

1. Фордзюн Ю.І. Психофізичний аспект відчуття дискомфорту у системі «споживач–взуття–зовнішнє середовище / Ю.І. Фордзюн, О.А. Андреева // Вісник КНУТД. – 2011. – № 1 (57). – С. 132–137.
2. Большая медицинская энциклопедия : в 29 т. / [гл. ред. Б. В. Петровский] ; [3-е изд.]. – М. : Советская энциклопедия, 1974–1988. – Т. 20. – С. 398–401.
3. Обувь Haflinger [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.parizo.net/index.php/haflinger>.
4. Экология и безопасность жизнедеятельности : [учеб. пособие] / Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н., Шорина О.С. – М. : ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА», 2000. – 447 с.
5. Старушенко Л.І. Анатомія і фізіологія людини : [навч. посібник] / Старушенко Л.І. – К. : Вища школа, 1992. – 208 с.
6. Анатомия и физиология рук и ног человека, строение кожи [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.lechebnaya-glina.ru>.
7. Трифонов Е.В. Психофизиология человека : русско-англо-русская энциклопедия [Електронний ресурс] / Е. В. Трифонов. – Режим доступу : <http://tryphonov.narod.ru/tryphonov6/terms6/cmprcm.htm>.

Надійшла 14.9.2011 р.

УДК 685.34.016.3, 514.181.22

А.Б. ДОМБРОВСЬКИЙ, Т.А. НАДОПТА

Хмельницький національний університет

## ЕМПІРИЧНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ УМОВНОЇ РОЗГОРТКИ ПРОТОТИПУ

*Викладені головні положення емпіричної методики проектування умовної розгортки прототипу.  
Expounded main positions of empiric design technique conditional involute of prototype.*

Ключові слова: емпірична методика, профільний абрис прототипу, керуючі точки, умовна розгортка прототипу.

**Постановка задачі.** В сучасних умовах забезпечення підвищення конкурентоздатності виробу можливе за рахунок використання новітніх конструкторських і технологічних рішень. Виконання даної умови пов'язане із системами автоматизованого проектування (САПР). Існує значна кількість різноманітних САПР, у тому числі й САПР взуття, проте, більшість із них не вирішують завдання переходу від форморозмірів стопи до форморозмірів колодки та її розгортки. Створення такої методики й системи автоматизованого проектування продовжує залишатися актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основою для отримання креслень деталей верху взуття (ДВВ) є плоска розгортка бокової поверхні взуттєвої колодки (УРК). Існують різні типи отримання умовної розгортки колодки, що відрізняються конфігурацією й методом отримання, тому для кожного виду та конструкції взуття існують певні типи оптимальних методів отримання УРК. Але оскільки поверхня колодки має складну просторову форму, то виникає проблема її трансформації на площину [1, 2].

Найбільш вживані наступні методи та способи отримання умовної розгортки колодки [2]: спрощений шаблонний; шаблонний (Апанасенко В.П., Рослик Г.І., Тонковид Л.А.); «жорстка оболонка»; комбінований. Їм передував спосіб зняття копії з бічної поверхні взуттєвої колодки запропонований Арно Хассельбартом [1, 3]. Метод не давав можливості враховувати особливості носкової частини, що призводило до значних відхилень від ідеалізованої моделі. Спрощений шаблонний метод не потребує спеціального обладнання, простий та не трудомісткий. Шаблонний спосіб Апанасенка В.П. полягає в тому, що на колодці відмічаються граничні лінії верхньої носково-пучкової частини по формі овальної вставки, кількість паперових шаблонів в даному випадку дорівнює трьом [3, 4]. Одержують розгортки з бокових поверхонь і верхньої частини окремо, а потім суміщають і усереднюють. Цей спосіб досить складний та трудомісткісткий, тому мало застосовується на практиці. Методика одержання розгортки за методом Г.І. Рослика передбачає при підготовці колодки, крім поділу на зовнішню та внутрішню бокові поверхні, проведення на колодці і шаблоні геодезичних ліній по довжині (на рівні 1/3 висоти п'яткової і середини носкової частини) та по ширині (лінія обхвату колодки в пучках). Геодезична лінія – це найкоротша лінія між двома точками на даній поверхні [1, 5].

При одержанні УРК методом Л.А. Тонковида колодку поділяють на три характерні частини: носкову, тильну і п'яткову. Для одержання розгортки поверхню колодки покривають елементарними геометричними фігурами (трикутниками та прямокутниками), що щільно прилягають до поверхні колодки. В цьому випадку всі геометричні фігури є розгортками відповідних ділянок колодки, які переносяться на площину і дають досить повну та адекватну інформацію для побудови комплексної розгортки поверхні [6].

Автором [7] запропоновано отримувати умовну розгортку стопи за «жорсткою оболонкою». Якщо при розчленуванні поверхні колодки смужки виділяти уздовж геодезичних ліній, а потім і розчленувати поверхню за цими лініями, то після випрямлення лінії членування будуть досить близькими до прямих,

виточки й накладення, що утворилися при випрямленні поверхні, будуть становити собою трикутники, площа котрих легко розраховується. Характерним для способу «жорсткої оболонки» отримання УРК є розпластування оболонки, яка надрізається індивідуально для кожного типу заготовок з обов'язковим розрахунком деформаційних властивостей матеріалів за певною методикою [8, 9].

Методика одержання розгортки бокової поверхні колодки італійської школи моделювання "АРС Суторія" полягає у використанні комбінованого суміщення: методу зліпка для отримання розгортки зовнішнього боку і шаблонного – для внутрішнього, і одержання усередненої розгортки бокової поверхні колодки та її коригування [10]. Авторами [11–13] запропоновано удосконалити спосіб одержання УРК за «жорсткою оболонкою». Даний спосіб складається з етапів підготовки та копіювання бічних поверхонь колодки, сплюснення та коригування знятих розгорток, одержання УРК. Новим у запропонованому способі є те, що у місцях накладення або нестачі матеріалу на бічних поверхнях колодки, при сплюсненні знятих з колодки паперових шаблонів відбувається коригування на розмір виточок або накладень. Таким чином, УРК за вдосконаленим способом дозволяє найбільш точно відтворити просторову форму колодки на папері. Сутність винаходів [14, 15] полягає в тому, що моделюють складні фігури при розкрій плоских матеріалів шляхом комбінування простими, що свідчить про появу деякої тенденції в методології розгортання просторових фігур в площинну форму – моделювання їх комплексом окремих складових.

**Формулювання цілі статті.** Метою роботи є розробка методики отримання умовної розгортки прототипу (УРП), яка разом з підвищенням продуктивності процесу забезпечувала б максимально можливу точність.

**Виклад основного матеріалу.** Процес профілювання абрисів за допомогою сплайнових кривих в принципі розпадається на дві підзадачі: знаходження траєкторії кривої при заданому положенні керуючих точок (умовно назвемо її прямою задачею) та визначення положення керуючих точок при необхідності забезпечення проходження сплайнової кривої через певний ареал точок (відповідно – обернена задача). Для питань, які входять в коло досліджуваних, першочергово важлива саме методика оберненої задачі. Раніше [16–18] викладені деякі варіанти розв'язання оберненої задачі на основі найбільш простих методик. Суть практично всіх їх становить теза про те, що при підборі координат положення керуючих точок при, природно, стабільному положенні контрольних (кінцевих) керуючі точки переміщуються по напрямних того чи іншого типу, причому орієнтація цих напрямних весь час залишається незмінною. Таким чином отримуємо методики, які забезпечують некероване профілювання сплайнових кривих. Слід зазначити, що для більшості кривих абрисів (гребінь, задник, стик) зазначених методик, особливо враховуючи їх відносну простоту, абсолютно достатньо як з позицій точності відтворення кривої, так і складності моделювання. Зовсім інша ситуація виникає у випадку, коли потрібно моделювати абрис сліду – замкнутої кривої зі складними переходами. Тому зазначених вище методів, в яких використовуються некеровані сплайнові криві, недостатньо для адекватного та якісного відтворення реальних абрисів, а сам процес підгонки кривої в певній мірі трудомісткий. До цього слід додати, що сама концепція прототипу як геометричного місця точок, в якому поряд з необхідними з точки зору естетики, гігієни, зручності експлуатації просторовими областями повинні бути враховані індивідуальні особливості стопи, на відміну від [19, 20]. Вище описане, насамперед, відноситься до абрису сліду, де зазначені фактори проявляються в першу чергу.

Таким чином, підсумовуючи вище зазначене, умовно розділимо методики профілювання абрисів за допомогою сплайнових кривих на два типи: з використанням керованих та некерованих відтворюючих контурів. Якщо методів некерованих кривих достатньо для відзначеної вище групи абрисів, то всі спроби застосувати їх для інтерпретації сліду як замкнутої кривої не принесли більш-менш прийнятних результатів, котрі могли в повній мірі задовольнити проектувальника в першу чергу з точки зору адекватності. Абриси не зовсім точно відтворюють області між заданими точками кривих, що не може не вплинути на точність профілювання деталей верху взуття. З метою уникнення зазначених недоліків розроблена методика профілювання з використанням керованої сплайнової кривої (КСК). Суть методів КСК зводиться до забезпечення можливості оперативної зміни положення керуючих точок шляхом регулювання орієнтації напрямної, відносно якої відбувається переміщення керуючих точок в ході підгонки кривої, або до штучного переміщення певних точок кривої в напрямку, близькому до тангенціального. Схема, яка демонструє обидва варіанти реалізації КСК, наведена на рис. 1.

В першу чергу, слід зазначити, що перераховані методики профілювання КСК можуть бути реалізовані як у вигляді окремих взаємно незалежних програмних продуктів, так і сумісно як комбінований метод.

На рис. 1 буквою *A* позначено точку, через яку сплайнова крива повинна проходити (ареал точок кривої). В першому циклі профілювання керуюча точка суміщається з точкою кривої *A*, що забезпечує абрис кривої 1. Напрямна 2 проходить через точку *A* під кутом  $\alpha$ , причому для спрощення питання зі знаками тригонометричних функцій цей кут повинен задаватись незалежно від орієнтації

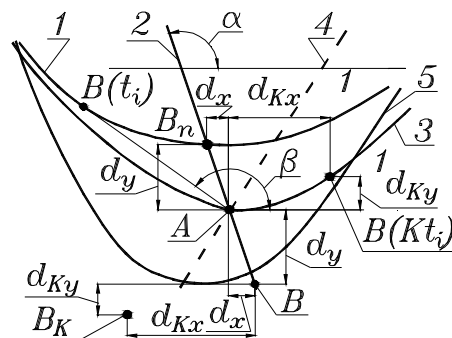


Рис. 1. Схема керованого формування сплайнової кривої

точок кривої стосовно самої кривої тільки в перших двох чвертях, тобто в межах  $0 \dots 180^\circ$ . Точка перетину напрямної з кривою  $B_n$  може визначатись, наприклад, за допомогою стандартної процедури *root*, проте вона має суттєвий недолік, який полягає в необхідності попереднього задавання діапазону параметра кривої  $t$ , в межах якого і відбувається пошук рішення. Проблема якраз і полягає в неможливості формування надійної логіки обмеження цього діапазону, оскільки при цьому необхідно цей діапазон обмежити так, щоб процедура визначала тільки одне рішення, що практично неможливо передбачити. Для уникнення подібних складностей запропонована принципово інша методика, суть якої зводиться до наступного. Особливо це стосується випадків, коли напрямні взаємно перетинаються. З огляду на зазначене розроблено принципово відмінний метод знаходження рішення. При поточному масиві даних координат керуючих точок  $X_B$  та  $Y_B$  безрозмірний параметр кривої  $t$  починаючи з нуля циклічно змінюється з певним кроком. Для кожної поточної точки  $B(t_i)$  визначаються координати

$$x(t_i) = \sum_{k=0}^n X_{Bk} n! \frac{t^k}{k!(n-k)!} (1-t_i)^{n-k}, \quad (1)$$

$$y(t_i) = \sum_{k=0}^n Y_{Bk} n! \frac{t^k}{k!(n-k)!} (1-t_i)^{n-k}, \quad (2)$$

де  $n$  – порядок кривої, який менший на одиницю від числа точок, що утворюють криву.

Далі для кожної знайденої точки визначається кут  $\beta$  променя, що проходить через точки  $A$  і  $B(t_i)$ , який порівнюється з кутом  $\alpha$ , причому характер цього порівняння (більший чи менший) кожний раз фіксується за допомогою певного індексу, якому кожного разу присвоюється позитивне чи від'ємне значення. Зміна знаку якраз і свідчить про перехід променя через положення напрямної. В цьому випадку різниця положення (наприклад через абсолютне значення кутів, хоча можливе і використання тригонометричних функцій кутів) порівнюється із заданим порогом точності. Принцип ідентифікації різниці кутів зводиться до наступних логічних формул

$$\text{if } b < 0 \rightarrow a_n = a_n + 180 \wedge \Delta b = 360 + b - a_n; \quad (3)$$

$$\text{if } b \geq 0 \rightarrow a_n = a_n \wedge \Delta b = a_n - b, \quad (4)$$

де  $a_n$  – вимірювальний кут променя напрямної, який або співпадає з кутом самої напрямної, або вимірюється в сторону протилежної чверті. Тільки при такому підході вирішується проблема переходу через вертикаль та горизонталь без зміни індикатору стану.

В принциповому плані можливі наступні ситуації в області, яка безпосередньо межує з напрямною.

Рішення отримано в результаті послідовного підходу з однієї сторони, тобто в деякому циклі зміни параметра  $t$  промінь зайняв положення, яке відрізняється від положення напрямної в допустимих межах. Тоді необхідно зафіксувати поточне значення параметра як характерне, повернути крок до номінального значення, оскільки перед цим він міг бути зменшений для підвищення точності наближення до напрямної. Далі параметр збільшується таким чином, щоб промінь гарантовано перейшов через напрямну (наприклад – на величину двох кроків).

Промінь перейшов в протилежну сторону, проте рішення немає, тобто і на протилежній стороні промінь розташований так, що відхилення перевищує допустиме. В такому випадку слід повернутись на протилежну сторону від напрямної, зменшивши параметр на величину кроку, зменшити крок зміни параметра і відновити процес наближення до напрямної, але з меншою дискретністю.

Промінь перейшов через напрямну, причому в цьому положенні він відстоїть від напрямної на величину, котра допустима з огляду на задану точність наближення. Слід зафіксувати параметр як характерний, змінити значення індексу стану на протилежний і продовжувати рух по кривій для пошуку наступного рішення (точки перетину).

Слід також відзначити, що для нормальної роботи програми правило визначення кутів повинно бути однотипним (прийнято від правосторонньої осі  $x$  проти годинникової стрілки).

Логіка порівняння базується на алгоритмі, відображеному на рис. 2.

Після визначення різниці кутів або параметрів присвоюється відповідно додатне чи від'ємне значення індексу *Ind*. Для першого циклу, коли параметр  $t$  має значення рівне нулю, множник  $K$  додатній, параметр збільшується на крок  $dt$  (гілка 5). В наступних циклах в першу чергу перевіряється чи не змінився індекс порівняно з попереднім  $I_k$ . Якщо ця зміна не зафіксована, то перевіряється чи різниця кутів (параметрів) по абсолютній величині не перевищує задану точність  $T$ . Саме ця подія фіксує факт допустимого відхилення променя стосовно напрямної, значення параметра фіксується як характерний параметр  $t_e$  для досліджуваної точки кривої, крок повертається до початкового значення, параметр кривої зростає на два кроки вперед (тобто точка гарантовано переходить через напрямну), а для виключення фіксації зміни ситуації в наступному кроці множнику присвоюється значення від'ємної одиниці (гілка 2). Якщо ж точність наближення не задовольняє, то параметр збільшується на крок (гілка 1). В разі ж, коли ситуація змінилась, про що свідчить нерівність індексів *Ind* та  $I_k$ , то можливі дві ситуації. Відхилення в межах допустимого, що свідчить про перехід променя через напрямну, причому в позицію, коли з врахуванням точності ця позиція може вважатись прийнятною для фіксації факту збігу променя та

напрямною, тоді алгоритм фіксує значення параметра, множник позитивний, що в наступному циклі обов'язково дозволить моделювати зміну ситуації, обновляється крок зміни параметра до номінального значення, параметр збільшується на величину цього кроку (гілка 4). Якщо ж ситуація змінилась, що свідчить про перехід променя через положення напрямної, але відхилення кута знаходиться за межами допустимого, то параметр повертається в попереднє положення, крок зменшується в десять разів і наближення до напрямної повторюється, але з більшою точністю (гілка 3). В кінці будь-якого циклу оновлюється контрольне значення індексу і процес обходу замкнутої кривої продовжується до самого її кінця.

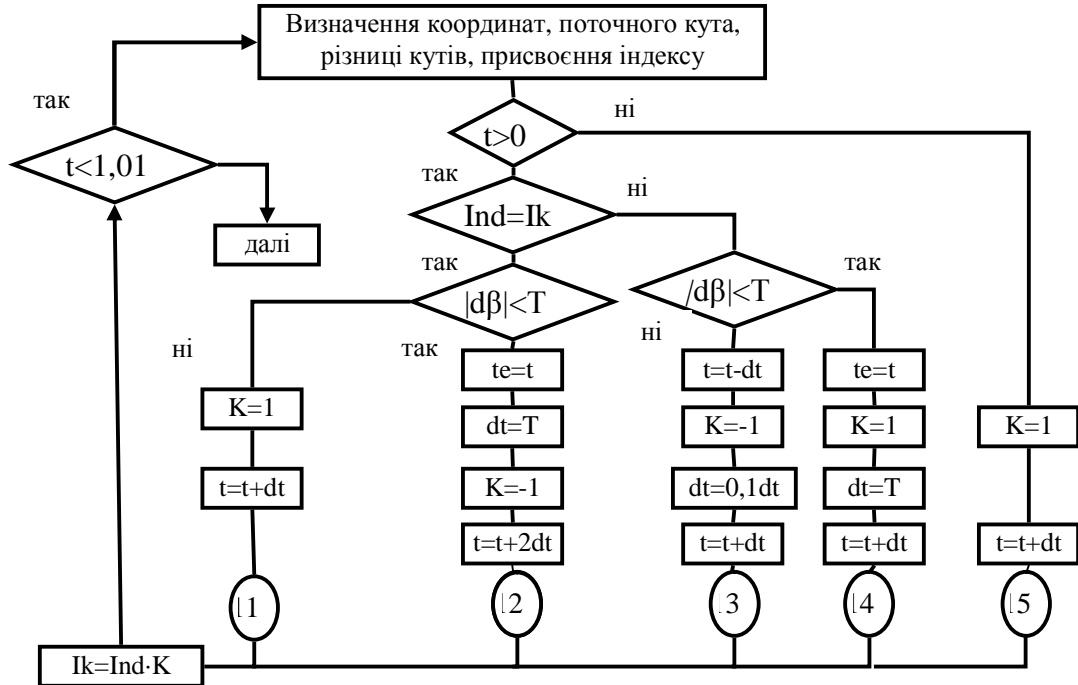


Рис. 2. Алгоритм ідентифікації зміни ситуації

Після того, як знайдено значення параметра, при якому крива перетинає напрямну, визначаються координати точки перетину  $B_n$ , далі відхилення положення цієї точки від заданої точки кривої  $A$  по осі  $x$  та  $y$  (відповідно  $dx$ ,  $dy$ ), положення керуючої точки змінюється на величини цих відхилень по відповідних осях. Очевидно, що зміщення кривої внаслідок зміни положення керуючої точки не буде абсолютно точно відповідати цим відхиленням, крім того аналогічне переміщення інших керуючих точок в тій чи іншій мірі призведе до корекції положення інших точок кривої, тому цикли обходу контуру повторюються багатократно, що в кінцевому результаті змусить криву проходити через всі задані точки масиву  $A$ , тобто крива займе положення 3 (рис. 1). При зміні кута нахилу напрямної до положення, наприклад, 4 форма кривої зміниться (5), хоча в кінцевому результаті крива теж пройде через точку  $A$ .

Метод тангенціального переміщення точок кривої полягає в тому, що до заданих точок кривої «підтягуються» точки  $B(Kt_i)$ , параметр яких визначено як добуток знайденого попереднім або іншим методом параметра на певний масштабний коефіцієнт, який менший одиниці, коли до керуючої точки потрібно перемістити попередню ділянку, або більший одиниці, коли переміщується наступна ділянка. За рахунок цього керуючі точки переміщуються від початкового положення відповідно по осях  $x$  і  $y$  на величини  $d_{Kx}$  та  $d_{Ky}$ , котрі визначаються як відхилення координат заданої точки та точки з масштабованим параметром, в положення  $B_K$ . Цей метод можна застосовувати і в комбінації з іншими методами визначення параметрів характерних точок, наприклад – метод пропорційного ділення.

Загальний алгоритм програми, в якій суміщено обидва методи керування сплайновою кривою, показано на рис. 3, а текст кодів наведено на рисунку 3.

В принциповому плані, як це слідує з рис. 3, загальний алгоритм включає окремі блоки, в яких визначаються безрозмірні параметри двох точок перетину напрямної з кривою, причому окремий алгоритм становить ситуація, коли напрямна задана у вигляді вертикалі або горизонталі (в цих випадках порівнюються не кути нахилу променя і напрямної, що, наприклад для вертикалі взагалі неможливе, оскільки тангенс кута її нахилу буде дорівнювати безкінечності, а координати  $x$  або, відповідно,  $y$ ). Далі перевіряється факт знаходження для всіх точок кривої наявність характерних параметрів двох точок перетину і, в разі коли це підтверджується, визначається ближча з них до точки кривої. Координати точок кривої з зафіксованим характерним параметром порівнюються з заданими координатами кривої, координати керуючих точок корегуються на величини цих відхилень. Оскільки, як зазначалось вище, переміщення кривої при цьому, особливо при значних різницях координат, в повній мірі неадекватне переміщення керуючих точок, то викладену процедуру необхідно повторити багато разів. Після того, як крива проходить через всі задані точки, включається процедура вибіркового наближення точок з параметром, помноженим на

масштабний коефіцієнт, що дозволяє локально корегувати форму кривої, досягаючи при цьому більш точного відображення нею реальної моделі.

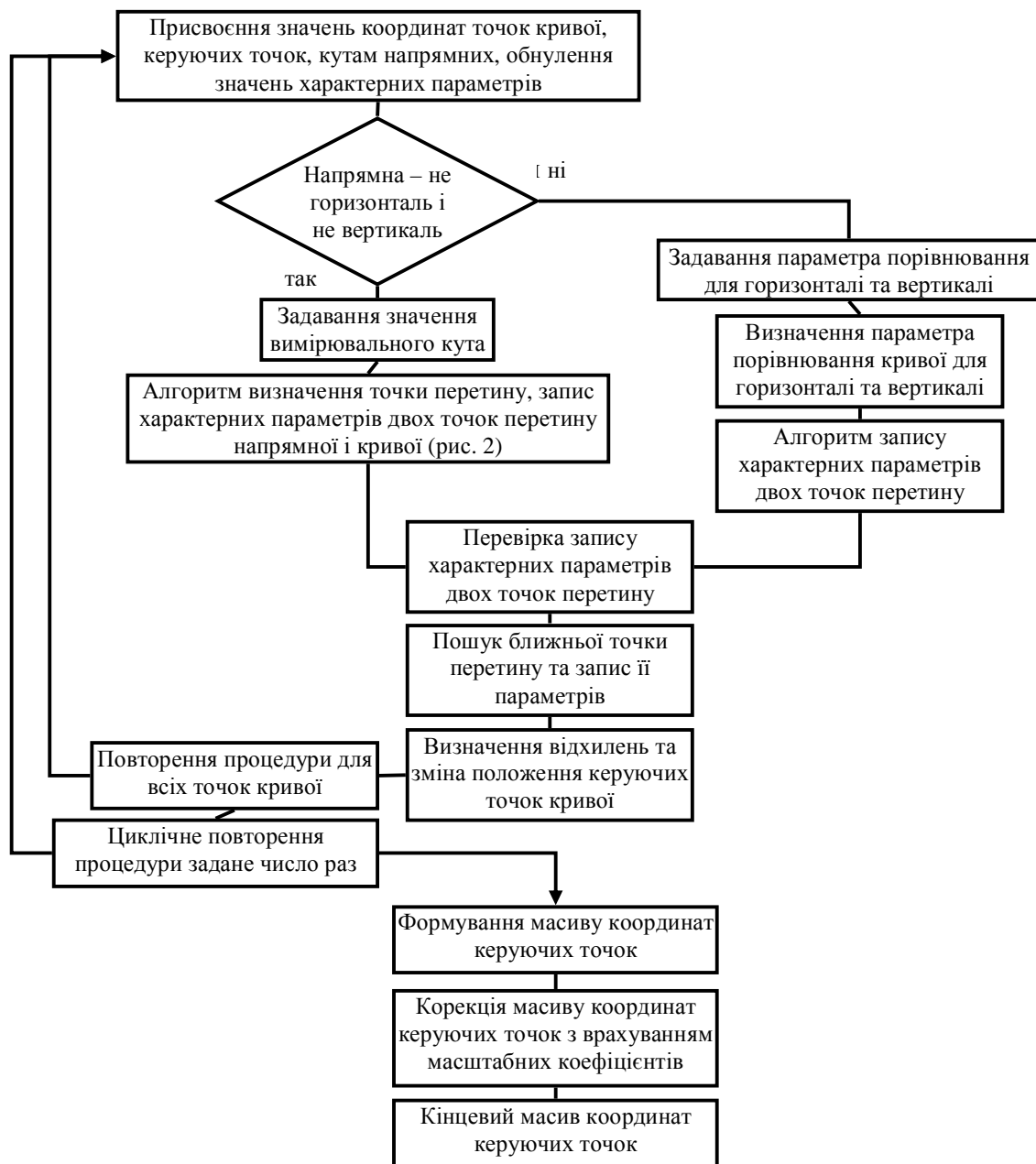


Рис. 3. Загальний алгоритм формування керованої сплайнової кривої

Слід зазначити, що реальна модель сліду може мати абрис, в якому враховані певні особливості моди тощо. Певну складність при профілюванні абрису сліду прототипу становить врахування конфігурації носкової частини. В загальному випадку носкова частина може бути із одним закругленням (одноцентрова носкова частина, рис. 4) або з двома закругленнями (відповідно – двоцентрова, рис. 5). На рис. 4 і 5 позначення характерних точок абрису (від 3 до 7) відповідає прийнятій в [21]. Координати цих точок визначаються на основі аналітичного апарату, викладеного в [17]. Для більш точного профілювання абрису в носковій частині додатково можуть бути введені точки 41 і 51 для одноцентрової схеми або 41, 42, 51 – для двоцентрової.

Вказані точки отримуються як точки дотику прямих до кола з радіусом закруглення  $r_v$  (точки 41 і 51 в одноцентровій схемі, дотичні проводяться відповідно з точок абрису 4 для точки 41 та 6 для точки 51) або до кіл радіусами  $r_v$  і  $r_z$  (точка 41 в двоцентровій схемі як точка дотику прямої, що проходить через точки 3 і 4; точка 42 як точка дотику спільної дотичної до обох кіл, при цьому для спрощення прийнято, що точка дотику до кола радіусом  $r_v$  співпадає з точкою 5; точка 51 отримується аналогічно одноцентровій схемі).

Тоді координати вказаних точок для одноцентрової носкової частини (з деяким спрощенням, котре не вносить скільки-небудь суттєвої похибки) можуть визначатись за системою рівнянь

$$a = \arctg \left( \frac{y_6 - y_5 + r_v}{x_5 - r_v - x_6} \right) \quad (5)$$

$$b = \operatorname{arctg} \left( \frac{(y_5 - r_v) - y_4}{(x_5 - r_v) - x_4} \right) \quad (6)$$

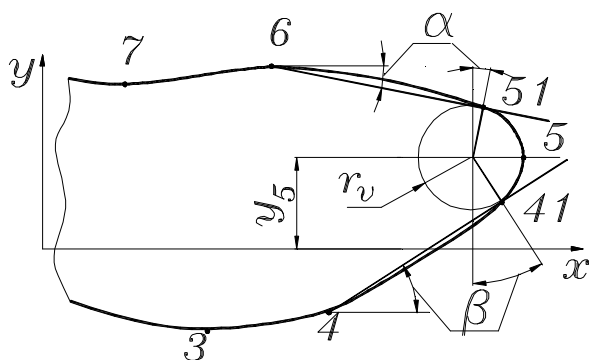


Рис. 4. Схема одноцентрової носкової частини

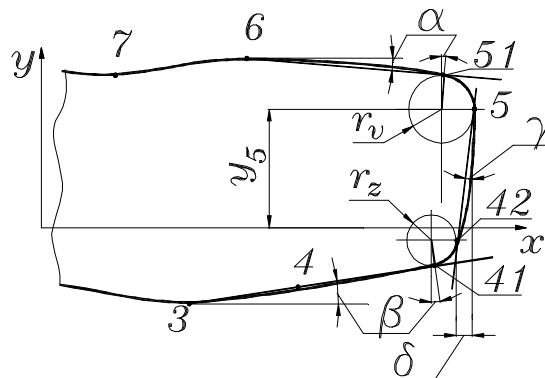


Рис. 5. Схема двоцентрової носкової частини

$$x_{41} = x_5 - r_v + r_v \sin b \quad (7)$$

$$y_{41} = y_5 - r_v \cos b \quad (8)$$

$$x_{51} = x_5 - r_v + r_v \sin a \quad (9)$$

$$y_{51} = y_5 + r_v \cos a \quad (10)$$

Аналогічно, для двоцентрової схеми носкової частини

$$a = \operatorname{arctg} \left( \frac{y_6 - y_5 + r_v}{x_5 - r_v - x_6} \right) \quad (11)$$

$$b = \operatorname{arctg} \left( \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \right) \quad (12)$$

$$x_{41} = x_5 - d - r_z + r_z \cos b \quad (13)$$

$$y_{41} = y_4 + (x_5 - d - r_z - x_4) \operatorname{tg} b \quad (14)$$

$$g = \operatorname{arctg} \left( \frac{d}{y_5 - y_{41} + r_z} \right) \quad (15)$$

$$x_{42} = x_5 - d \quad (16)$$

$$y_{42} = y_5 - \frac{d}{\operatorname{tg} g} \quad (17)$$

Координати точки 51 визначаються аналогічно одноцентровій схемі.

В залежності від співвідношення радіусів закруглення  $r_v$  і  $r_z$ , зміщення  $d$  абрис носкової частини може прийнятно моделюватись при наступних варіантах задавання координат точок носкової частини:

для одноцентрової схеми:

- тільки для точки 5;
- для точок 41 і 51;
- для точок 41, 5, 51.

Для двоцентрової схеми:

- для точок 42 і 5;
- для точок 41, 5, 51;
- для точок 41 і 51.

Кращі варіанти в цих випадках встановлюються дослідним шляхом. Відповідно до вибраної моделі задавання характерних точок носкової частини формується алгоритм програмного продукту трансформації початкового масиву координат, розрахованих за залежностями, приведеними в [17].

Для переходу від габаритного сліду прототипу до розгортки сліду експериментальним шляхом

встановлено, що УРП повинна проходити через основні характерні анатомічні точки стопи, які відображені на прототипі [21]. Однак, в перетині точки згину стопи УРП вужча на 18–20 мм від габариту сліду прототипу. Це пояснюється тим, що при отриманні габариту сліду описано зовнішні та внутрішні контури, а при отриманні розгортки використано грані (ребра) прототипу. З огляду на сучасні тенденції моди було обрано одноцентрову носкову частину, тому крива розгортки сліду прототипу представлена дев'ятьма керуючими точками (рис. 6), котрі змінюються залежно від  $K_D$ ,  $r_N$ ,  $W$ ,  $N$ .

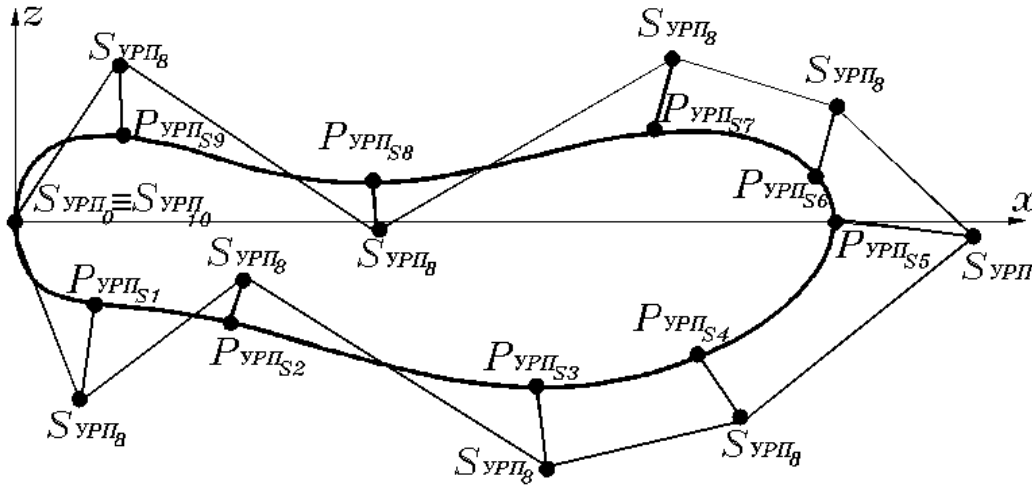


Рис. 6. Схема точок Безьє кривої сліду УРП

Використання методикою обробки багатофакторної моделі [23] дозволяє описати рівняння керуючих точок абрису, з врахуванням даних факторів впливу. Отримані результати підтверджують експериментальні дані наведені у [24]. Рівняння для знаходження положення керуючих точок в загальному представлені у [18]. У таблиці 1 вказано порядок залежностей та кількість рівнянь для кривої розгортки сліду для чоловічої та жіночої статево-вікових груп (позначення параметрів відповідає [18]).

Таблиця 1

**Характеристики кривої розгортки сліду прототипу**

Фактори впливу		Крива сліду																			
		Чоловіча статево-вікова група																			
порядок рівнянь	к-сть залежності	Керуючі точки																			
		Вісь X																			
		$P_{S1}$	$P_{S2}$	$P_{S3}$	$P_{S4}$	$P_{S5}$	$P_{S6}$	$P_{S7}$	$P_{S8}$	$P_{S9}$											
$K_D$		2	$i=18$	2	$i=18$	2	$i=18$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=18$	2	$i=18$		
$r_N$		2	$j=6$	2	$j=6$	2	$j=6$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=6$	2	$j=6$		
$W$		2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Вісь Z																			
$K_D$		2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=18$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=18$	2	$i=18$
$r_N$		2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=6$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=6$
$W$		1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	2	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	2	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Жіноча статево-вікова група																			
		Вісь X																			
$K_D$		2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$
$r_N$		2	$j=4$	2	$j=4$	1	$j=6$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	1	$j=6$	1	$j=6$	1	$j=6$	1	$j=6$
$W$		1	$g=2$	1	$g=2$	2	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Вісь Z																			
$K_D$		2	$i=8$	2	$i=8$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$
$r_N$		1	$j=4$	1	$j=4$	2	$j=4$	1	$j=6$	1	$j=6$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$	2	$j=4$
$W$		1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Числові значення коефіцієнтів в рівняннях отриманні методикою формування багатофакторних моделей не приводяться з метою скорочення об'єму статті.

Профільний абрис УРП описаний кривими стику, гребня та задника. Розглянемо детальніше кожну

з кривих УРП.

Точки кривої задника УРП співпадають з точками задника прототипу, які обгрунтовані в [22] та представлені на рисунку 7, за виключенням точки  $A_0 \equiv C_0$ , оскільки УРП не передбачає величини зсуву п'яткової частини стопи, тому координата точки

$$x_{A_0} \equiv x_{C_0} = 0 \quad (18)$$

Координати точок  $P_C$  знаходяться за формулами, наведеними в [17].

Як слідує з рисунка 8, керуючі точки кривої стику УРП тотожні керуючим точкам прототипу, однак положення точок по осі X зміщені вправо на величину що відповідає четвертій частині п'яткового заокруглення, для чоловічої статево-вікової групи

$$r_p = \left[ \left( 0,235 + \frac{0,562}{N - 235} \right) - 11 \right] \cdot \frac{P}{4} \quad (19)$$

та для жіночої статево-вікової групи

$$r_p = \left[ \left( 0,265 - \frac{0,37}{N - 205} \right) - 22 \right] \cdot \frac{P}{4} \quad (20)$$

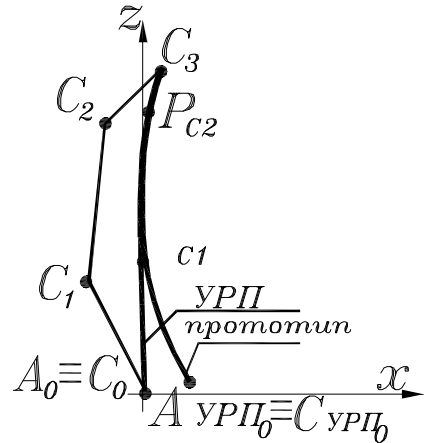


Рис. 7. Схема точок Безьє кривої задника прототипу та УРП

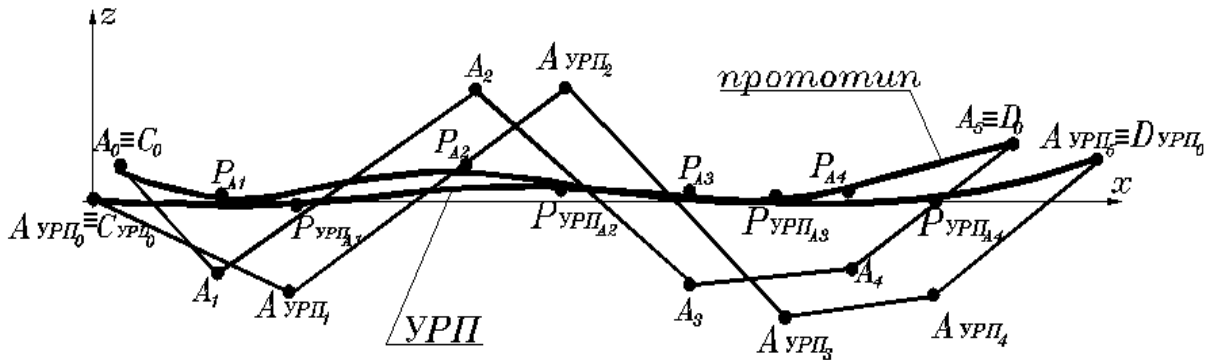


Рис. 8. Схема точок Безьє кривої стику прототипу та УРП

Керуючі точки кривої гребня УРП (рис.9) тотожні керуючими точкам прототипу, однак виключено з метою спрощення точка  $P_{D1}$  за рахунок того, що у відстань  $P_{URP_{D1}} - D_{URP_0}$  входить довжина носкового заокруглення. Аналогічно керуючим точкам кривої стику УРП по осі X зміщені вправо на величину, зазначену у формулах 19, 20 відповідно.

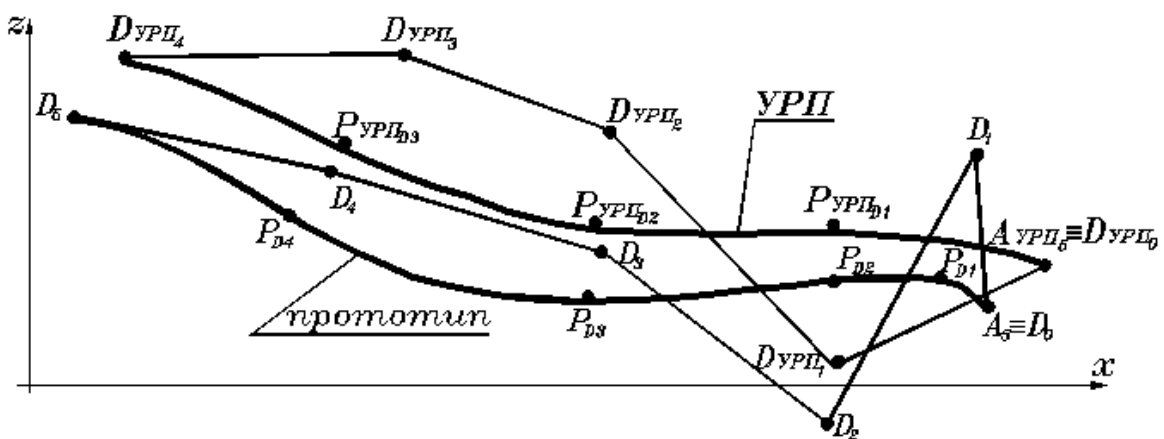


Рис. 9. Схема точок Безьє кривої гребня прототипу та УРП

У таблицях 2, 3 наведено порядок залежностей та кількість рівнянь для кривих стику та гребня чоловічої та жіночої статево-вікових груп. Аналогічно попереднім кривим числові значення не приводяться.

Емпірична методика ДВВ передбачає розробку аналітичного апарату зв'язків між розмірними характеристиками моделі та ДВВ. На рисунку 10 наведено алгоритм застосування емпіричної методики ДВВ.



## Характеристики кривої стику УРП

Фактори впливу		Чоловіча статеві-вікова група															
порядок рівнянь	к-сть залежностей	Керуючі точки															
		Вісь X						Вісь Z									
		$P_{A1}$		$P_{A2}$		$P_{A3}$		$P_{A4}$		$P_{A1}$		$P_{A2}$		$P_{A3}$		$P_{A4}$	
$K_D$		2	$i=8$	2	$i=8$	2	$i=8$	1	$i=8$	2	$i=8$	2	$i=8$	2	$i=8$	2	$i=8$
$H_K$		1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$
$W$		1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Фактори впливу		Жіноча статеві-вікова група															
$K_D$		1	$i=8$	2	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$
$H_K$		1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$
$W$		1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Таблиця 3

## Характеристики кривої гребня УРП

Фактори впливу		Чоловіча статеві-вікова група											
порядок рівнянь	к-сть залежностей	Керуючі точки											
		Вісь X						Вісь Z					
		$P_{D1}$		$P_{D2}$		$P_{D3}$		$P_{D1}$		$P_{D2}$		$P_{D3}$	
$K_D$		1	$i=12$	1	$i=12$	1	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$	1	$i=8$
$H_K$		2	$j=4$	1	$j=6$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$	1	$j=4$
$r_N$		1	$g=2$	2	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$	1	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Фактори впливу		Жіноча статеві-вікова група											
$K_D$		2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$	2	$i=12$
$H_K$		1	$j=6$	1	$j=6$	1	$j=6$	1	$j=6$	1	$j=6$	1	$j=6$
$r_N$		2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$	2	$g=2$
$N$		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Для раціонального переходу від координат керуючих точок кривих прототипу до керуючих точок кривих УРП використано концепцію подібності прототипу та УРП, тому що будь-який розмір прототипу співвідноситься до аналогічного параметра прототипу

$$x_{УРП} = x_{П} K_{УРП} ,$$

$$z_{УРП} = z_{П} K_{УРП} \quad (21)$$

де  $x_{УРП}$ ,  $x_{П}$  – розміри УРП та прототипу відповідно в певному напрямку деякого поздовжнього перетину з координатою  $y$  вздовж УРП чи прототипу,

$z_{УРП}$ ,  $z_{П}$  – розміри УРП та прототипу відповідно в певному напрямку деякого поперечного перетину з координатою  $x$  вздовж УРП чи прототипу,

$K_{УРП}$  – функція залежності, який враховує вплив характерних факторів.

Структура складових функцій залежностей отримана аналогічно вище зазначеній методиці і з метою скорочення об'єму статті не наводиться.

На рисунках 11, 12 наведено порівняння методів одержання розгорток. В якості еталонного вибрано комбінований, оскільки саме застосування цього методу забезпечує найбільш точне відтворення поверхні колодки, а для порівняння – спрощений шаблонний метод найчастіше використовують при проектуванні взуття. У виносках наведено абсолютні значення відхилення абрисів в критичних місцях від еталону, які свідчать про прийнятну точність емпіричної методики.



Рис. 10. Розгорнута схема алгоритму застосування емпіричної методики ДВВ

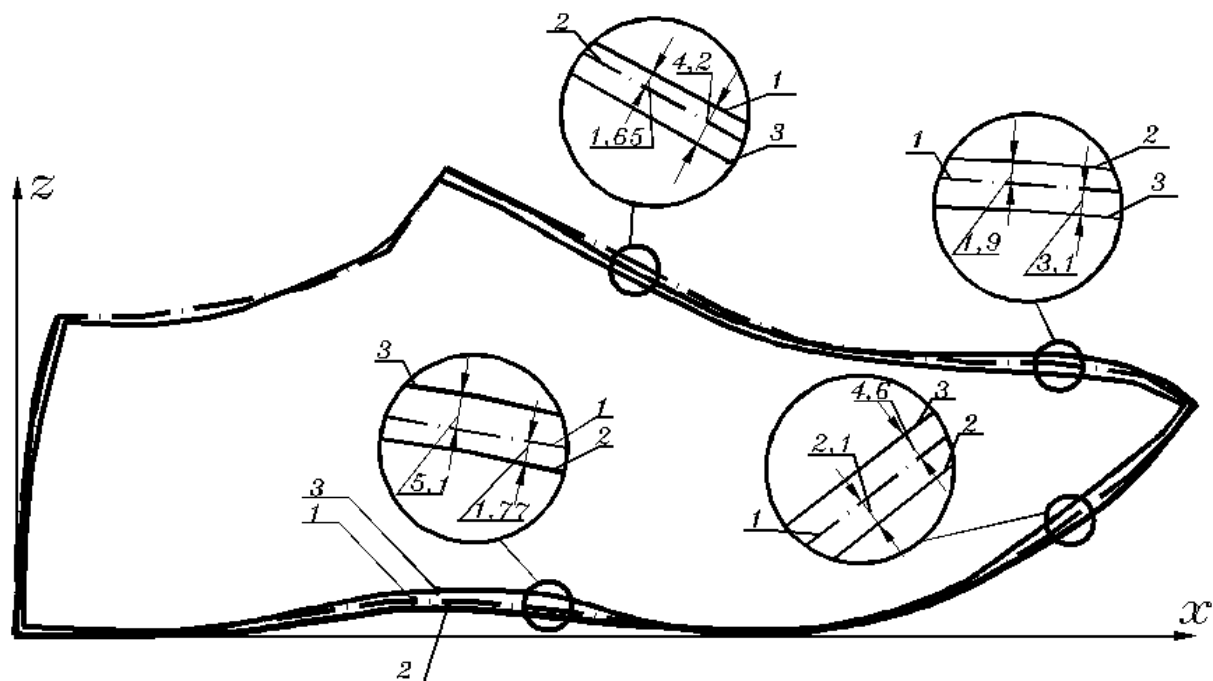


Рис. 11. Порівняння отримання розгортки (жіноча статево-вікова група) наступними методами:  
1 – комбінований, 2 – з використанням емпіричної моделі, 3 – спрощений шаблонний

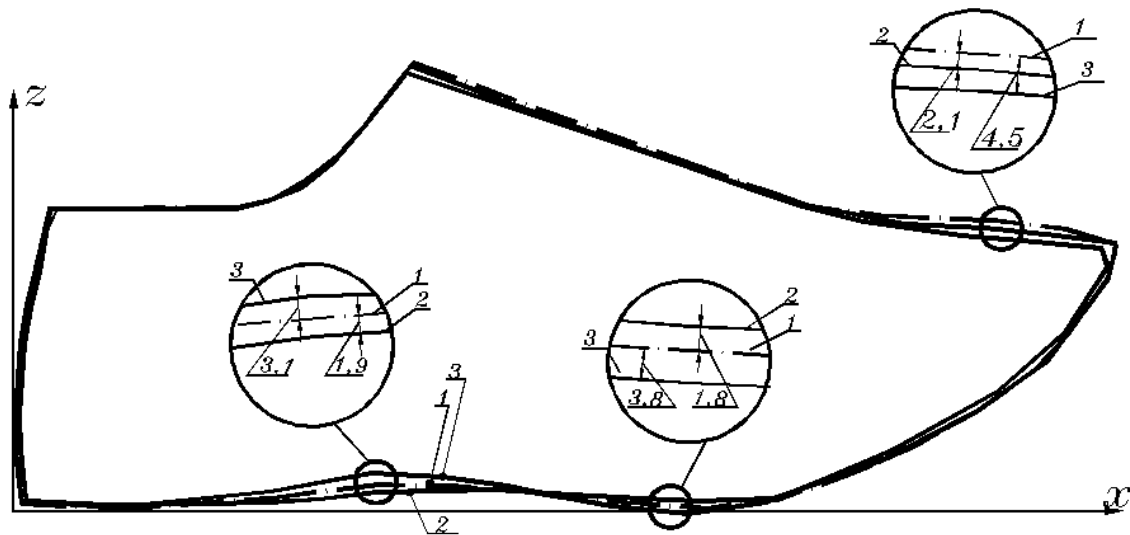


Рис. 12. Порівняння отримання розгортки (чоловіча статево-вікова група) наступними методами:  
1 – комбінований, 2 – з використанням емпіричної моделі, 3 – спрощений шаблонний

**Висновки:** 1. Запропонована емпірична методика може рекомендуватися для практичного застосування як така, що забезпечує достатню точність, високу продуктивність та враховує анатомічні характеристики стопи.

2. Перспективою емпіричної методики також слід вважати можливість вдосконалення емпіричної моделі в міру накопичення нових експериментальних даних.

### Література

1. Бегняк В.І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри : [навч. посібник] / Бегняк В.І. – Хмельницький, 2002. – 260 с.
2. Коновал В.П. Універсальний довідник взуттєвика : навчальний посібник / [Коновал В.П., Гаркавенко С.С., Свістунюва Л.Т. та ін.]. – К. : Лібра, 2005. – 720 с.
3. Бегняк В.І. Практикум з конструювання і проектування взуття : [навчальний посібник] / В.І. Бегняк, Т.С. Корж. – Хмельницький : ТУП, 2002. – С. 242.
4. Апанасенко В.П. Новое в конструировании моделей обуви / Апанасенко В.П. – М. : Легпромбытиздат, 1986. – С. 28–36.
5. Лиокумович В.Х. Проектирование обуви / Лиокумович В.Х. – М. : Легкая индустрия, 1971. – С. 112–118, 196–227.
6. Тонковид Л.А. Расчет и проектирование обуви массового производства / Тонковид Л.А. – К. : Техніка, 1977. – С. 21–26.
7. Раяцкас В.Л. Исследование методов моделирования верха обуви и разработка основ его проектирования по жесткой оболочке : автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук : 05.19.06 «Технология обувных, кожевенно-галантерейных и шорных изделий» / В. Л. Раяцкас. М., 1963. – 17 с.
8. Раяцкас В.Л. Построение условных разверток боковой поверхности колодок по жесткой оболочке / В.Л. Раяцкас, Ю.П. Зыбин // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1963. – № 1. – С. 20–22.
9. Ключникова В.М. Проектирование различных типов заготовок верха обуви по жесткой оболочке / Ключникова В.М., Кочеткова Т. С., Майорова Н.З. – М., 1973. – 346 с.
10. Холева Э. Основы рационального конструирования колодок и обуви. / Холева Э., Кашуба З., Луба Р. ; [пер. с польск.]. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1980. – 256 с.
11. Пат. України на винахід №25230 А. Спосіб одержання усередненої розгортки з бокових поверхонь колодки за допомогою шаблонів / Н.С. Храмова, В.П. Коновал ; опубл. 30.10.98, Бюл. № 6.
12. Храмова Н.С. Спосіб одержання умовної розгортки бічних поверхонь взуттєвої колодки / Н.С. Храмова, В.П. Коновал, В.І. Бегняк // Вісник ТУП. – 1999. – № 4, Ч. 2 – С. 26–27.
13. Храмова Н.С. Безконтактний спосіб одержання умовної розгортки бокової поверхні взуттєвої колодки / Н.С. Храмова, В.І. Бегняк // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. – 2002. – №1. – С. 138–140.
14. Пат. 2086165 РФ, МПК А43D1/04. Способ получения условной развертки поверхности колодки для обуви / О.К. Тулупов, Д.Р. Минц, Н.Б. Лейкис, М.А. Зеленая. (РФ). – № 5047921/12 ; заявлено 15.06.92 ; опубл. 10.08.97.
15. Пат. 93004313 РФ, МПК А43D8/30. Способ разметки плоского материала / Петров В.М. (РФ). – № 93004313/12 ; заявлено 1.02.93 ; опубл. 10.08.95.
16. Сказкин А.В. Разработка методики проектирования внутренней формы обуви на основе

виртуальної візуалізації поверхності стопи : автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук : 05.19.06 «Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных изделий» / А. В. Сказкин. – М., 2010. – 23 с.

17. Надопта Т.А. Особливості формування габаритного сліду прототипу / Т.А. Надопта // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 4. – С. 247–252.

18. Надопта Т.А. Характерні криві профільного абрису прототипу / Т.А. Надопта, Ю.М. Пухальська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 2. – С. 92–102.

19. Фукин В.А. Методика проектирования обувной колодки на основе технологии трехмерного сканирования / В.А. Фукин, А.В. Сказкин // Методика проектирования обувной колодки на основе технологии трехмерного сканирования. – М. : МГУДТ, 2010. № 17 (59) – С. 48–52.

20. Фукин В.А. Информационный метод проектирования обуви на базе 3D-биометрии / В.А. Фукин, А.В. Сказкин, В.Х. Буй // Дизайн и технологии. – М. : МГУДТ, 2008. – № 9 (51). – С. 31–41.

21. Надопта Т.А. Відображення анатомічної будови стопи за допомогою аналітичної моделі / Т.А. Надопта // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 3. – С. 161–166.

22. Надопта Т.А. Моделювання профільних абрисів прототипу взуття з використанням кривих Безье / Т.А. Надопта // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 6. – С. 222–226.

23. Надопта Т.А. Розмірні характеристики стопи / Т.А. Надопта // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 1. – С. 102–106.

24. Надопта Т.А. Уточнення положення базових ліній для проектування деталей верху взуття на основі антропометричних досліджень дорослого населення України / Т.А. Надопта, В.П. Лоба // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 2. – С.85–89.

Надійшла 28.9.2011 р.

УДК 678.55 (075.8)

І.А. МАНДЗІЮК, О.В. ШАПОВАЛ, П.А. ЛИСОЧЕНКО, Н.В. СОВА

Хмельницький національний університет,  
Київський національний університет технологій та дизайну

## РЕЦИКЛІНГ ВІДХОДІВ ПОЛІЕТИЛЕНУ

*Проведено дослідження матеріального рециклінгу відходів поліетиленової плівки за рахунок модифікації хімічним агентом, синтезованим із відходів поліетилентерефталату. Агент модифікації дозволяє стабілізувати в'язкість розплаву поліетилену, впливати на структуроутворення у вторинному ПЕ за рахунок подовження і розгалуження ланцюгів макромолекул.*

*A study of the material recycling of waste polyethylene film by chemical modification agent, synthesized from waste polyethylene terephthalate. Agent modification allows stabilization of the melt viscosity of polyethylene, to influence the structure formation in the secondary PE by lengthening and branching chains of macromolecules.*

Ключові слова: рециклінг, поліетилен, рециклат, модифікатор, в'язкість розплаву.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Галузі промисловості, пов'язані з виготовленням пластичних мас, їх переробкою залишаються провідними у економіці розвинутих країн. Виробництво пластмас у світі становило у 2009 році 150 млн т і за прогнозами у 2012 році досягне 220 млн т [1]. Найбільшим споживачем полімерних матеріалів (понад 1/3 загального об'єму) є індустрія пакувальних матеріалів. 50 % європейських товарів пакуються у пластмасову тару, 73 % відходів полімерної упаковки накопичуються у побутовому секторі (муніципальні відходи) і 20 % – у промисловості. Час використання пакувальних матеріалів надзвичайно короткий. У зв'язку зі збільшенням обсягів відходів пластиків виникає низка екологічних, економічних, соціальних проблем. Основним залишається питання охорони навколишнього середовища, однак, не менш важливим є те, що вся маса накопичених полімерних відходів – вагомий ресурсний потенціал [2] для країн з обмеженими сировинними ресурсами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Дослідження, виконані Око-Institerl e.v (Данія) [3] дозволяють запропонувати ієрархію у системі управління відходами пластиків: механічний рециклінг; хімічний рециклінг; сировинний рециклінг; спалювання з регенерацією енергії; полігонне захоронення. Рециклінг полімерних відходів ставить за мету:

- зберігання, скорочення витрат мінеральної сировини;
- обмеження емісії газів, що обумовлюють “парниковий” ефект;
- зведення до мінімуму впливу на здоров'я живих організмів.

Ефективність того чи іншого способу рециклінгу полімерних відходів запропоновано [4] оцінювати за кількісними показниками:

- сумарною кількістю супутніх відходів, що утворюються на стадії синтезу будь-якого полімеру.

Чим нижче ця величина, тим ефективніший процес синтезу;

- енергетичними витратами на деполімеризацію (деструкцію) полімерних відходів. Чим нижча енергія, тим легше реалізувати процес, відповідно ефективніший рециклінг.