

УДК 685.34.016:  
[685.34.051.3.004]

ЧЕРТЕНКО Л.П., КЕРНЕСЬ В.П., ГАРКАВЕНКО С.С.  
Київський національний університет технологій та дизайну

## РОЗРОБКА СПОСОБУ ПРОЕКТУВАННЯ КОЛОДОК ДЛЯ КОМФОРТНОГО ВЗУТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ 3D САПР ТА ПРОГРЕСИВНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Мета.** Розробка вдосконаленого методу проектування раціональної внутрішньої форми взуття на основі формування бази 3D моделей стоп із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення та сучасного технологічного обладнання.

**Методика.** Використані методики проведення антропометричних досліджень стоп безконтактним способом з використанням спеціалізованих графічних програм та спеціалізованих пристроїв; математичні методи обробки результатів експерименту; графо-аналітичні методи дослідження та побудови параметрів плантограм тощо.

**Результати.** Створено базу 3D моделей стоп і плантограм, розраховано параметри умовної середньо-типової стопи досліджуваної групи населення. Наведено алгоритм проектування колодки в середовищі Crispin LastMaker на основі створених інформаційних баз. Розраховані та спроектовані контури експериментальних колодок двох повнот (середньої та широкої) на основі результатів антропометричних досліджень, що покладено в основу розробки моделей колодок для комфортного взуття середнього розміру для досліджуваної групи населення.

**Наукова новизна.** В роботі запропоновано спосіб автоматизованого проектування раціональної взуттєвої колодки в середовищі спеціалізованого програмного модулю Crispin LastMaker на основі математичної моделі умовної середньо-типової стопи, отриманої в результаті безконтактних досліджень стоп однорідної вибірки.

**Практична значимість.** Запропонований в роботі спосіб проектування внутрішньої форми взуття дозволяє розробляти колодки раціональної форми на основі результатів безконтактних досліджень при ефективному використанні функціоналу спеціалізованих графічних програм та прогресивного обладнання.

**Ключові слова:** умовна середньо-типова стопа (УСТС), система автоматизованого проектування (САПР), параметри, обміри, колодка, внутрішня форма взуття.

**Вступ.** Сучасні вимоги зростаючої конкуренції на взуттєвому ринку змушують виробників вдаватися до розширення асортименту продукції та підвищення ефективності виробництва шляхом залучення прогресивного обладнання, нових методик та автоматизації процесів конструкторської підготовки виробництва. Найбільше складностей на цьому шляху виникає в сфері проектування взуттєвих колодок та оснастки через високий ступінь складності просторових форм. Зарубіжний досвід проектування колодок в середовищі спеціалізованих САПР рекомендує поєднувати автоматизоване проектування з натурним моделюванням, коли прототип майбутньої моделі виточується вручну, а залучення комп'ютерних технологій зводиться до виконання певних технічних задач коригування параметрів моделі [1]. Однак в такому випадку частково ігноруються антропометричні, біомеханічні та інші вимоги до форми колодки.

Наукова школа проектування внутрішньої форми взуття розпочала свої традиції ще в 19 столітті, а починаючи з середини 20 століття стали використовувати аналітичні методи розрахунку параметрів взуттєвої колодки по вихідній цифровій моделі стопи, використовуючи критерії раціональності внутрішньої форми взуття. Даний напрям розроблено в працях Зибіна Ю.П., Фукіна В.А., Фарнієвої О.В., Либи В.П., Кисельова С.Ю., Коновала В.П., та їх послідовників [2-4]. Сучасний підхід до проектування колодки базується на активному використанні систем автоматизованого проектування у взаємодії із

високотехнологічним прогресивним обладнанням [5-6]. Однак в основному така технологія проектування колодки більшістю дослідників пропонується для індивідуального виготовлення колодки [7-8] за результатами сканування стопи замовника, в той час коли проектування раціональних колодок серійного виробництва в середовищі сучасних САПР ще не набуло достатнього розвитку та обґрунтованої теоретичної бази. Отже, незважаючи на значну кількість досліджень в даному напрямку проблема створення підсистеми автоматизованого проектування внутрішньої форми взуття масового виробництва та інших видів технологічної оснастки залишається актуальною.

**Постановка завдання.** Важливою умовою конкурентоспроможності взуття є його комфортність, що забезпечується використанням раціональної взуттєвої колодки. А для проектування раціональних параметрів колодки в свою чергу, важливою є база вихідних параметрів, якими є антропометричні дані стопи досліджуваної групи населення. При сучасному підході до процесу проектування, коли об'єкт представлений у вигляді віртуальної просторової форми, вихідні антропометричні дані мають бути адаптовані до цифрового 3D формату для забезпечення адекватного переходу від форморозмірів стопи до параметрів колодки.

**Результати дослідження.** Відомо [1,2,5], що колодка являє собою основну технологічну оснастку, за допомогою якої виконуються різні операції формування та складання взуття; вона визначає параметри внутрішньої форми взуття, яка є основним критерієм оцінки комфортності – одного з головних показників якості взуття, а також визначає зовнішній вигляд взуття та відповідність його напрямкам моди. Вихідними даними для розробки контурів перетинів колодок різних видів взуття різних статевих-вікових груп є контури відповідних перетинів середньо-типових стоп.

В зв'язку з тим, що в даній роботі передбачається проектування експериментальних колодок, параметри яких мають деякі відмінності від стандартних, то підготовчий процес до проектування колодок здійснювався за таким алгоритмом:

1. Антропометричне обстеження стоп відповідних груп населення за допомогою 3D сканування. В обмірі приймали участь 150 юнаків віком 19-22 роки. Сканували обидві стопи з рівномірним на них навантаженням.

2. Формування 3D бази даних стоп та бази плантограм.

3. Обробка отриманих даних антропометричних обстежень на ПК та узагальнення вихідної інформації. Розрахунок середньоарифметичних параметрів стопи досліджуваної групи населення.

4. Графо-аналітичне дослідження плантограм. Для проведення обробки стоп графічним методом був здійснений відбір типових плантограм стоп без патологічних відхилень за двома основними розмірними ознаками: середньою довжиною стопи та шириною у пучках. Відбиралися плантограми, у яких відхилення цих розмірів від їх середніх значень не перевищує  $\pm 0,5\delta$ . Відібрані плантограми оброблялися за звичайною методикою [9] при цьому створювалася база оцифрованих контурів плантограм та отримано середньо-середній контур стопи за двома розмірними ознаками (довжиною та шириною).

5. Розробка математичної моделі УСТС на базі результатів обмірів та обробки плантограм. На основі середніх розмірних ознак типових стоп за висотою і довжиною,

отриманих при антропометричних дослідженнях, викреслювалися контури поздовжньо-вертикальних перетинів відповідних УСТС.

6. Виявлення стоп, значно ширших за параметри середньо-типових. Усереднення параметрів широких стоп з метою розрахунку параметрів стоп широкої повноти.

7. Проектування усередненої плантограми на основі досліджень стоп широкої повноти.

8. Проектування основних перетинів усередненої стопи широкої повноти.

9. Розрахунок основних параметрів колодки на основі параметрів умовної середньо-типової стопи та усередненої широкої стопи з урахуванням коефіцієнтів співвідношення розмірних ознак стопи і параметрів колодки.

10. Розрахунок додаткових параметрів колодки з урахуванням особливостей методики проектування колодки в середовищі Crispin LastMaker.

11. Розробка контурів та перетинів дослідної моделі колодки (контур сліду, поздовжньо-осьовий перетин, контури основних поперечно-вертикальних перерізів) за допомогою 2d САПР.

Попередні дослідження показали, що чи не найпомітнішою рисою вітчизняного ринку взуття є невідповідність розмірної асортиментної структури пропозиції та попиту на взуття різних вікових груп споживачів [10, 11]. Порівняння основних параметрів як існуючих колодок ГОСТ 3927, так і прийнятих згідно діючих стандартів з нинішніми результатами обмірів стоп населення України показали деякі відмінності, а саме: збільшення з роками як довжинних так і поперечних розмірів, а звідси і кількості номерів у асортименті, та наближенню цих груп до ближньої більшої нумерації по довжині, але зі зміною параметрів поперечних розмірів.

В сучасних умовах переходу до новітніх технологій та високотехнологічного обладнання для отримання інформації про поверхню стопи та колодки використовуються спеціальні пристрої – 3D-сканери, що дозволяють отримати цифрову копію як поверхні стопи людини, так і поверхні взуттєвої колодки. Вибір скануючого пристрою залежить від цілей та задач дослідження. Представлені сьогодні на ринку 3D-сканери для взуттєвої галузі можна умовно розділити на групи в залежності від розміру скануючої області, висоти сканування, точності сканування, розрешення та ін.

Для формування 3D бази стоп в даній роботі застосовано сканер FootIn 3d, який має вагомні переваги: придатний для сканування як стопи, так і колодки, має високу точність сканування, а також достатні розміри скануючої області як по довжині, так і по висоті, за рахунок чого отримуємо суцільну цифрову 3D копію будь-якої стопи або колодки, придатну для подальшого використання в процесі проектування. З кожного досліджуваного отримували 3D модель лівої та правої стопи.

Сканована форма колодки або стопи експортується в .STL-формат у вигляді сітки трикутників, з якого далі імпортується в середовище програми для моделювання взуття та колодки. Антропометрична інформація, отримана за допомогою сканера та спеціальної програми сканування, представляє собою три головних файли: файл з цифровою копією поверхні в форматі .STL; файл з фотоплантограмою в форматі .JPG; файл з цифровими даними основних параметрів стопи.

Основним формоутворюючим контуром каркасу колодки є контур сліду, від якого зрештою в великій мірі залежить зручність колодки. Контур сліду колодки середнього розміру проектується на основі усередненої плантограми стоп досліджуваної групи населення з урахуванням вимог біомеханіки та фізіології стопи. Слід колодки широкої повноти розроблявся аналогічно на основі усередненої плантограми широких стоп досліджуваної вибірки. Контур сліду експериментальної колодки проектується за допомогою креслярських функцій AutoCAD у вигляді замкненої полілінії та зберігається в форматі .DXF для можливості подальшого використання в якості шаблону при редагуванні поверхні колодки в середовищі LastMaker (рис.1).

Особливу увагу при проектуванні сліду колодки приділяли формі носкової частини, яка в багатьох випадках не відповідає вимогам біомеханіки та фізіології стопи, особливо під час активних дій та тривалого носіння. Особливо актуальні ці вимоги для спортивного та військового взуття.



Рис.1 Співвідношення стопи та різної (спортивної та класичної)внутрішньої форми взуття – основа для проектування раціональної форми сліду колодки

Раціональна форма контуру сліду має бути дещо приведеної форми, враховувати середнє значення кута відхилення великого пальця та в жодному разі не тиснути на пальці (Рис.2). Раціональна довжина сліду розраховується за формулою:

$$D_{сл} = D_{ст} + P_1 + P_3 - S$$

де  $D_{ст}$  – довжина стопи;

$P_1$ – припуск на збільшення стопи при русі в носковій частині (10мм);

$P_3$ – припуск декоративний;

$S$  – величина зсуву ребра сліду в п'ятці.

Розміри основних параметрів колодок визначалися за відомими формулами із використанням результатів проведених антропометричних обстежень стоп юнаків 19-20, при цьому досліджувані параметри адаптувалися до способу проектування форми колодки в середовищі Crispin LastMaker. Однак результати антропометричних обмірів показали, що суттєва кількість досліджуваної групи споживачів мають параметри стопи значно ширші за

середньотипові. Тому було вирішено дослідити окремо стопи широкої повноти, адже саме ця категорія споживачів часто лишається незадоволеною існуючим асортиментом взуття. Особливо критичною є ця проблема для військового взуття, яке експлуатується тривалий час та в жорстких умовах, коли дискомфорт стопи, її надмірне стискання взуттям неприпустимі. Рациональний контур сліду колодки середнього розміру окремої групи населення проектується за наведеною схемою (див. Рис. 2) на основі усереднення плантограм стоп середньо-типових параметрів – для середньої повноти та на основі усередненої плантограми широких стоп – для широкої повноти (Таблиця 1).

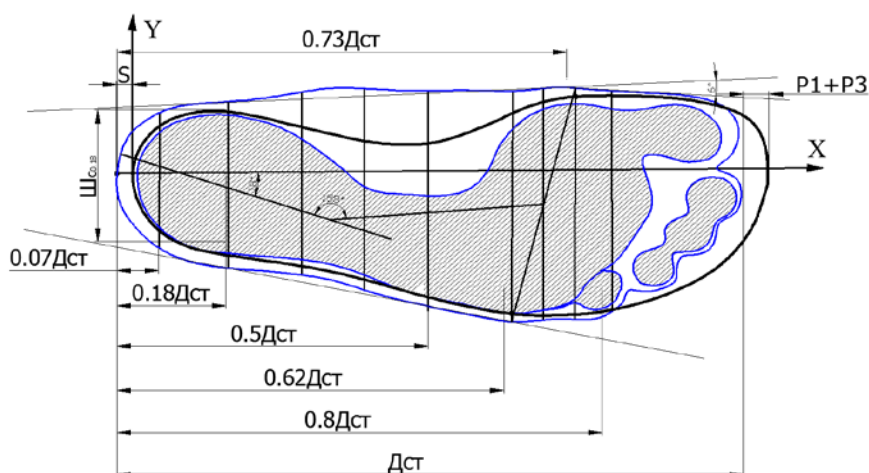


Рис. 2 Схема проектування параметрів сліду колодки на основі плантограми стопи

Таблиця 1

**Розмірні параметри дослідної колодки**

Найменування розрахункових параметрів	Вузька повнота	Широка повнота
Довжина колодки габаритна	292	292
Довжина сліду колодки	285	285
Ширина колодки в пучках	90	94
Обхват колодки в пучках	258	270
Обхват колодки по прямому підйому	274	284
Обхват колодки по косому підйому	364	372
Ширина п'ятки по сліду	60	63
Ширина п'ятки по габариту	70	73
Висота носка на рівні перерізу 0.8Дст	29	31
Висота колодки в пучках	43	45
Висота колодки на рівні перерізу 0.9Дст	28	30
Висота колодки на рівні короткого косоного підйому	92	94
Довжина верхньої площадки колодки	110	112
Висота припіднятості носкової частини	11	11
Ширина верхньої площадки	36	40
Кут між віссю симетрії п'ятки та віссю сліду колодки	6	7

Усереднені параметри стопи по групі українських чоловіків досліджуваного контингенту та контур сліду, побудований на основі середньо-середньої плантограми лягли в основу розробки нової вдосконаленої форми колодки для спеціального взуття для військовослужбовців. Процес проектування колодки відбувався в середовищі Crispin



LastMaker на основі методу зворотнього інжинірингу, взявши за базову форму колодки існуючу колодку для військового взуття, де за допомогою функцій редагування профілей, цифрових параметрів форми, поперечних контурів, а також функцій виправлення і згладжування поверхні в режимі «Співставлення» з формою середньотипової стопи, розробляється нова форма колодки. Розробивши математичну модель раціонального сліду колодки на основі усереднених даних з урахуванням функціонально-ергономічних вимог, за допомогою функції «Змінити по шаблону сліду» можна адаптувати форму колодки під розроблений контур сліду (рис.3).

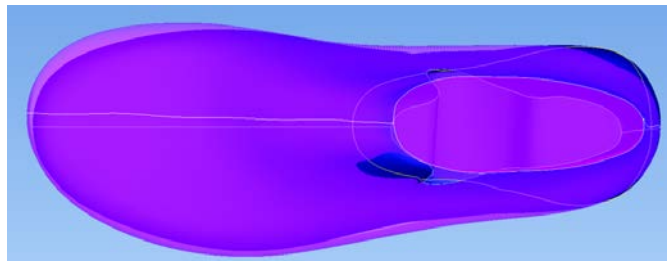


Рис. 3. Порівняння базової та нової розробленої форм колодок

Етапи процесу проектування нової форми колодки згідно розрахованих параметрів в середовищі LastMaker:

- 1) Імпортування сканованої базової форми колодки;
- 2) Редагування основних довжинних, широтних, висотних та обхватних параметрів колодки відповідно до розрахованих за допомогою функції «Розширені налаштування»;
- 3) Завантаження форми сканованої стопи усереднених параметрів в режимі «Порівняння»;
- 4) Коригування профілів сліду, верхньої площадки, гребеня та п'ятки у відповідності до форми усередненої стопи за допомогою функції «Профілі»;
- 5) Коригування основних поперечно-вертикальних перерізів в ділянках значних відхилень від форми стопи – функція «Модифікувати верх перерізу»;
- 6) Приведення контурів сліду колодки у відповідність до спроектованого шаблону сліду за допомогою функції «Змінити по шаблону сліду»;
- 7) Контролювання основних параметрів за допомогою функції «Розширені налаштування» (закладки Масштаб, Пучки, Носок та П'ятка);
- 8) Згладжування поверхні колодки в місцях появи деформацій за допомогою функцій режиму «Виправлення».

**Висновки.** В роботі проведені антропометричні дослідження стоп юнаків вікової групи 19-22 років та сформована 3D база даних стоп та база плантрограм для подальших розрахунків та проектування колодки. Проведено розрахунок основних параметрів колодки на основі параметрів умовної середньо-типової стопи (УСТС) досліджуваної групи і коефіцієнтів співвідношення розмірних ознак стопи і параметрів колодки.

В процесі обробки даних було виокремлено стопи з широкими параметрами та розраховано розміри колодки широкої повноти. На основі умовної середньо-типової стопи досліджуваної групи населення з урахуванням вимог біомеханіки та фізіології стопи

спроектовано контур сліду колодки, який використано для науково-обґрунтованої побудови раціональної форми колодки в середовищі Crispin LastMaker на основі методу зворотнього інжинірингу. Спроектвані віртуальні моделі, придатні для подальшого виготовлення на станках з ЧПУ.

#### Література

1. МА Х., Luximon A. Design and manufacture of shoe lasts // International journal of advanced manufacturing technology, September 2013. – С. 177-196.
2. Фукин В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви / Фукин В.А., Буй В.Х. Москва, 2015. – 410 с.
3. Кернеш В.П. Удосконалення гармонійності внутрішньої форми і конструкцій юнацького і дівочого взуття: дис. ... канд. тех. наук, 05.19.06.-К., 2007. - 218с.
4. Чертенко Л.П. Особенности проектирования рациональной формы обувной колодки с применением САПР /Чертенко Л.П., Коновал В.П.// Международный сборник научных трудов «Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса: теория и практика»: Шахты – 2007, с. 97-107.
5. Орловський Б.В. CALS - Технології об'єктно-орієнтованого проектування і виготовлення взуття на засадах програмного комплексу DelCAM CRISPIN / Орловський Б.В. // Вісник КНУТД №1. – 2012. – С. 22-33.
6. Чертенко Л.П. Анализ способов проектирования обувной колодки при помощи программных продуктов Delcam // Чертенко Л.П., Гмирко О.В. // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні інформаційні технології Delcam в освіті і наукових дослідженнях»: Полтава, ПНТУ – 2013 – С. 101-105.
7. Shuping Xiong, Jianhui Zhao, Zuhua Jiang A computer-aided design system for foot-feature-based shoe last customization // International journal of advanced manufacturing technology, January 2009. – P. 11-19.
8. Амосов Е.К. Новая методика создания эксклюзивной обуви //Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского гос. ун-та технологии и дизайна, № 1. – С-Пб, 2015. – С. 13-18.
9. Ченцова К.И. Стопа и рациональная обувь.- М.: Легкая индустрия, 1974.-216 с.

#### References

1. MA X., A. Luximon (2013) [Design and manufacture of shoe lasts] International journal of advanced manufacturing technology, September. P. 177-196.
2. Fukyn V.A., Buy V. (2015) *Razvytye teoryy y metodolohyy proektyrovannya vnutrenney formy obuvy*. Moskov, 410 p. [in Ukrainian]
3. Kernesh V.P. (2007) *Udoskonalennya harmoniynosti vnutrishn'oyi formy i konstruktсий yunats'koho i divochoho vzuttya*: dys. kand. tekhn. Nauk. 218 p. [in Ukrainian]
4. Chertenko L.P., Konoval V.P. (2007) *Osobennosti proektyrovannya ratsyonal'noy formy obuvnoy kolodky s prymenenyem SAPR*. Mezhdunarodnyy sbornyk nauchnykh trudov «Metrolohiya, standartyzatsyya y sertyfykatsyya yzdeyy servysa: teoryya y praktyka»: Shakhty. p.97-107.
5. Orlov's'kyu B.V. (2012) *CALS-Tekhnolohiyi ob"yektно-orientovanoho proektuvannya i vyhotovlennya vzuttya na zasadakh prohramnoho kompleksu DelCAM CRISPIN*. «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design» no.1. P. 22-33. [in Ukrainian]
6. Chertenko L.P., Hmyrko O.V. (2013) *Analyz sposobov proektyrovannya obuvnoy kolodky pry pomoshchy prohrammnykh produktov Delcam*. Materialy IV Mizhnarodnoy naukovykh tekhnichnoy konferentsii «Prohresyvni informatsiini tekhnolohii Delcam v osviti i naukovykh doslidzhenniakh». Poltava. P. 101-105. [in Ukrainian]
7. Shuping Xiong, Jianhui Zhao, Zuhua Jiang. (2009) [A computer-aided design system for foot-feature-based shoe last customization]. International journal of advanced manufacturing technology, January P. 11-19.
8. Amosov E.K. (2015) *Novaya metodyka sozdannya eksklyuzivnoy obuvy*. Vestnyk molodykh uchenykh Sankt-Peterburhskoho hos. un-ta tekhnolohyy y dizayna, no 1. P. 13-18.
9. Chentsova K.Y. (1974) *Stopa y ratsyonal'naya obuv'*. M.: Lehkaya yndustryya, 216 p. [in Ukrainian]
10. Kernesh V.P., Omelchenko N.M., Konoval V.P.

10. Кернеш В.П., Омельченко Н.М., Коновал В.П. Розробка раціонального взуття для старшокласників 15-16 років Східного регіону України. Повідомлення 4. Проектування раціональних колодок до взуття для юнаків та дівчат 15-16 років Східного регіону України// Вісник ХНУ. Серія : Технічні науки. – Хмельницький, ХНУ, – 2012. - №3. – С.190-194.

11. Шумейко В.М., Заєць А.В., Кернеш В.П., Коновал В.П., Гаркавенко С.С. Принципи створення внутрішньої форми взуття. Повідомлення 1. Вдосконалення методу розрахунку довжини устілки з урахуванням розмірного асортименту взуття//Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки. - 2016. - № 4. - С. 63-75.

(2012) *Rozrobka ratsionalnoho vzuttia dlia starshoklasnykiv 15-16 rokiv Skhidnoho rehionu Ukrainy. Povidomlennia 4. Proektuvannia ratsionalnykh kolodok do vzuttia dlia yunakiv ta divchat 15-16 rokiv Skhidnoho rehionu Ukrainy.* Visnyk KhNU. Serii: Tekhnichni nauky. Khmelnytskyi, no.3. P.190-194. [in Ukrainian]

11. Shumeyko V.M., Zayats A.V., Kernesh V.P., Konoval V.P., Garkavenko S.S. (2016) *Pryntsypy stvorennia vnutrishnoyi formy vzuttia. Povidomlennia 1. Vdoskonalennia metodu rozrakhunku dovzhyny ustilky z urakhuvannyam rozmirnoho asortymentu vzuttia.* [Principles of creation the inner form of footwear. Message 1. Improving the metod of calculating the insole length according to the shoe size assortment] «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design». no. 4. P. 63-75. [in Ukrainian]

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОЛОДОК ДЛЯ КОМФОРТНОЙ ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3d САПР И ПРОГРЕССИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЧЕРТЕНКО Л.П., КЕРНЕШ В.П., ГАРКАВЕНКО С.С.

*Київський національний університет технологій і дизайну*

**Цель.** Разработка усовершенствованного метода проектирования рациональной внутренней формы обуви на основе формирования базы 3D моделей стоп с применением специализированного программного обеспечения современного технологического оборудования.

**Методика.** Используемые методики проведения антропометрических исследований стоп бесконтактным способом с использованием специализированных графических программ и специализированных устройств; математические методы обработки результатов эксперимента; графо-аналитические методы исследования и построения параметров плантограм.

**Результаты.** Создана база 3D моделей стоп и плантограм, рассчитаны параметры условной средне-типичной стопы исследуемой группы населения. Приведен алгоритм проектирования колодки в среде Crispin LastMaker на основе созданных информационных баз. Рассчитаны и спроектированы контуры экспериментальных колодок двух полнот (средней и широкой) на основе результатов антропометрических исследований, легли в основу разработки моделей колодок для комфортной обуви среднего размера для исследуемой группы населения.

**Научная новизна.** В работе предложен способ автоматизированного проектирования рациональной обувной колодки в среде специализированного программного модуля Crispin LastMaker на основе математической модели условной средне-типичной стопы, полученной в результате бесконтактных исследований стоп однородной выборки.

**Практическая значимость.** Изложенный в работе способ проектирования внутренней формы обуви позволяет разрабатывать колодки рациональной формы на основе результатов бесконтактных исследований при эффективном использовании функционала специализированных графических программ и прогрессивного оборудования.

**Ключевые слова:** условная средне-типичная стопа (УСТС), система автоматизированного проектирования (САПР), параметры, обмеры, колодка, внутренняя форма обуви.



**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF LASTS DESIGNING FOR COMFORTABLE  
SHOES WITH THE USE 3D CAD OF PROGRESSIVE  
TECHNOLOGIES**

CHERTENKO L.P., KERNESH V.P., GARKAVENKO S.S.

*Kiev National University of Technologies and Design*

**Purpose.** *Development of improved methods of rational internal shape design of shoes on the basis of the formation of a database of 3D feet models using efficient software and advanced equipment.*

**Methods.** *Methods of anthropometric studies of feet without contact using computer technology and special tools; mathematical methods of processing the results of the experiment; graph-analytical methods of research and building of parameters of plantohram were used.*

**Results.** *A database of 3D feet models and plantohram of the investigated groups of people were created. The algorithm of last designing in the medium Crispin LastMaker based on the created databases was shown. The contours of experimental lasts of two width (medium and wide) were calculated and designed on the basis of anthropometric research. Two models of shoe lasts (medium and wide width) for comfortable shoes were developed.*

**Scientific novelty.** *The paper presents a rational way to design a shoe lasts in the medium of specialized software module Crispin LastMaker based on a mathematical model NATF obtained by the data processing of contactless research of feet of a homogeneous sample.*

**Practical significance.** *The way to design an efficient internal form of shoes presented in the paper can be applied for industrial development of mass production of lasts of different styles for different groups of people.*

**Keywords:** *notional average-typical foot (NATF), parameters, foot measurements, last, internal shape of shoes.*