

## ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОСІ СТОПИ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ВЗУТТЯ

*В статті запропоновано загальні положення, на основі яких передбачається розробити аналітичні основи та практичні рекомендації для знаходження точного положення умовної осі стопи. Наведено основні аналітичні аспекти, зокрема описано принципи застосування балки на пружній основі, що дасть змогу визначити положення осі стопи.*

*Ключові слова: антропометричні дослідження, умовна вісь стопи, аналітична модель.*

T.A. NADOPTA  
Khmelnyskyi National University

### THEORETICAL FOUNDATIONS FOR DETERMINING THE POSITION OF THE FOOT AXIS FOR DESIGNING SHOES

*The general provisions on the basis of which analytical foundations and practical advice for finding the exact position of the conditional axis of the foot will be developed. is considered. The analysis showed that existing methods of conditional axis of the foot defining is not perfect and do not allow to apply innovative technology design shoes. The hypothesis that the exact position of conditional axis of the foot can be determined based on the fact that it is the axis of equilibrium diagrams compressive stress as a consequence of reaction pressure on the bearing surface of the foot is proposed. The basic analytical aspects, including the application of the principles described beam on elastic foundation that will help determine the position of the axis of the foot is offered. Using the aforementioned principles potentially improve the accuracy of getting anatomical and morphological information about a foot and will create conditions for the automation of the design process.*

*Keywords: anthropometric study notional axis of the foot, analytical model.*

#### Постановка проблеми

Взуттєва галузь є багатонаменклатурним виробництвом, із швидкою зміною асортименту і орієнтована на масове споживання з необхідністю при цьому врахування анатомічних характеристик стоп.

Завдання виробництва взуттєвих виробів вимагає скорочення циклу "дослідження – розробка – виробництво". Особливо слід звернути увагу на такі важливі такі етапи, як дослідження та розробка, оскільки саме вони дозволяють визначити напрямок розвитку нової продукції, її техніко-економічні, естетичні показники, тощо.

Перехід до ринкових відносин вітчизняних підприємств взуттєвої промисловості виявив низьку конкурентоспроможність продукції, що випускається та застарілі методи проектування взуття. Тому виникає необхідність проведення технологічної модернізації взуттєвих підприємств, зокрема за рахунок впровадження автоматизованих методів проектування взуття та забезпечення на цій основі стабільного інноваційного розвитку галузі. Використання закордонних напрацювань щодо автоматизованого проектування взуття вимагає значних капіталовкладень, які не завжди є прийнятними для вітчизняних підприємств. Розробка ж власних систем потребує попередньої розробки їх наукової аналітичної основи, спираючись при цьому на концепцію виробництва, характерного для масового, але враховуючи при цьому анатомічні характеристики стоп.

#### Аналіз досліджень та публікацій

Відомо, що без достовірної інформації про стопу неможливо розробити зручне і комфортне взуття, яке задовольняло б всі вимоги споживача [1]. З цією метою постійно створюються нові та вдосконалюються вже існуючі методи та обладнання для отримання антропометричної інформації про стопу. При цьому для проведення антропометричних досліджень важливе значення має положення осі стопи. На практиці ця вісь служить однією з осей координат [2].

В цьому сенсі вибір положення осі стопи, як теоретичної бази для проектування взуття становить важливу теоретичну та практичну задачу.

Встановлено, що умовна вісь стопи (УВС) у п'ятковій частині проходить через центр п'яtkового заокруглення. Однак існує декілька напрямків розташування УВС у носково-пучкової частині стопи. Запропоновано [3] проводити умовну вісь стопи в носковій частині через перший міжпальцевий проміжок. Як зазначено в [4], вісь стопи проходить між другим та третім пальцями (через другий міжпальцевий проміжок). На основі досліджень розподілу навантажень на опорній поверхні стопи встановлено, що вісь стопи у носковій частині проходить між другими та третіми головками плеснових кісток [5]. В роботі [6] прийнято проводити умовну вісь стопи через середину великого пальця, оскільки великий палець повинен продовжувати по прямій плеснові кістки. В [7] визначає умовну вісь як вісь рівноваги стопи, що проходить всередині кута, утвореного дотичними до зовнішньої та внутрішньої сторін відбитка стопи.

Проведений аналіз вказує на те, що існуючі способи проведення умовної осі стопи базуються на основі емпіричних досліджень, які були проведенні 30–50 років тому. З огляду на сучасні технології проектування необхідно аналітично обґрунтувати розташування умовної осі стопи з метою подальшого

використання у розробці основ автоматизованого проектування взуття, враховуючи при цьому анатомо-морфо-функціональні властивості стоп, що дозволить підвищити рівень конкурентоспроможності взуттєвих виробів.

### Мета і завдання досліджень

Метою дослідження є визначення положення умовної осі стопи, котра використовується при проведенні антропометричних досліджень стоп та проектуванні взуття.

Завдання дослідження:

- навести основні підходи до визначення положення умовної осі стопи;
- розробити теоретичні положення визначення умовної осі стопи з використанням аналітичних моделей.

### Виклад основного матеріалу

Оскільки поняття осі, яка використовується в різних аспектах дослідження та практичного застосування, суттєво відрізняється, то в даній роботі мова йде про вісь стопи, яка буде однією з осей координат, направленої вздовж довжини стопи.

Вісь стопи, яка необхідна при проведенні антропометричних досліджень, може бути отримана:

- експериментально (Ю.П. Зибін, Л. Г.Семенова та ін.): проведено дослідження розподілу навантаження на опорній поверхні стопи та основі нього визначено положення осі;
- геометрично (Ченцова К.І. та ін.): побудова за відповідною методикою, яка визначає вісь як геометричне місце точок рівноваги стопи, що проходить всередині кута, утвореного дотичними до зовнішньої та внутрішньої сторін відбитка стопи;
- теоретично: на базі відповідної гіпотези або принципу, що ґрунтується на силовій взаємодії стопи та опорної поверхні. На жаль, цей шлях поки що у вітчизняній науці не має прийнятного апаратного рішення.

На практиці найчастіше використовуються перші два методи, які відзначаються невисокою точністю і низькою трудомісткістю. Спроектване на базі цих методів взуття може призвести до порушення нормального розподілу маси тіла, спричинить напругу м'язів і виникнення патологічних видозмін організму. А також проблематично їх застосування при створенні автоматизованого методу проектування колодок та взуття в цілому.

З огляду на зазначене, висунута гіпотеза про те, що точне положення умовної осі стопи може бути визначено, виходячи з того, що вона є віссю рівноваги епюри напружень стиску як наслідку реакції опорної поверхні на тиск стопи.

Розглянемо більш детально запропоновані принципи визначення УВС.

Для цього проєкцію стопи на горизонтальну площину в характерних місцях, які враховують анатомо-морфо-функціональні властивості, розбивають на ділянки з певним кроком  $h$ . Далі необхідно визначити реакцію в кожній ділянці та встановити суму реакцій по всій проєкції стопи, що дасть змогу отримати положення УВС.

У інженерній практиці часто використовують поняття балка, що являє собою конструктивний елемент, який може витримувати значні навантаження на згин. Балка на пружній основі – це балка, яка опирається по всій своїй довжині на пружну основу, яка дає в кожній точці балки реакцію, пропорційну прогину балки в даній точці (рис. 1).

При вигині вісь балки викривляється, а поперечні перерізи переміщуються поступально і повертаються навколо нейтральних осей, залишаючись при цьому нормальними до вигнутої поздовжньої осі. Деформована (вигнута) поздовжня вісь балки називається пружною лінією, а поступальні переміщення перетинів, рівні переміщенням  $y = y(x)$  їх центрів ваги перерізів, – прогинами балки.

Розрахунок балки на пружній основі в строгій постановці зводиться до вирішення контактної задачі між конструкцією і основою. Оскільки вирішення контактних задач в строгій постановці загальновідома, тому для вирішення інженерних завдань, пов'язаних з розрахунком балки застосовуються наближені підходи, суть яких полягає в наступному. Статично невизначеної така балка буде тому, що умова статички – сума навантажень дорівнює всій реакції основи – не дає можливості встановити розподіл цієї реакції по довжині балки, а значить, обчислити згинальні моменти і поперечні сили.

Розглянемо розрахунок балок на пружній основі з застосуванням гіпотези про пропорційну залежності між реакцією і осадкою основи [8]. Ця гіпотеза була запропонована Н.І. Фусс в 1801 р. і застосована Вінклером в 1867 р. до балок на пружній основі. Відповідно до гіпотези Фусса – Вінклера, реакція пружної основи в кожній точці пропорційна прогину балки :

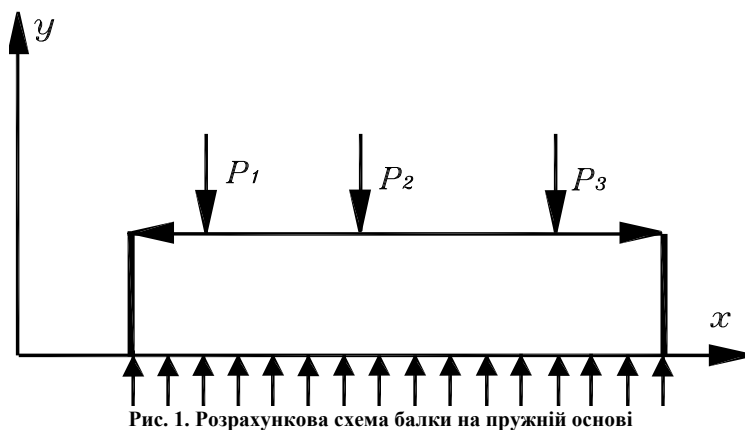


Рис. 1. Розрахункова схема балки на пружній основі

$$P = -k_0 \cdot y \cdot b = -k \cdot y,$$

де  $b$  – ширина балки,  
 $y$  – просадка основи,  
 $k_0$  – постійний для даної основи коефіцієнт (коефіцієнт постелі).

Пропозиція ввести в розрахунок коефіцієнт пропорційності  $k$ , який ще називають «коефіцієнтом постелі», було вперше зроблено російським академіком Миколою Івановичем Фусс в 1801 році. Приймаючи це припущення, отримуємо, що інтенсивність реакції основи в кожній точці сила дорівнює  $ky$  і вимірюється в одиницях сили і довжини; розмірність коефіцієнта  $k$  при цьому буде сила і квадрат довжини. Будемо вважати, що основа надає реакцію при прогинах балки як вниз, так і вгору. Введені припущення про пропорційність реакцій прогину є наближенням, хоча і досить близьким до дійсних умов.

Інтенсивність реакції в кожній точці пов'язана з прогинами балки. Тому для вирішення завдання необхідно знайти спочатку рівняння зігнутої осі  $y=f(x)$ , а вже потім формули для обчислення згинального моменту і поперечної сили.

Означені принципи будемо застосовувати в подальшому для визначення точного визначення положення умовної осі стопи, що необхідно при розробці аналітичних основ автоматизованого проектування взуття.

### Висновки

1. Проведений аналіз показав, що існуючі способи визначення та проведення умовної осі стопи є не досконалими та не дають змоги в повній мірі застосовувати інноваційні технології проектування взуття.

2. Запропоновані загальні положення, на основі яких передбачається розробити аналітичні основи та практичні рекомендації для знаходження точного положення умовної осі стопи.

3. Використання означених принципів потенційно підвищить точність отримання анатомо-морфологічної інформації про стопу та дозволить створити умови для автоматизації процесу проектування.

### Література

1. Надопта Т.А. Розробка методу проектування деталей верху взуття на основі аналітичної моделі прототипу : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.18 / Надопта Тетяна Анатоліївна – Хмельницький, 2013. – 214 с.
2. Надопта Т. А. Передмова до розробки аналітичного методу проектування деталей верху взуття / Т.А. Надопта // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 3. – С. 235–239.
3. Замарашкин Н.В. Обувь: проектирование, производство, эксплуатация / Н.В. Замарашкин, К. Н. Замарашкин. – СПб : СПГУТД, 2002. – 543 с.
4. Фукин В. А. Проектирование внутренней формы обуви / Виталий Александрович Фукин – М. : Легпромбытиздат, 1985. – С. 47–49.
5. Зыбин Ю. П. Конструирование изделий из кожи / Юрий Петрович Зыбин – М. : Легкая индустрия, 1966. – 318 с.
6. Пат. 94006846 РФ, МПК А43D1/00. Способ измерения поверхности объекта, преимущественно следа колодки или затянутой обуви / Комиссаров А. Г., Катвалян Ю. Г., Татаров С. В. (РФ). – № 94006846/12 ; заявлено 22.02.94 ; опубл. 10.12.95.
7. Ченцова К.И. Стопа и рациональная обувь / Клавдия Иустиновна Ченцова – М. : Легкая индустрия, 1974. – 216 с.
8. Лобас Л.Г. Теоретична механіка : підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів / Л.Г. Лобас, Л.Г. Лобас. – К. : ДЕТУТ, 2008. – 406 с.

### References

1. Nadopta T.A. Rozrobka metodu proektuvannya detalej verhu vzuttya na osnovi analitichnoi modeli prototipu: dis. ...kand. tekhn. nauk: 05.18.18 / Nadopta Tetyana Anatolivna – Khmelnytsky, 2013. – 214 s.
2. Nadopta T. A. Peredmova do rozrobki analitichnogo metodu proektuvannya detalej verhu vzuttya / T.A. Nadopta // Herald of Khmelnytsky National University. – 2008, № 3. – S. 235–239
3. Zamarashkin N.V. Obuv': proektirovanie, proizvodstvo, ehkspluataciya / N.V.Zamarashkin, K. N.Zamarashkin / Spb. : SPGUTD, 2002. – 543 s.
4. Fukin V. A. Proektirovanie vnutrennej formy obuvi / Vitalij Aleksandrovich Fukin – M. : Legprombytizdat, 1985. – S.47-49.
5. Zybin YU. P. Konstruirovaniye izdelij iz kozhi / YUrij Petrovich Zybin – M. : Legkaya industriya, 1966. – 318 s.
6. Pat. 94006846 RF, MPK A43D1/00. Sposob izmereniya poverhnosti obekta, preimushchestvenno sleda kolodki ili zatyanytoj obuvi / Komissarov A. G., Katvalyan YU. G., Tatarov S. V. (RF). – № 94006846/12; zayavleno 22.02.94; opubl. 10.12.95.
7. Chencova K.I. Stopa i racional'naya obuv' / Klavdiya Iustinovna Chencova – M. : Legkaya industriya, 1974. – 216 s.
8. Lobas L.G.. Teoretichna mekhanika: Pidruchnik dlya studentiv vishchih tekhnichnih navchal'nih zakladiv / L.G. Lobas, Lyudm.G. Lobas. – K. : DETUT, 2008. – 406 s

Рецензія/Peer review : 6.4.2015 р. Надрукована/Printed :15.4.2015 р.  
 Рецензент: д.т.н., проф. Параска Г.Б.