

УДК 685.31

Л.П. ЧЕРТЕНКО, А.В. ГОПЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ 3D САПР ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЕРХНІ ВЗУТТЄВОЇ КОЛОДКИ

В роботі розроблено метод проектування поверхні взуттєвої колодки в середовищі універсального 3d програмного комплексу PowerShape на основі методу зворотного інжинірингу з використанням прогресивного технологічного обладнання. З цією метою запропоновано спосіб інтерполявання складної поверхні колодки на основі сканованого прототипу з використанням каркасу перерізів, адаптованого до традиційних методів побудови тіла колодки. Запропонований спосіб проектування колодки дозволяє реалізувати процес в середовищі універсальних 3d САПР з можливістю передачі інформації до суміжних САМ-систем, що забезпечує швидку та ефективну підготовку до виготовлення виробу на фрезерувальних верстатах з числовим програмним керуванням.

Ключові слова: колодка, дискретний каркас, поверхневе моделювання, інтерполяція, САПР, САМ-системи.

LILIA CHERTENKO, ANNA HOPENKO

Kyiv National University of Technologies and Design

RESEARCH OF 3D CAD POSSIBILITIES FOR SHOE LAST SURFACE DESIGN

The design method of shoe last surface in the universal 3D program complex PowerShape was developed in this work on the basis of reverse engineering with the application of progressive technological equipment. The method of interpolation of last complex surface on the basis of scanned prototype of a last form adapted to the traditional methods of construction with the usage of frames of sections. Suggested method of shoe last design allows to realize the process in the environment of universal 3D CAD with the opportunity of transmission of information to adjacent CAM-systems which provides quick and effective preparation to the last production on the milling machines with computer numerical control.

Key words: shoe last, discrete frame, surface modelling, interpolation, CAD, CAM-system.

Постановка проблеми

Залучення сучасних прогресивних САПР та високотехнологічного обладнання на етапах конструкторської підготовки взуттєвого виробництва висувають ряд вимог щодо можливості спільного їх використання та щодо спадкоємності інформації на різних стадіях автоматизованого процесу. З метою підвищення ефективності проектних процесів в роботі досліджено можливість використання універсального 3d моделювальника PowerShape для вирішення задач розробки складної форми взуттєвої колодки. Даний програмний продукт добре зарекомендував себе в багатьох галузях проектування завдяки широкому діапазону інструментів 3d моделювання, що поєднують функції каркасного, поверхневого та твердотілого моделювання, а також можливість роботи з сітками трикутників. Програмний модуль PowerShape найчастіше використовується у взаємодії із модулем PowerMILL, яка є САМ-системою (Computer Aided Manufacturing) для підготовки управляючих програм обробки складних форм на 3-, 4- та 5-координатних фрезерних верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) [1]. Таке поєднання програм доцільне та ефективне для застосування у взуттєвій галузі для проектування та виготовлення технологічної оснастки (прес-форм, колодок і моделей підошов).

Аналіз останніх джерел

Тіло колодки представляє собою складну незакономірну поверхню, яку важко проектувати стандартними функціями 3d моделювання. Тому деякі вчені пропонують використовувати для цієї мети метод зворотного інжинірингу, суть якого полягає у використанні в якості вихідної інформації форми сканованого прототипу [2]. Потім, використовуючи спеціальне програмне забезпечення, об'єкт модифікується в тривимірному просторі. Наступний крок – виготовлення прототипу за допомогою ЧПК або прототипуючих пристроїв. Принцип зворотного інжинірингу реалізується в наступних етапах:

- 1) вибір об'єкта, на базі якого відбувається проектування;
- 2) зчитування геометричної інформації про об'єкт за допомогою сучасних безконтактних методів обміру;
- 3) комп'ютерна обробка отриманих даних, перетворення їх в 3d об'єкт;
- 4) модифікація 3d об'єкта за допомогою спеціального програмного забезпечення;
- 5) матеріальне виготовлення нового об'єкта на основі розробленої 3d моделі.

Другий етап процесу представляє собою безконтактне сканування об'єкта за допомогою спеціалізованих пристроїв – 3d сканерів. Зчитувана геометрична інформація, що обробляється спеціальними програмами, представляє собою хмару точок, які далі об'єднуються між собою в множину трикутних поверхонь, кожна з яких будується по трьох суміжних 3d вершинах, – відбувається процес триангуляції [3]. Триангульована поверхня об'єкту представляє собою сітку трикутників, яка є базою для побудови майбутнього віртуального твердотілого об'єкту або форми, описаної сукупністю поверхонь. Складна

просторова форма взуттєвої колодки має описуватися такими поверхнями, які можуть бути модифіковані у спеціальному графічному програмному середовищі.

Найбільш зручним для опису поверхні колодки є точково-лінійний, або каркасний спосіб, що полягає в задаванні послідовних точок, розташованих у певній закономірності. Як правило, ці точки належать перетинам, які утворені січними площинами. Найчастіше застосовується каркас, утворений поздовжньо-осьовим перерізом, деякою кількістю (залежить від необхідної точності завдання поверхні) поперечно-вертикальних перетинів, контурами сліду і установочної площадки, що узгоджується з традиційними методиками проектування колодки. Можна використовувати також каркаси, утворені горизонтальними перерізами або набором горизонтальних і поперечно-вертикальних перерізів [4]. Залежно від розташування параметричних u - та v -кривих змінюється і вид каркаса (рис. 1). Перевагою такого суцільного каркасу є описання всієї поверхні колодки набором чотирикутних ділянок. Недолік – такі каркаси важко модифікувати засобами комп'ютерної графіки згідно з особливостями традиційних методів проектування колодки.

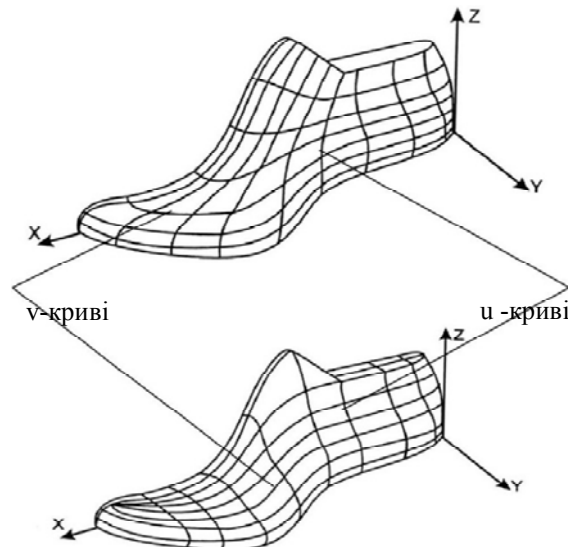


Рис. 1. Види каркасів колодок

Метою роботи є розробка каркасу поверхні взуттєвої колодки, придатного для проектування засобами 3d моделювання універсальних просторових САПР з використанням методу зворотного інжинірингу.

Виклад основного матеріалу

Починаючись із залучення спеціалізованого 3d сканера, на якому відбувається процес зчитування геометричної інформації про вихідний об'єкт, процес проектування нової колодки методом зворотного інжинірингу використовує цілий ряд спеціальних програмних продуктів та високотехнологічного обладнання. При цьому виявляється одна з головних переваг програмного комплексу PowerShape, яка полягає в можливості роботи з різними форматами файлів та взаємообміну інформацією з іншими програмними продуктами, САМ-системами та спеціальним обладнанням (рис. 2), що забезпечує можливість функціонування замкненого циклу **Отримання вихідної інформації – Проектування – Виготовлення**.

Одним з найважливіх для реалізації є етап проектування нової колодки в середовищі універсальних графічних 3d САПР через складність та незакономірність її просторової форми. Вихідна інформація, яка імпортується в середовище PowerShape після обробки даних в програмі сканування InFoot3d, – це форма колодки у вигляді сітки трикутників в форматі .STL. Далі цю сітку необхідно описати поверхнями для можливості подальшого проектування та модифікації форми.

З геометричної точки зору поверхня взуттєвої колодки відноситься до класу складних поверхонь, що не розгортаються. Тож для аналізу досліджуваної поверхні часто використовується розподіл об'єкта на складові характерні ділянки, так звані топографічні елементи: носкова, пучкова, геленочна і п'яtkова частини. З точки зору характеру і форми окремих поверхонь і кривих в колодці можна виділити наступні поверхні, на яких спостерігається плавна зміна кривизни: поверхня сліду, бічна поверхня і поверхня верхньої площадки [5].

Залежно від способів зшивки сегментів, ділянки поверхні колодки можна описати методами Кунса, Безье, Фергюссона та ін. Один із найбільш доцільних способів інтерполювання поверхні – NURBS-поверхні (NURBS – неоднорідний раціональний B-spline) – найчастіше використовується в графічних САПР-системах для побудови криволінійних поверхонь, кривизну яких визначають контрольні точки сплайнів.

Універсальний гібридний моделювальник PowerShape надає можливість побудови поверхні та інтерполяції просторового каркасу багатьма способами:

- 1) Поверхня із сітки кривих – будується по граничним кривим, що перетинаються між собою.
- 2) Поверхня по окремих кривих – будується по ряду поперечних або продольних кривих одного виду.

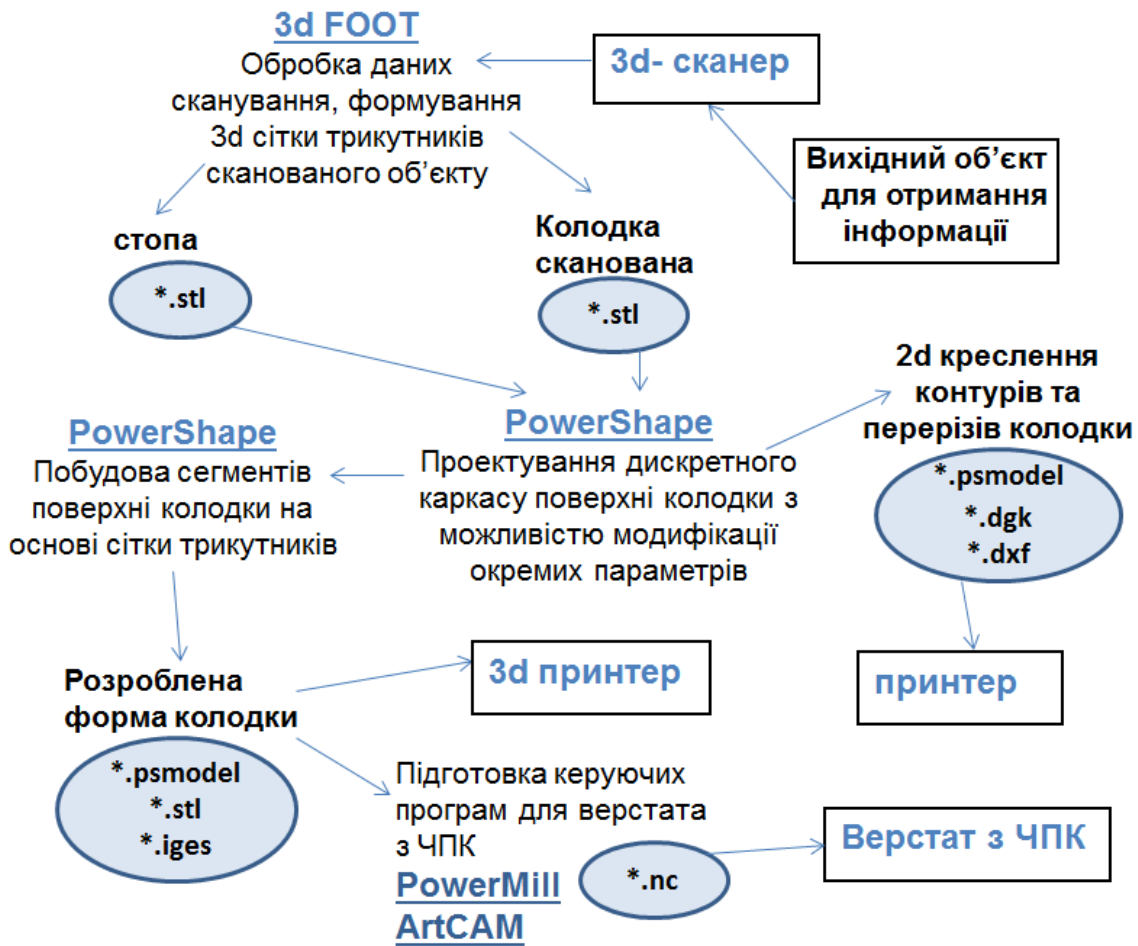


Рис. 2. Алгоритм процесу проектування та виготовлення форми колодки з використанням сучасних універсальних САПР та високотехнологічного обладнання

- 3) По напрямній – поверхня будується по двох кривих – формоутворюючій та направляючій.
- 4) По двох напрямних – поверхня будується від одної до другої формоутворюючої по направляючій.
- 5) Поверхня із трикутників – будується на основі трикутної сітки та граничних кривих.

При цьому деякі види поверхонь можуть бути описані різними математичними апаратами: NURBS-поверхні або POWER-поверхні, які мають деякі свої особливості математичного описання поверхні.

В роботі порівнювалися результати використання різних способів сегментації поверхні дискретним каркасом та інтерполявання складної поверхні колодки. Виходячи з результатів порівняльного аналізу, дійшли висновку про раціональний дискретний каркас поверхні. Для дослідження було обрано такі каркаси:

- 1) Контур сліду, контур верхньої поверхні. Даний вид каркасу не дав позитивного результату для описання бічної поверхні.
- 2) Контур сліду, контур верхньої поверхні, контур поздовжньо-вісьового перерізу. При спробі інтерполювати зовнішню бічну частину колодки отримали в цілому позитивний результат (рис. 3 а), але при цьому в носковій частині спостерігалися відхилення від базової форми сітки (рис. 3 б).

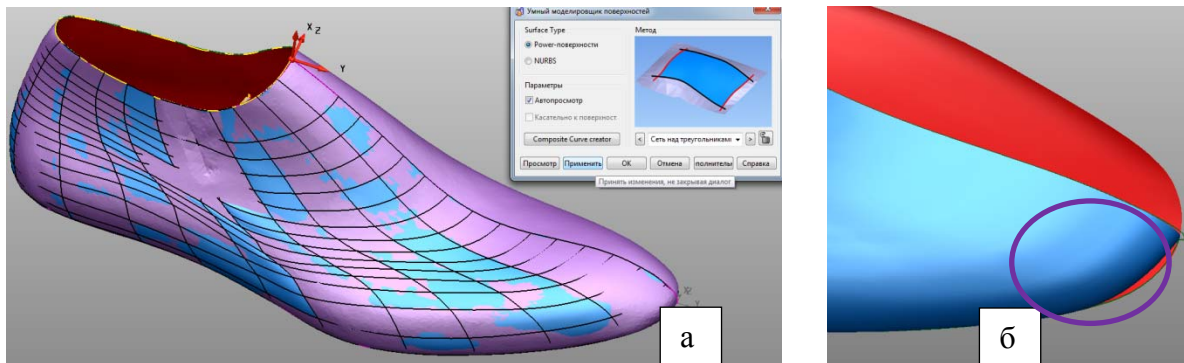


Рис. 3. Інтерполявання поверхні колодки по сітці трикутників сканованої поверхні

- 3) Контур сліду, контур верхньої поверхні, контур поздовжньо-вісьового перерізу, контур

поперечно-вертикального перерізу на рівні передньої точки верхньої площадки. Інтерполювання п'яткової частини зовнішньої бічної поверхні дало позитивний результат, а в геленково-пучково-носкової спостерігалися деякі відхилення, зокрема на ділянках великої кривизни пучкової частини, а також в місці стиковки з п'ятковою частиною.

При дослідженні описаних каркасів та видів сегментації поверхні колодки було відмічено, що найбільші відхилення при побудові поверхонь на основі сітки спостерігаються в ділянках великої кривизни. А отже, було вирішено представити каркас геленково-пучково-носкової частини у вигляді набору поперечно-вертикальних перерізів, побудованих на основі імпортованої сітки трикутників. При обґрунтуванні набору контурів та перерізів каркасу також керувалися численними дослідженнями інших вчених, присвяченими проектуванню параметрів колодки.

4) Отже, виходячи з описаного, поверхню колодки рекомендовано розділити на такі сегменти (рис. 4): поверхня сліду; верхня поверхня колодки; п'яткова частина внутрішня; п'яткова частина зовнішня; геленково-пучкова частина; носкова частина.

При цьому геленково-пучкова та носкова частини для точнішого інтерполювання мають описуватися більшою кількістю додаткових поперечно-вертикальних контурів. Таким чином, процес побудови просторової поверхні колодки можна представити у вигляді такої послідовності етапів:

1) Імпортування сканованої поверхні колодки в середовище PowerShape у вигляді сітки трикутників у форматі .STL.

2) При виникненні так званих «сліпих зон» сканування, тобто ділянок поверхні, в яких при скануванні утворюються отвори (рис. 5), необхідно застосувати відповідний функціонал програмного середовища PowerShape для редагування сіток трикутників. Використовуємо функцію «Исправить незамкнутые границы». Програма автоматично заповнює отвори недостаючими трикутниками поверхні, враховуючи плавність та гладкість загальної форми.

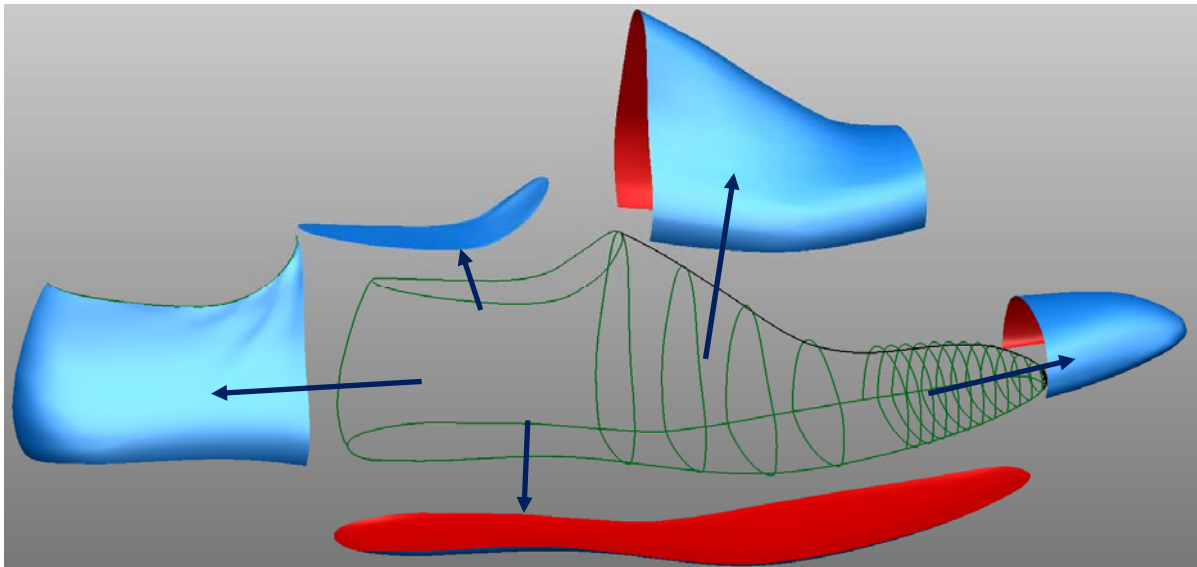


Рис. 4. Сегментація поверхні колодки для подальшого інтерполювання

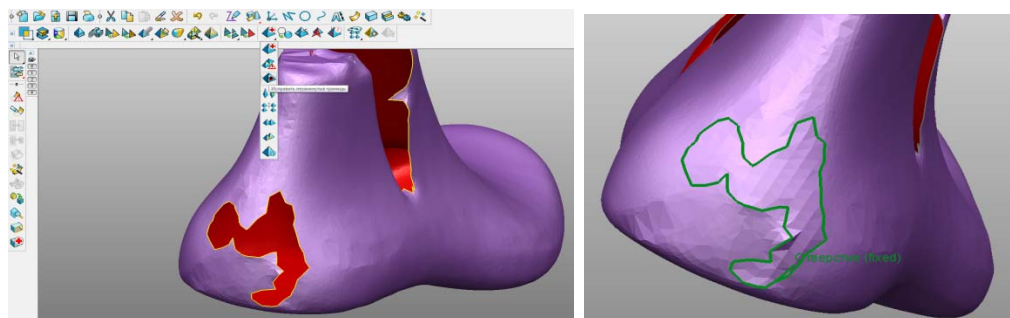


Рис. 5. Ділянки отворів в поверхні колодки та їх виправлення

Часто при скануванні поверхні зчленованої колодки виникають проблеми розпізнавання та модифікації поверхні в верхній частині на рівні замка. Перед скануванням поверхню такої колодки в ділянках порожнини слід заклеїти малярною скотч-стрічкою для уникнення отворів в сканованій поверхні. А при виникненні накладань сітки трикутників, нерівностей та деформацій сканованої поверхні верхню частину слід зрізати та зашити пласкою поверхнею (рис. 6).

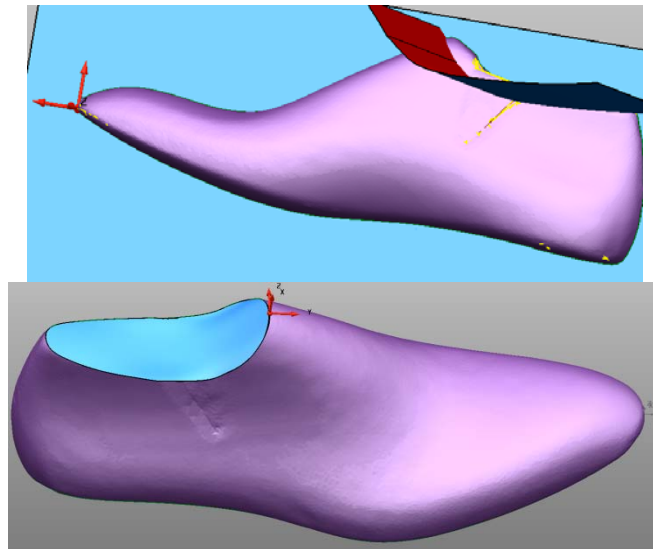


Рис. 6. Коригування дефектів сітки трикутників верхньої поверхні колодки

3) Далі викреслюємо контур сліду по грані сканованої сітки вручну за допомогою функції «Створити криву, що прив'язана до сітки». Контур верхньої площадки будується на основі контуру відсікання верхньої частини або аналогічно сліду (рис. 7).

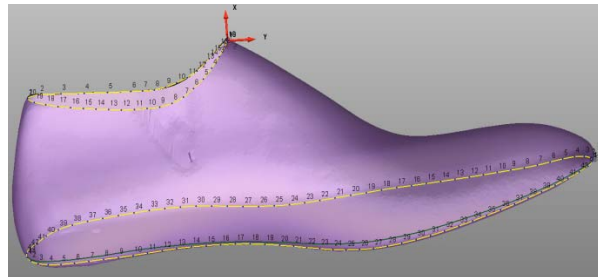


Рис. 7. Проектування контурів граней колодки

4) Будуємо сікучі вертикальні площини вздовж центральної вісі колодки та на рівні потрібних поперечно-вертикальних перетинів. Визначаємо контури пересікання сітки поверхні з площинами (рис. 8).

5) Розсікаємо замкнені контури поперечно-вертикальних контурів по граничних лініях сліду та верхньої площадки, отримуємо окремі контури нижньої та бічної поверхонь колодки.

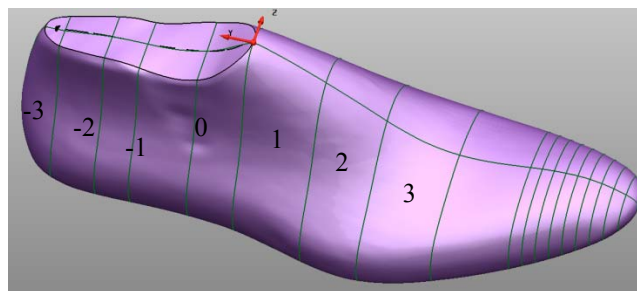


Рис. 8. Побудова продольного та поперечно-вертикальних перерізів колодки

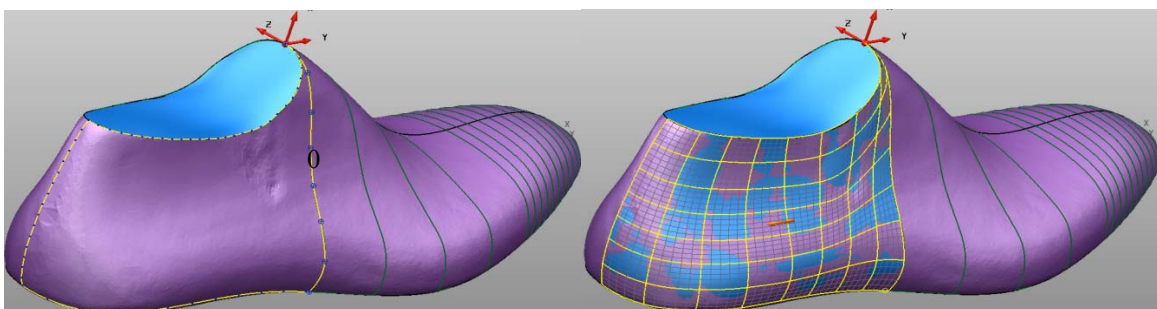


Рис. 9. Інтерполювання зовнішньої поверхні п'яtkової частини

6) Інтерполюємо зовнішню та внутрішню поверхні п'яtkової частини колодки до перерізу 0 за

допомогою функції «Розумний моделювальник \ Сітка над трикутниками», попередньо виділивши обмежуючі криві сегменту (рис. 9).

7) Аналогічно інтерполюємо нижню поверхню сліду колодки.

8) Будемо геленково-пучкову ділянку бічної поверхні колодки (рис. 10).

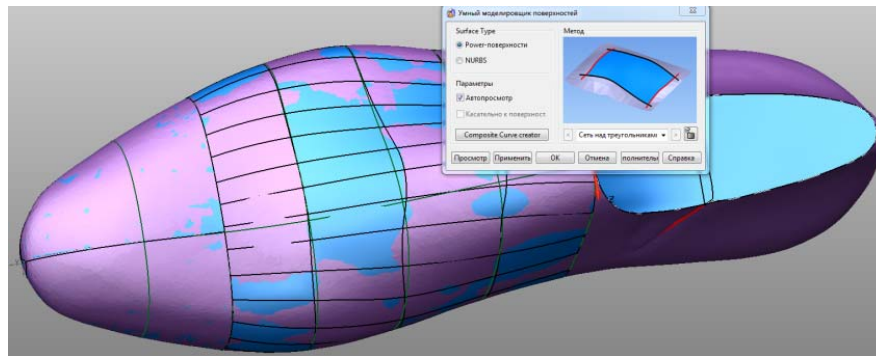
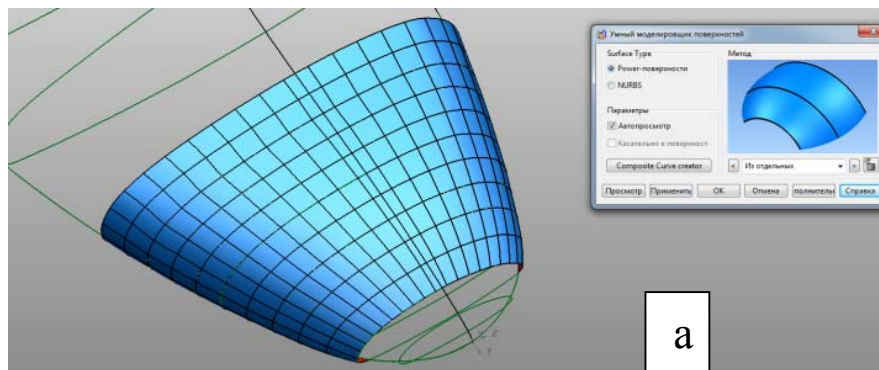


Рис. 10. Інтерполювання геленково-пучкової частини бічної поверхні

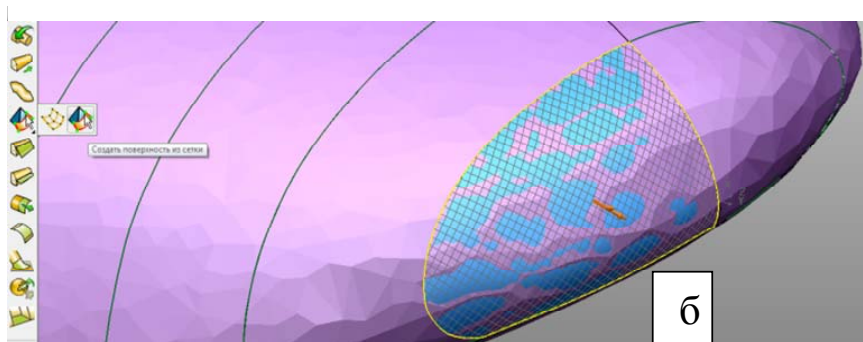
9) Інтерполюємо носкову частину бічної поверхні, використовуючи набір поперечно-вертикальних контурів, розташованих з інтервалом 5–8 мм для досягнення високої точності побудови. Використовуємо функцію «Розумний моделювальник \ Із окремих кривих» (рис. 11 а).

10) Окремо інтерполюємо крайню ділянку заокруглення носкової частини, оскільки тут спостерігається найбільша кількість дефектів та невідповідностей інтерполяції через велику кривизну поверхні. Функція «Створити поверхню із сітки» (рис. 11 б).

Завершивши всі побудови, отримуємо сегментовану поверхню колодки (рис. 12), яка може бути модифікована по окремих ділянках за допомогою функцій поверхневого моделювання PowerShape.



а



б

Рис. 11. Інтерполювання носкової частини поверхні колодки

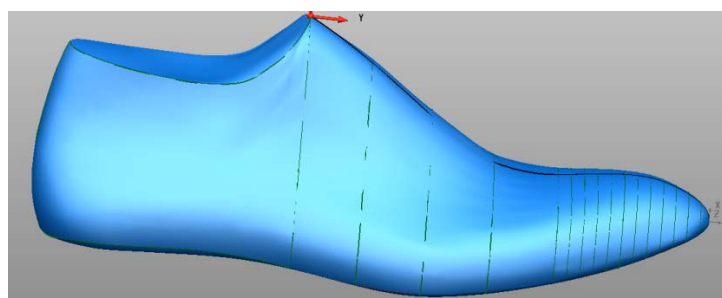


Рис. 12. Побудована поверхня колодки на основі сканованої сітки трикутників

Висновки

Запропонований в роботі спосіб проектування поверхні колодки методом зворотного інжинірингу реалізується за допомогою сучасних прогресивних універсальних 3d САПР та використовує в якості вихідної інформації скановану поверхню колодки-прототипа, яка далі описується та модифікується функціями 3d проектування програмного модулю PowerShare для отримання нової форми. Такий спосіб забезпечує можливість конвертування вихідних даних між різними САПР та передачі інформації до суміжних САМ-систем, що забезпечує швидку та ефективну підготовку до виготовлення виробу на верстатах з ЧПК. Для інтерполювання поверхні колодки запропоновано дискретний каркас, побудований з урахуванням численного наукового та практичного досвіду у проектуванні внутрішньої форми взуття.

Література

1. Орловський Б.В. CALS-технології об'єктно-орієнтованого проектування і виготовлення взуття на засадах програмного комплексу Delcam CRISPIN / Б.В. Орловський. – К. : Вісник КНУТД. – № 1. – 2012. – С. 22–33.
2. Ильюшин С.В. Разработка методики проектирования обуви в формате 3d с использованием технологий обратного инжиниринга : автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук / С.В. Ильюшин. – М., 2014. – 21 с.
3. Shuping Xiong A computer-aided design system for footfeature - based shoe last customization / Shuping Xiong, Jianhui Zhao, Zuhua Jiang, Ming Dong // International journal of advanced manufacturing technology. – january 2009. – P. 11–19.
4. Фукин В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви / Фукин В.А., Буй В.Х. – М., 2015. – 410 с.
5. Чертенко Л.П. Особенности проектирования рациональной формы обувной колодки с применением САПР / Л.П. Чертенко, В.П. Коновал // Международный сборник научных трудов «Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса: теория и практика». – Шахты, 2007. – С. 97–107.

Отримана/Received : 22.5.2017 р. Надрукована/Printed : 8.6.2017 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Злотенко Б.М.

УДК 687.11

Л.В. КРАСНЮК, Л.О. ДЯК
Хмельницький національний університет

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ЧОЛОВІЧОЇ КУРТКИ З РОЗШИРЕНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

В статті розглянуто проблему створення побутового одягу, який, окрім своїх звичайних функцій, здатен виконувати захисну функцію під час пересування на мототранспорті. Розроблено класифікацію видів мотоспорту, у якій виділено дисципліни, у змаганнях з яких можуть брати участь аматори мотоциклетного спорту. Розглянуто умови експлуатації та положення тіла водія під час їзди залежно від виду мототранспорту. За результатами анкетного опитування встановлено перелік найголовніших властивостей, які повинен забезпечувати побутовий одяг для їзди на мотоциклі.

Ключові слова: багатофункціональні швейні вироби, одяг для мотоциклістів, вимоги до одягу.

L.V.KRASNYUK, L.O. DIAK
Khmelnytsky National University

PREREQUISITES OF CREATING A JACKET WITH EXTENDED FUNCTIONALITY

In the article the problem of creation of casual clothing in addition to their normal functions, it performs a protective function during movement on motorcycles. The classification created of types of moto sport, which highlighted discipline in competitions in which amateurs can participate in motorcycle sport. In the article are considered The conditions of use and posture of the driver while driving, depending on the type of motorcycle. The results of a questionnaire established a list of the most important properties that clothes should have for riding a motorcycle.

Keywords: multifunctional garments, clothing for motorcyclists, the requirements for clothing.

Вступ

Мотоциклетний спорт – технічний вид спорту, основу якого складає взаємодія спортсмена з різноманітною мотоциклетною технікою. Саме поняття мотоциклетного спорту є більш широким, ніж просто їзда на мотоциклі; це може бути їзда на час, витривалість, швидкість. Даний вид спорту один із найтравматичніших, який потребує відповідної підготовки із безліччю навантажень.

На сучасному етапі розвитку мотоспорту в Україні, за даними статистики продажів AUTO-Consulting, з 2013 р. спостерігається зростання популяризації мотоциклетного спорту [1]. Для цього існує