

УДК 685.341.86

СОЛТИК І.Т., ДОМБРОВСЬКИЙ А.Б.

Хмельницький національний університет

**РОЗРАХУНОК ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ
ПРОЕКТУВАННЯ КОЛОДОК ДЛЯ ДІТЕЙ ВІКОМ 4,5-10
РОКІВ З ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ
СТОП**

Мета. Розрахунок та автоматизоване проектування раціональної внутрішньої форми взуття, а саме контурів поперечних і повздожжніх перерізів ортопедичних колодок для лікування плоско-вальгусних стоп дітей віком від 4,5 до 10 років.

Методика. Для проектування контурів поперечних і повздожжніх перерізів ортопедичних колодок застосовано радіусографічний метод побудови.

Результати. Спроектовано спеціальні колодки для виготовлення ортопедичних черевиків для дітей з плоско-вальгусними стопами, для яких довжина стопи рівна 185 мм.

Наукова новизна. В автоматизованому середовищі спроектовано ортопедичні колодки, які мають деякі відмінності порівняно із колодками для звичайного взуття того ж розміру, а саме в них децю підвищена гомілкоча частина та є випуклості в місцях зовнішньої і внутрішньої щиколоток.

Практична значимість. Успішне вирішення задачі проектування раціональної внутрішньої форми взуття дозволить підвищити точність перетворення формо-розмірів умовної середньої стопи в параметри взуттєвої колодки.

Ключові слова: стопа дитини, плоскостопість, автоматизоване проектування, ортопедична колодка, плоско-вальгусна стопа.

Вступ. В результаті попереднього аналізу даних обміру стоп, одержаних в Хмельницькому центрі ортопедії і травматології, встановлено, що найпоширенішою патологією у дітей віком від 4,5 до 10 років, які користуються взуттям з розмірами від 170 до 200, виявилась плоско-вальгусна деформація стопи [1].

Для демонстрації відхилень, які спостерігались у стопі, визначено умовну середню стопу дитини (УССд), для якої довжина стопи $D_{ст} = 185$ мм, і на основі її плантограми та параметрів стопи, показано, як визначається степінь плоскостопості, вальгусне положення стопи та ін. [1]

Параметри стоп дітей з плоско-вальгусними стопами були оброблені методами математичної статистики, для визначення залежності між параметрами [2]. На основі складеної цифрової моделі і геометричного образу умовної середньої плоско-вальгусної стопи дітей віком від 4,5 до 10 років, які користуються взуттям з розмірами від 170 до 200, в цій роботі ми спроектуюмо берцеву колодку для визначеної патології в автоматизованому режимі.

В результаті аналізу зарубіжних та вітчизняних наукових робіт [1] виявлено, що використання теоретичних і практичних засад проектування раціонального взуття головним чином пов'язано з дослідженням середньо-типових стоп і застосуванням при обробці результатів випробувань методів математичного аналізу. На основі отриманих експериментальних даних сформовано уточнену базу даних для плоско-вальгусних стоп дітей віком 4,5-10 років. Проведені дослідження дають змогу перетворити одержані формо-розміри УССд в формо-розміри колодки для дитячого ортопедичного взуття, які в подальшому

будуть використовуватись для проектування спеціальних колодок і в результаті взуття для визначеної патології [2].

Постановка завдання. Завданням даної роботи є розрахунок та автоматизоване проектування ортопедичних колодок для виготовлення взуття дітям віком від 4,5 до 10 років з плоско-вальгусними стопами, які користуються взуттям з розмірами від 170 до 200.

Результати досліджень. Успішне вирішення задачі проектування раціональної внутрішньої форми взуття в значній мірі пов'язано з питаннями перетворення формо-розмірів УССд в параметри взуттєвої колодки (берцевої колодки). Основні положення цього перетворення, які визначають раціональність внутрішньої форми взуття для дорослого населення, опрацьовані достатньо глибоко. Однак не всі вони можуть бути перенесені на дитяче ортопедичне взуття. Тому тут представлені тільки ті із них, які визначають раціональність внутрішньої форми дитячого ортопедичного взуття.

Довжина розгортки сліду $D_{сл}$ визначається співвідношенням [3]:

$$D_{сл} = D_{см} + P - S, \quad (1)$$

де $D_{см}$ – довжина стопи здорової дитини, P – нормальний припуск в носковій частині, для дитячого взуття він рівний 10 мм; S – зсув устілки в п'ятковій частині

$$S = 0,02 \cdot D_{см} + 0,05 \cdot B_{к}, \quad (2)$$

де $B_{к}$ – висота припіднятості п'яткової частини, для дитячого взуття рівна 1-15 мм.

Форма сліду в п'ятковій частині відображає форму плантарної поверхні п'ятки дитячої стопи. В переймовій частині сліду з внутрішньої сторони передбачається зазор між стопою і слідом взуття. Габаритна лінія колодки в п'ятковій і геленковій частині проектується за відповідною габаритною лінією УССд [3].

Основні поперечні розміри колодки можуть бути визначені за співвідношеннями 3, 4 та 5 [3]:

$$O_{к} = \frac{O_{см} \cdot (1 - 0,001[\varphi])}{K_{уc} \cdot (1 + 0,01 \cdot \varepsilon)}, \quad (3)$$

$$Ш_{к} = \frac{Ш_{см} \cdot (1 - 0,001 \cdot K_{ш} \cdot [\varphi])}{K_{уc} \cdot (1 + 0,01 \cdot \varepsilon)}, \quad (4)$$

$$B_{к} = \frac{B_{см} \cdot (1 - 0,001 \cdot K_{в} \cdot [\varphi])}{K_{уc} \cdot (1 + 0,01 \cdot \varepsilon)}, \quad (5)$$

де $O_{к}$, $Ш_{к}$, $B_{к}$ – відповідно периметр, ширина і висота перерізу колодки; $O_{см}$, $Ш_{см}$, $B_{см}$ – відповідно периметр, ширина і висота перерізу УССд; $[\varphi]$ – допустима деформація стиснення м'яких тканин дитячої стопи, % [4]; ε – відносна деформація розтягу верху взуття дитячою стопою, %; $K_{ш}$, $K_{в}$ – коефіцієнти пропорційності; $K_{уc}$ – коефіцієнт, який характеризує величину усадки верху взуття після зняття останнього з колодки [3, 4].

Геометричні параметри перерізів колодки при апроксимації їх радіусографічним методом можуть визначатись через зміну радіусів ΔR_{ij} ; кривизни і міжцентрових відстаней Δa_{ij} ділянок перерізів [3, 4]:

$$\Delta R_{ij} = 0,01 \cdot R_{cmij} \cdot \alpha_{ij} \cdot \left([\varphi_j] - \varepsilon_j \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{ij}}{4} \right); \quad (6)$$

$$\Delta \alpha_{ij} = (R_{cmij} - R_{cmi\pm 1, j}) \cdot \alpha_{i\pm 1, j} \cdot 0,01 \left([\varphi_j] - \varepsilon_j \right); \quad (7)$$

де R_{cmij} , α_{ij} – відповідно радіус кривизни і центральний кут i -ої ділянки j -го поперечного перерізу дитячої плоско-вальгусної стопи; $[\varphi_j]$ – допустима деформація стиснення дитячої стопи взуттям в j -ому перерізі, %; ε_j – відносна деформація стиснення матеріалів верху взуття дитячою стопою в i -ому перерізі, %.

Знак «+» чи «-» залежить від того, в яку сторону від i -ої ділянки перерізу визначається зміна величини міжцентрової відстані.

Корегування поперечних перерізів полягає в тому, що в перерізі $0,18D_{cm}$ кривизна в місці щиколотки проводиться тим же радіусом, що і радіус відповідно апроксимованого контуру перерізу стопи.

Розрахунок та проектування колодки для взуття. У відповідності з наведеними вище положеннями перетворювали формо-розміри УССд в формо-розміри колодки для дитячого ортопедичного взуття. Вихідні дані для розрахунків, наведені в табл.1.

Значення $[\varphi]$ визначається в залежності від зміни розмірів дитячих стоп від зусилля і стиснення [3], задаючи значення, при яких тиск ортопедичного взуття на стопу не перевищує фізіологічні межі. При цьому приймали до уваги те, що берцева частина стискує стопу на незначну величину. Величина ε встановлена шляхом розтягу зразків, які вирубувалися із шкіри, при зусиллях, рівним зусиллям стиснення стопи до фізіологічно-допустимого тиску. Коефіцієнт K_{yc} прийнятий рівним 0,985 [3]. Значення коефіцієнтів $K_{ш}$ і K_{ε} прийняті згідно роботи [3].

У табл. 2 наведені розрахункові розміри колодки, вони дещо перевищують контрольні величини, через більш широтні розміри стопи і відповідно обхватні.

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку параметрів колодки для виготовлення дитячих літніх ортопедичних черевиків

Перерізи (в долях від D_{cm})	Вихідні дані								
	O_{cm} , мм	$Ш_{cm}$, мм	B_{cm} , мм	$[\varphi]$, %	E , %	K_{yc}	$K_{ш}$	K_{ε}	$T_{во}$, мм
0,07	181	44	80	1,3	1,03	0,985	-0,15	-	1,8
0,18	192	56	80	1,3	1,03	0,985	-0,15	-	1,8
0,30	190	57	80	1,3	1,03	0,98	-0,15	-	1,8
0,41	192	58	80	1,6	1,1	0,985	-0,15	-	1,8
0,50	213	61	80	1,6	1,1	0,985	1,6	-	1,8
0,62	212	70	54	1,95	1,15	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,68	206	72	41	1,95	1,15	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,73	199,5	74	33	1,95	1,15	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,80	189	72	30	1,95	1,1	0,985	1,6	-0,17	1,8
0,90	165	54	23	1,95	1,1	0,985	1,6	-0,17	1,8

Таблиця 2

Розрахункові параметри колодки для дитячого ортопедичного взуття

Перерізи (в долях від D_{cm})	Параметри, мм		
	Ok'	$Шк'$	$Bк'$
0,07	181,2	49	80
0,18	192,4	58,5	80
0,30	191	59,5	80
0,41	194,4	61	80
0,50	208,7	61	80
0,62	213	76	59(60)
0,68	208,7	76	47
0,73	194,2	76	40(40,5)
0,80	183	74	23(25)
0,90	160,8	67	26(33)

Габаритна проекція колодки в п'ятковій частині до перерізу $0,41D_{cm}$ проектується з врахуванням величини піврічного приросту (1,3%) рівна величині допустимого стиснення п'ятки (1,3%), тому вони взаємно виключають один одного. Тому габаритна проекція п'яркової частини колодки проходить на відстані $T_{\theta 0} = 2$ мм від габаритної проекції стопи.

В геленково-перейменовому відділі динамічні зміни дитячих стоп значно більші – 4%, але тут більша деформація верху взуття і допустима величина стиснення; сумарна їх величина в цій частині колодки рівна 2,7%. Враховуючи різницю між динамічними змінами, піврічним приростом з однієї сторони і сумарною величиною $[\varphi]$ і ε з іншої, контур габариту колодки між перерізами $0,41$ і $0,62 D_{cm}$ проходить на відстані 3,0 мм.

В носково-пучковій частині рухливість стопи значно більша, тому сумарна відносна величина стиснення стопи і деформація верху тут вже складає 3,1%, що з врахуванням піврічного приросту стопи відповідає динамічним змінам дитячих стоп. Тому контур габариту колодки в пучковій частині проходить на відстані $T_{\theta 0} = 2$ мм від контуру габариту стопи, а в пальцевому відділі, враховуючи велику його рухливість, контур габариту колодки засікає контур габариту стопи. При цьому величина цієї засічки з внутрішньої сторони значно менша відповідної величини з зовнішньої сторони, що повинно сприяти правильному формуванню пальцевого відділу і виключенню відхилення великого пальця назовні.

Носкова частина виконується у вигляді правильного овалу, який проходить через точку 6 нормального припуску (рис. 1).

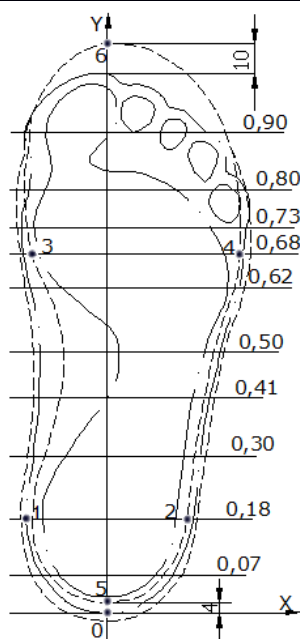


Рис. 1. Проектування розгортки сліду і габаритної проекції колодки для дитячого ортопедичного взуття

Слід відмітити, що при проектуванні габариту колодки необхідно враховувати розрахункові значення ширини $Ш_k$ перерізів колодки за табл. 2. Розбіжності між розрахунковими і практичними величинами $Ш_k$ не повинні перевищувати 0,65-0,97%, тобто половини допустимої відносної деформації стопи взуттям – інакше величина розбіжностей буде відчуватися стопою, яка за формо-розмірами відповідає внутрішній формі взуття, що проектується.

Контур розгортки сліду колодки проходить практично посередині між контуром відбитка і габариту стопи в п'ятковій і геленковій частинах, виходячи в носковій частині на лінію габариту колодки. При цьому контур розгортки сліду обов'язково проходить через точки 1, 2, 3, 4, 5 та 6 контрольних розмірів колодки. Перпендикулярно осі ОУ на відстанях 0,07; 0,18; 0,30; 0,41; 0,50; 0,62; 0,68; 0,73; 0,8; 0,9 від довжини стопи проводяться лінії поперечно-вертикальних перерізів.

Відстань X_j від осі ОУ до точок 1, 2, 3 та 4 контрольних розмірів сліду колодки сумісно з розрахунковими висотними розмірами Z_j являються необхідними даними для автоматизованого проектування поперечно-вертикальних і повздовжньо-осьового перерізу. Крім того, вони використовуються при радіусографічній апроксимації контурів габариту і сліду колодки. При проектуванні перерізів колодки для дитячих літніх черевиків було використане програмне забезпечення побудови контурів перерізів колодки за габаритними точками, яке запропоноване в роботі [5] і ЕОМ з принтером.

В програмне забезпечення були внесені зміни, пов'язані зі специфічними особливостями деформованих дитячих стоп, величиною піврічного приросту стопи, динамічних змін. Був розроблений алгоритм для розрахунку параметрів побудови контуру повздовжньо-осьового перерізу колодки для дитячого ортопедичного взуття.

На рис. 2 показані креслення повздовжньо-осьового перерізу колодки для дитячих ортопедичних літніх черевиків із суміщеними з ним фронтальними проекціями ребра сліду, зовнішнього і внутрішнього габаритів, які виконані на принтері. Всі контури апроксимовані радіусографічним методом за програмою [5]. Автоматизованим методом також виконувались поперечно-вертикальні перерізи берцевої колодки. За отриманими геометричними параметрами в подальшому можна сформувати неперервний каркас перерізів поверхні колодки з будь-якою заданою точністю.

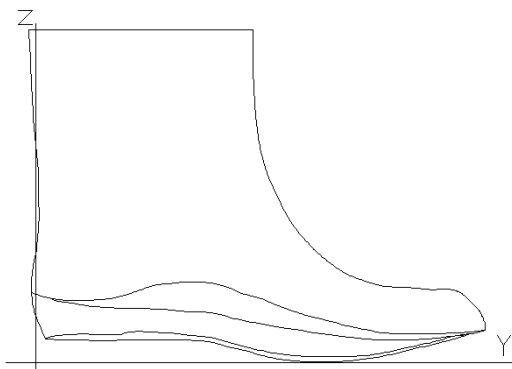


Рис. 2. Контур повздовжньо-осьового перерізу колодки для дитячого ортопедичного взуття з суміщеними з ним фронтальними проекціями ребра сліду, зовнішнього і внутрішнього габаритів

Висновки. На основі отриманих експериментальних даних та сформованої уточненої бази даних для плоско-вальгусних стоп дітей віком 4,5-10 років були перетворені формо-розміри умовної середньої стопи дитини в формо-розміри колодки для дитячого ортопедичного взуття, які використовувались при проектуванні спеціальних колодок для визначеної патології. В автоматизованому середовищі спроектована берцева колодка, яка має деякі відмінності порівняно із колодкою для звичайного взуття того ж розміру, а саме в неї дещо підвищена гомілкорова частина та є випуклості в місцях зовнішньої і внутрішньої щиколоток.

Література

1. Домбровський А.Б. Дослідження плоско-вальгусних стоп дітей віком 4,5–10 років з метою проектування спеціальних колодок / А. Б. Домбровський, І. Т. Солтик // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2014. - № 6. - С. 101-107.
2. Солтик І.Т. Цифрова модель і геометричний образ умовної середньої плоско-вальгусної стопи дітей віком 4,5-10 років / І. Т. Солтик // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2015. - №6. - С. 111-115.
3. Кочеткова Т.С. Антропологические и биомеханические основы конструирования изделий из кожи / Т.С. Кочеткова, В.М. Ключникова. – Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

References

1. Dombrovskiy A.B., Soltyk I.T. (2014) *Doslidzhennja plosko-valjghusnykh stop ditej vikom 4,5–10 rokiv z metoju proektuvannja specialnykh kolodok*. Visnyk Khmeljnyckogho nacionaljnogho universytetu. Tekhnichni nauky. no. 6. p. 101-107. [in Ukrainian]
2. Soltyk I.T. (2015) *Tsyfrova model i heometrychnyi obraz umovnoi serednoi plosko-valghusnoi stopy ditei vikom 4,5-10 rokiv*. Visnyk Khmeljnyckogho nacionaljnogho universytetu. Tekhnichni nauky. no.6. p. 111-115. [in Ukrainian]
3. Kochetkova T.S., Klyuchnikova V.M. (1991) *Antropologicheskie i biomechanicheskie osnovyi konstruirovaniya izdeliy iz kozhi*. Uchebnik dlya vuzov. – M.: Legprombytizdat. [in Russian]
4. Lyba V.P., Fukyn V.A., Dombrovskiy A.B.

4. Лыба В.П. Расчет и проектирование сечений колодки для полимерной обуви / Лыба В.П., Фукин В.А., Домбровский А.Б. – Каучук и резина. - 1987. - № 10. – С. 29-31.
5. Бекк Н.В. Совершенствование способа проектирования внутренней формы полимерной обуви с использованием вычислительной техники и машинной графики. – Автореф. Дис. ...канд. техн. наук. – М.: 1988.

(1987) *Raschet y proektyrovanye sechenyi kolodky dlia polimernoj obuvy*. Kauchuk y rezyna. no. 10. p. 29-31. [in Russian]
5. Bekk N. V. (1988) *Sovershenstvovanye sposoba proektyrovaniya vnutrennei formy polimernoj obuvy s yspolzovanyem vychyslytelnoi tekhniky y mashynnoi hrafyky*. Avtoref.dys...kand. tekhn. Nauk. [in Russian]

РАСЧЕТ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛОДОК ДЛЯ ДЕТЕЙ ВОЗРАСТОМ 4,5-10 ЛЕТ С ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ СТОП СОЛТЫК И.Т., ДОМБРОВСКИЙ А.Б.

Хмельницкий национальный университет

Цель. Расчет и автоматизированное проектирование рациональной внутренней формы обуви, а именно контуров поперечных и продольных сечений ортопедических колодок для лечения плоско-вальгусных стоп детей возрастом от 4,5 до 10 лет.

Методика. Для проектирования контуров поперечных и продольных сечений ортопедических колодок применён радиусографичный метод построения.

Результаты. Спроектировано специальные колодки для изготовления ортопедических ботинок для детей с плоско-вальгусными стопами, для которых длина стопы равна 185 мм.

Научная новизна. В автоматизированной среде спроектированы ортопедические колодки, которые имеют некоторые отличия по сравнению с колодками для обычной обуви того же размера, а именно у них несколько повышена берцовая часть и есть выпуклости в местах внешней и внутренней лодыжек.

Практическая значимость. Успешное решение задачи проектирования рациональной внутренней формы обуви позволит повысить точность преобразования формо-размеров условной средней стопы в параметры обувной колодки.

Ключевые слова: стопа ребенка, плоскостопие, автоматизированное проектирование, ортопедическая колодка, плоско-вальгусная стопа.

CALCULATION AND COMPUTER-AIDED DESIGN PADS FOR CHILDREN AGED 4,5-10 YEARS WITH FLAT-VALGUS DEFORMITY OF THE FEET SOLTYK I.T., DOMBROVSKYI A.B.

Khmelnytsky National University

Purpose. Calculation and computer-aided design of a rational inner shape of footwear, namely contours of cross- and longitudinal section of orthopedic pads used to treat flat-valgus deformity of the foot with children aged 4,5-10 years.

Methodology. A radiusographic method of construction was used to the design of cross- and longitudinal section of orthopedic pads contours.

Findings. A special pads was designed for the production of orthopedic boots for children with flat-valgus feet, for which the foot length is 185 mm.

Originality. In the automated environment, designed orthopedic pads, which have some differences compared to the pads for ordinary shoes of the same size, namely, they have slightly raised shin and are bulges in the places of the outer and inner ankles.

Practical value. Successful solution of the task of rational footwear inner shape design will enable to increase accuracy of transformation of a conventional average foot shape-and-size into the parameters of a shoe pad.

Keywords: child's foot, flat feet, computer-aided design, orthopedic shoes, flat-valgus foot.