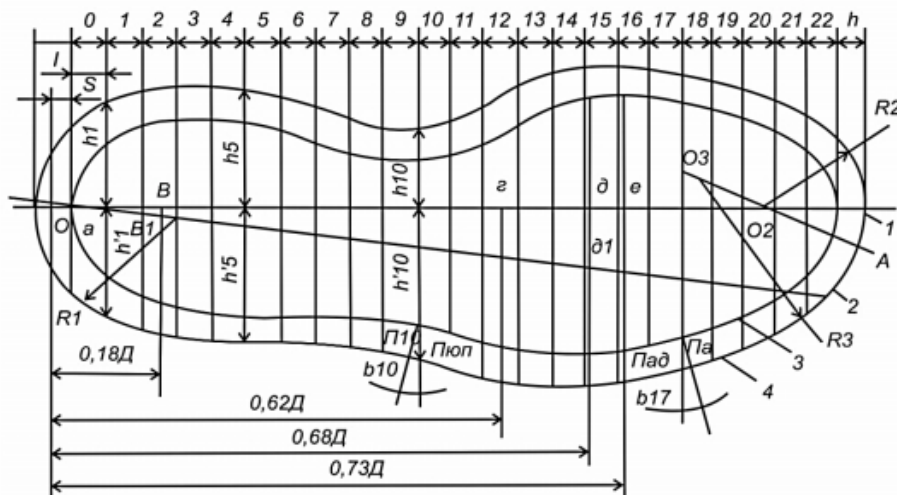


Рис. 3. Схема побудови контурів підошви

Процес моделювання 3D-форми підошви відбувався в середовищі AutoCAD, функції якого дозволяють змоделювати спортивну підошву заданих параметрів, яка необхідна для швидкого прототипування.

При розробці нової оригінальної форми підошви, перш за все, визначається слід колодки. Готова колодка відредагована в середовищі LastMaker за допомогою функції Export (рис. 4) шляхом експорту сліду в новий формат DWG для подальшої роботи в середовищі AutoCAD. Після того, на основі сліду колодки, можна переходити до розробки нової форми підошви шляхом проектування.

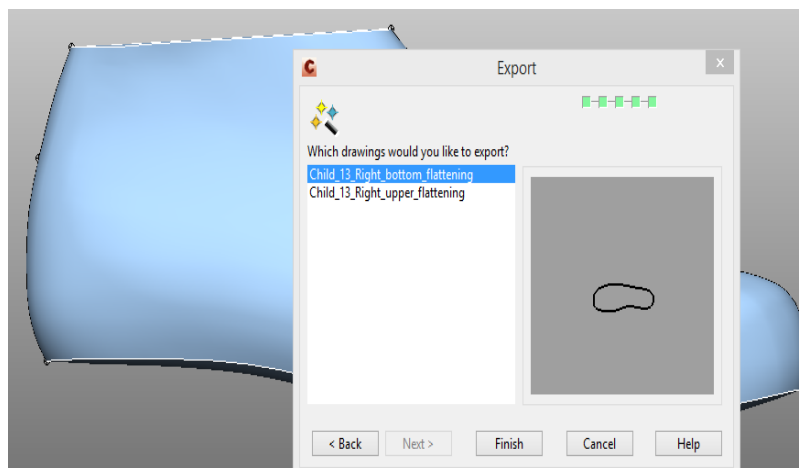


Рис. 4. Експорт сліду колодки в AutoCAD

В середовищі програми AutoCAD спроектовано підошву оригінального дизайну, яка володіє підвищеними амортизаційними властивостями (рис. 5).

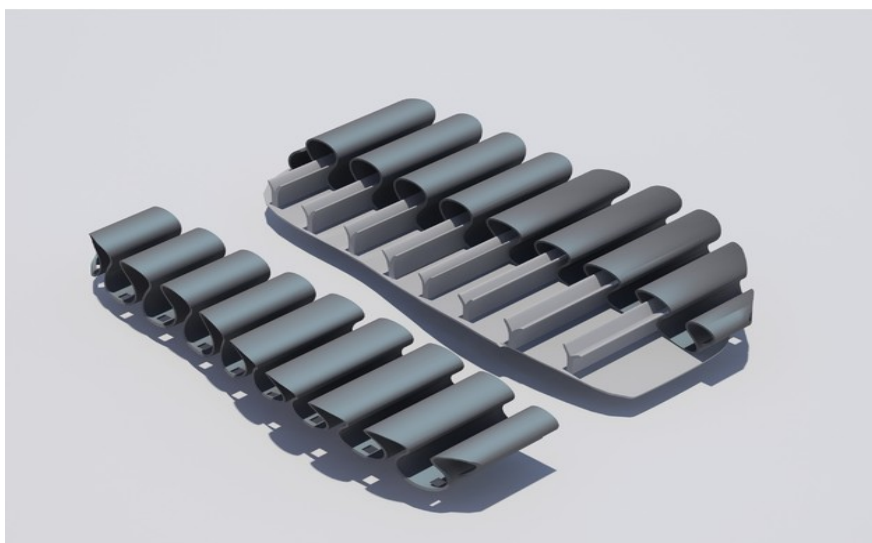


Рис. 5. Підшва, спроектована у середовищі AutoCAD

Розроблено модель жіночого взуття спортивного типу у середовищі Crispin ShoeMaker (рис. 6).

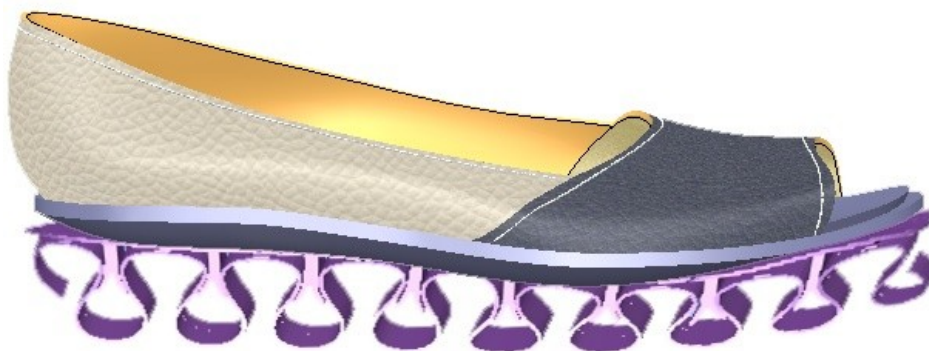


Рис. 6. Модель взуття спроектована в середовищі ShoeMaker

Для друку підшви вибраний Elasthan – високоеластичний матеріал, що підходить для 3D друку еластичних виробів. Вироби з цього матеріалу можна використовувати в багатьох агресивних середовищах. Elasthan володіє широким діапазоном температур експлуатації від  $-40$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ , добре переносить знакозмінні навантаження. Твердість Elasthan може варіюватися в широкому діапазоні – від 40 (за шкалою Шор А) до 90 (за шкалою Шор D). Висока зносостійкість цього матеріалу дозволяє використовувати його для друку взуття або підшов.

На основі аналізу інформації про властивості матеріалу та технічні характеристики 3D принтера визначені технологічні параметри виготовлення підшов складної геометричної форми (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри друку підошви з полімеру ELASTAN

Параметри друку	Стандартні значення	Уточнені значення
		D160
Температура друку	220-240 °С	225 °С оптимальна температура друку, при якій полімер з екструдера виходить рівномірно
Температура платформи	80-100 °С	95 °С. При меншому значенні перший шар полімеру не прилягає щільно до платформи. Збільшення температури на кілька градусів призведе до того, що полімер не встигне охолودитись і буде деформуватись в процесі друку
Обдув	Не потрібен	Потрібен. Оскільки розплав охолджується швидше, і всі шари полімеру стійкіші до деформації
Швидкість друку	20-30 мм/с	24 мм/с. Оптимальна швидкість друку, при якій полімер рівномірно охолджується і чітко накладається шар за шаром
Усадка при друку	Середня	Після друку полімер дає усадку 0,01

### Висновки

Обґрунтовано метод отримання підошви складної геометричної з підвищеними амортизаційними властивостями форм за технологією 3-D друку за допомогою програми AutoCAD, розроблено індивідуальну колодку на основі сліду стопи та модель жіночого взуття в середовищі CrispinShoeMaker.

Результати дослідження можуть бути використані для проектування підошов взуття різного типу, зокрема спортивного. Наведена інформація має практичне значення для конструкторів і технологів взуттєвих підприємств.

### Список використаних джерел

- 3D-печать: третья индустриально-цифровая революция. Часть 1. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bloggerator.org/page/3d-pechat-industrialno-cifrovaja-revoljucija-3d-printer-makerbot-cena-opisanie-perspektivy-1>.
- 3D-модели для 3D-принтера. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/3d-models/>
- Макарова В. С. Моделирование и конструирование обуви и колодок. –

### References

- 3D-pechat: tretya industrialno-tsifrovaya revolyutsiya. Chast 1 [3D-printing: the third industrial-digital revolution. Part 1]. Retrieved from <http://bloggerator.org/page/3d-pechat-industrialno-cifrovaja-revoljucija-3d-printer-makerbot-cena-opisanie-perspektivy-1> [in Russian].
- 3D-modeli dlya 3D-printera [3D-models for 3D-printer]. Retrieved from <http://3dtoday.ru/3d-models/> [in Russian].
- Makarova V.S. (1987). *Modelirovanie i konstruirovaniye obuvi i kolodok* [Modeling

- М : Легпромиздат, 1987. – 211 с.
4. Коновал В. П. Універсальний довідник взуттєвика / Коновал В. П., Гаркавенко С. С., Свістунова Л. Т. – К. : Лібра, 2005. – 720 с.
4. Konoval V. P., Garkavenko S. S., & Svistunova L. T. (2005). *Universalnyi dovidnyk vzuttyevyka* [Universal shoemaker handbook]. Kyiv: Libra [in Ukrainian].

**Совершенствование технологии изготовления обуви с использованием 3D печати**  
**Наранович А. И., Кулик Т. И., Злотенко Б. Н.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Проектирование подошвы с повышенными амортизационными свойствами в современных САПР.

**Методика.** В основу работы положено проектирование подошвы и колодки по индивидуальным данным потребителя, печать подошвы на 3D принтере.

**Результаты.** На основе следа стопы с использованием программы AutoCAD спроектированы индивидуальная колодка и подошва с повышенными амортизационными свойствами. Разработана модель женской обуви в среде Crispin ShoeMaker.

**Научная новизна.** Предложен метод получения твердотельной модели подошвы сложной геометрической формы с учетом анатомических особенностей строения стопы потребителя и последующим ее изготовлением по технологии 3D печати.

**Практическая значимость.** Разработаны рекомендации по выбору оптимальных технологических параметров процесса 3D печати деталей обуви, предложена подошва для обуви с повышенными амортизационными свойствами.

**Ключевые слова:** подошва, стопа, 3d-сканер, обувь, 3d-моделирование, САПР

**Improvement of technology of making shoes using 3D printing**

**Naranovych A.I., Kulik T.I., Zlotenko B.M.**

*Kyiv National University of Technology & Design*

**Purpose.** Design of soles with increased cushioning properties using modern CAD technology.

**Methodology.** The basis of the work is the design of the soles and lasts according to the individual data of the consumer, printing the sole on a 3D printer.

**Findings.** An individual shoe design based on the footprint and sole with increased cushioning properties was designed with AutoCAD, a model of women's shoes was developed in the Crispin ShoeMaker environment.

**Originality.** The method of obtaining a solid-state model of the sole of complex geometric forms is proposed, taking into account the anatomical features of the foot of the consumer and its subsequent manufacturing using the technology of 3-D printing.

**Practical value.** Recommended optimal technological parameters of the process of 3D printing of shoe parts, proposed is the sole for shoes with high shock absorption.

**Keywords:** sole, foot, 3d-scanner, footwear, 3d-modeling, CAD