

УДК 685.34

АНТРОПОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТОП ЮНАКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ 3D ТЕХНОЛОГІЙ

Комкіна К. О., Кернеш В. П.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Вдосконалення процесу збору та обробки антропометричних даних за допомогою використання сучасних комп'ютерних технологій.

Методика. Методи обробки антропометричних параметрів базуються на цифровому прототипуванні стоп. Методика розробки програмного додатку для статистичного дослідження стоп засновані на отриманій базі даних параметрів та 3D моделей стоп.

Результати. Створено цифрову базу антропометричних параметрів. Розроблено програмний додаток для автоматизованого аналізу закономірності мінливості та розподілу антропометричних ознак.

Наукова новизна. Вперше розроблено метод автоматизованого збору та обробки антропометричної інформації із залученням прогресивних графічних САПР та високотехнологічного обладнання. Отримано та сформовано базу антропометричних даних 3D моделей форми стоп. Створено вихідні дані для проектування колодок для юнаків на базі антропометричних досліджень та морфологічних особливостей стоп.

Практична значимість. Запропонований в роботі метод може бути впроваджений на колодочному або взуттєвому виробництві для розробки актуальних та раціональних форм колодок для широкого асортименту взуття.

Ключові слова: віртуальне прототипування, програмний додаток, взуттєва колодка, антропометричні параметри, плантограма

Динамічний ритм сучасного світу вимагає від промисловості, що випускає взуття, збільшення обсягів виробництва, підвищення якості та оновлення асортименту виробів. Одним з головних показників якості взуття є відповідність його внутрішніх розмірів та форм розмірам та формі стопи людини. Ґрунтом для створення внутрішньої форми взуття є колодка, габаритні параметри якої засновані на антропометричних даних. Що складають міцну наукову базу для розробки розмірної типології, яка є основою розмірного асортименту взуттєвих колодок. Масовий обмір стоп юнаків з різних регіонів України, віком 21–23 роки, був проведений на кафедрі КТВШ. Новизна якого, обумовлена повною автоматизацією процесу отримання та обробки розмірних параметрів, за допомогою високотехнологічного 3D-сканера та модульного пакету програми 3D Foot [1-4].

Постановка завдання

Галузь масового виробництва взуття, надзвичайно складний механізм із певним асортиментом товарів. Позитивне функціонування якого характеризується мінімальною кількістю типів, що забезпечували б максимальну задоволеність населення готовими взуттєвими виробами. Асортиментна база взуття, обумовлена розмірною типологією колодок. Що ґрунтується на міцній науковій базі розмірної типології. Яка створюється шляхом проведення масового збору антропометричної інформації про розміри кінцівок людини. Велику роль в чому, відіграє розробка методу отримання антропометричної інформації, з її послідуною систематизацією методами математичної статистики.

Проектування форми колодок важливий аспект у дизайні взуття. Який можна назвати найскладнішим та трудомістким. Оскільки взуттєва колодка, є стилізованим прототипом стопи, її габаритні параметри ґрунтуються на антропометричних даних. Збір і обробка яких, в масовому виробництві можливі, за допомогою застосування високотехнологічного обладнання та програмних пакетів. 3D-сканер – спеціальний пристрій, який аналізує певний фізичний об'єкт або ж простір, візуалізуючий отриману цифрову інформацію за допомогою програмного пакету 3D Foot. В безконтактному режимі пристрій дозволить отримати об'ємну віртуальну копію тіла стопи та її відбитку плантарної частини з антропометричними даними (рис. 1).



Рис. 1. Віртуальна копія стопи та її відбиток плантарної частини

Зручність взуття визначається його внутрішніми розмірами і формою, які в свою чергу обумовленні розмірами і формою колодки, на якій воно було виготовлено. Прямо пропорційна залежність взуття від колодки, у масовому виробництві вимагає

визначення розмірів і форми середньо-типових стоп з урахуванням статі й віку населення.

Масовий обмір стоп юнаків з різних регіонів України, віком 21–23 роки, був проведений на кафедрі КТВШ. На базі чого розроблений метод автоматизованого отримання та обробки антропометричної інформації із залученням прогресивних графічних САПР та високотехнологічного обладнання. Отримати та сформувати базу антропометричних даних 3D моделей форми стоп. Створити вихідні дані для проектування колодок на базі антропометричних досліджень та морфологічних особливостей стоп юнаків [3].

Загальний процес автоматизованого отримання параметрів складається з трьох етапів.

Перший етап отримання основних габаритних параметрів стопи (довжина стопи; обхват стопи через внутрішній пучок; обхват стопи через зовнішній пучок; обхват стопи через її центр; обхват стопи косий; обхват щиколотки через мицелки; обхват щиколотки в найтоншій ділянці) в програмному пакеті 3D Foot

Другий етап – обробка цифрової моделі стопи в програмі Delcam PowerShape та отримання висотних розмірних параметрів (висота до нижньої точки зовнішньої щиколотки; висота до найменшого обхвату гомілки над щиколотками; висота середини стопи; висота до точки згину стопи).

Третій етап – обробка плантограм стоп в програмі CorelDRAW X4.

Результати досліджень

Процес збору та обробки антропометричних параметрів стоп, надзвичайно важливий. Це пов'язано із складністю поверхні тіла колодки та необхідністю врахування цілого ряду факторів, що впливають на параметри внутрішньої форми взуття. На технічній базі кафедри КТВШ був проведений обмір стоп юнаків з різних регіонів України, віком 21–23 роки [5].

Процес збору параметрів відбувався за певним порядком. А саме, кожна досліджувана людина, отримала анкету (рис. 2). В якій заповнювала свої персональні дані (ПІБ, дата та місце народження), а також вказувала свою масу та зріст.

Анкета для проведення антропометричних досліджень

П.І.Б. <i>Поліщук Іван Степанович</i>		№ <i>047</i>				
Дата обміру <i>21 лютого 2017</i>	Місце народження <i>м. Київ</i>	Дата народження <i>04.11.96</i>				
Зріст <i>185</i>	Вага <i>75</i>	Вік <i>20</i>	Стать <i>чоловік</i>			
	права Д ст. <i>244,1</i>	Ш п. <i>92,2</i>	Ш п'ят. <i>62,8</i>			
	ліва Д ст. <i>241,7</i>	Ш п. <i>96,0</i>	Ш п'ят. <i>61,5</i>			
права	V_{in}	V_{1in}	V_{5in}	$V_{7,5in}$	V_{10in}	V_{15in}
	<i>27,8</i>	<i>18,2</i>	<i>21,6</i>	<i>11,8</i>	<i>62,7</i>	<i>79,9</i>
	О з.п.	О в.п.	О пуч.косий	О пр. підйом	О п'ят/зг	О шикол
	<i>244,2</i>	<i>244,6</i>	<i>249,3</i>	<i>259,5</i>	<i>338,8</i>	<i>257,5</i>
ліва	V_{in}	V_{1in}	V_{5in}	$V_{7,5in}$	V_{10in}	V_{15in}
	<i>25,8</i>	<i>19,4</i>	<i>20,3</i>	<i>13,0</i>	<i>59,3</i>	<i>77,6</i>
	О з.п.	О в.п.	О пуч.косий	О пр. підйом	О п'ят/зг	О шикол
	<i>245,7</i>	<i>242,0</i>	<i>248,5</i>	<i>268,6</i>	<i>338,6</i>	<i>253,6</i>

Рис. 2. Зразок анкети для проведення антропометричних досліджень

Кожна анкета має свій номер, який співпадає з номером цифрової моделі стопи та плантограми.

Порядок проведення першого етапу автоматизованого збору інформації складається з декількох пунктів:

1. Складність збору антропометричних параметрів, полягає у залежності розмірів тіла від положення досліджуваного. Тому стопу вимірюють в положенні, коли тіло людини розташоване строго вертикально при рівномірному опорі на обидві стопи. Виміри знімаються, як правило, на оголене тіло (рис. 3).



Рис. 3. Положення стоп підчас сканування сканером FootIn 3d

2. За допомогою програмного додатку 3D Foot на комп'ютері, кнопкою скану, приводимо в дію скануюче обладнання. Яке по принципу стереозору, визначає відстань до тіла та його розміри.

3. Після отримання необхідної інформації, у вигляді сирого файлу (хмари точок) 3D-сканер будує 3D-модель об'єкту (рис.4).

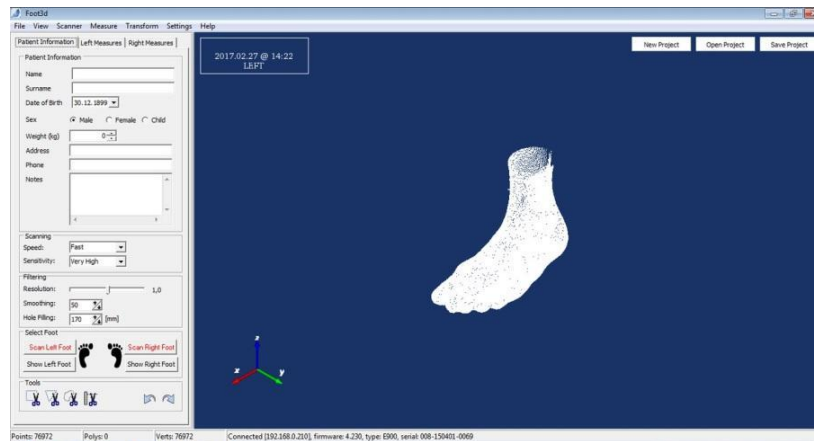


Рис. 4. Скан стопи у вигляді хмари точок

4. Отримане точкове 3d зображення стопи людини, програма оцифровує та видає об'ємну модель стопи та її плантограму (рис. 5).

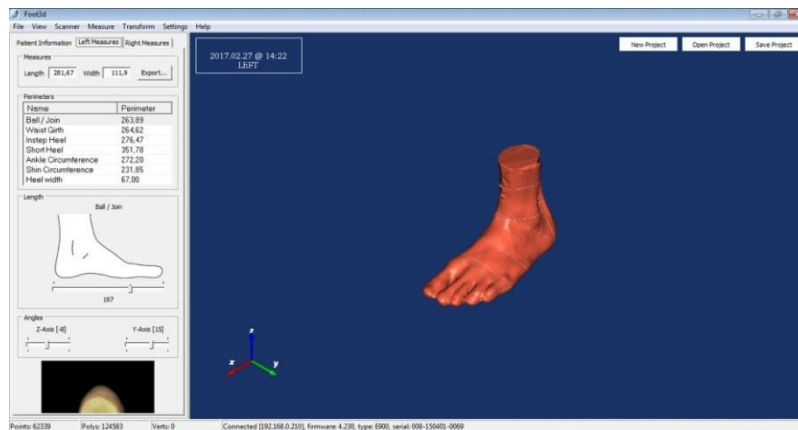


Рис. 5. Об'ємна модель стопи та плантограма

5. З отриманої цифрової моделі стопи, програма знімає параметри та виводить на панелі таблицю з антропометричними даними (рис. 6):

- довжина стопи;
- обхват стопи через внутрішній пучок;
- обхват стопи через зовнішній пучок;

- обхват стопи через її центр;
- обхват стопи косий;
- обхват щиколотки через мищелки;
- обхват щиколотки в найтоншій ділянці.

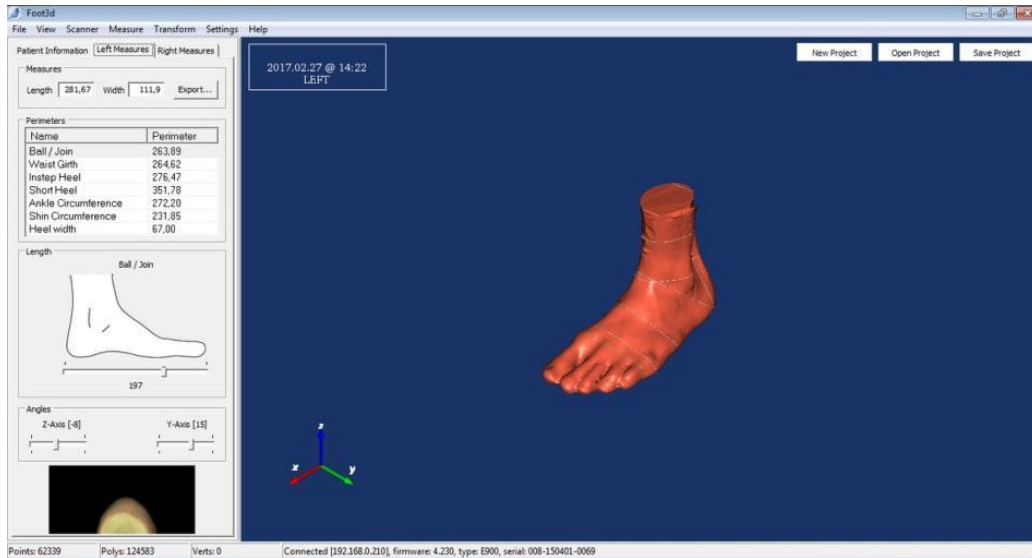


Рис. 6. Панель параметрів

Отримані обхватні та довжинні антропометричні данні зафіксовані в особистій анкеті дослідного (довжина стопи $D_{ст}$, обхват стопи через внутрішній пучок $Ов.п.$; обхват стопи через зовнішній пучок $Оз.п.$; обхват стопи в пучках $Опуч.косий$; обхват стопи через її центр $Опр.підйом$; обхват стопи косий $Опят/зг$; обхват щиколотки в найтоншій ділянці $Ощикол.$). Одиниці виміру міліметри. Обмір проводився по чергово для правої та лівої стоп.

На другому етапі, отриманий програмою 3D Foot, цифровий прототип стоп експортований в .STL-формат, з якого далі був імпортований в середовище програми для моделювання взуття та колодки Delcam PowerShape (рис. 7). Функцією лінійка, розташованою на панелі інструментів, проведений замір висотних та широтних параметрів стопи (висота першого великого пальцю $V_{1п}$; висота п'ятого пальця $V_{5п}$; висота до центру зовнішнього пучка $V_{Г1п}$; висота до центру внутрішнього пучка $V_{Г5п}$; висота підйому стопи $V_{буг.чов.к}$; висота до точки згину стопи $V_{зг.ст}$; ширина стопи в пучка Шп.; ширина п'ятки Ш п'ят.). Дані обробляємо для правої та лівої стоп. Отримані параметри занесли в анкету.

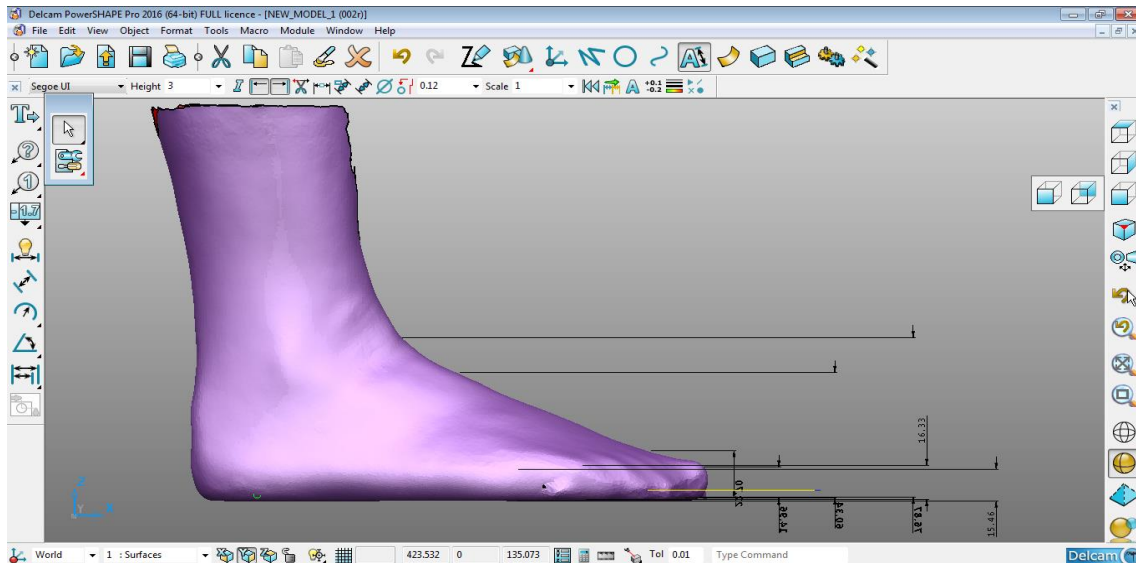


Рис. 7. Програма Delcam PowerShape, отримання висотних параметрів стопи

Останнім етапом проведення антропометричного дослідження, була обробка в програмі CorelDRAW X4, яка оснащена можливістю поперечного, повздовжнього вимірювання, а також вимірюванням від точки до точки. Для цього із програми 3D Foot необхідно зберегти растрове зображення плантарної частини стопи в форматі *.jpeg. Даний формат дозволяє працювати із зображеннями у плоскому вигляді.

Для аналізу антропометричних даних плантарної частини стопи, використовувались наступні параметри:

- довжина стопи;
- відстань від контуру до відбитку п'ятки;
- відстань від контуру до центру п'ятки;
- відстань від контуру до зовнішнього пучка;
- відстань від контуру до внутрішнього пучка;
- відстань від контуру до середини пучків;
- відстань від контуру до кінця мізинця;
- відстань від контуру до середини 1-го пальця;
- ширина п'ятки по контуру;
- ширина п'ятки по відбитку;
- ширина перпендикулярна до центру п'ятки зовнішнього пучка по контуру;
- ширина перпендикулярна до центру п'ятки зовнішнього пучка по відбитку;
- ширина перпендикулярна до центру п'ятки внутрішнього пучка по контуру;

- ширина перпендикулярна до центру п'ятки внутрішнього пучка по відбитку;
- ширина перпендикулярна до центру п'ятки від зовнішнього до внутрішнього пучків по контуру;
- ширина перпендикулярна до центру п'ятки від зовнішнього до внутрішнього пучків по відбитку.

Окрім параметрів ширини та довжини, необхідно отримати кутові значення стопи для формування оптимального сліду стопи:

- кут відхилення першого пальця стопи;
- кут положення п'ятки;
- кут положення стопи.

Цифрова обробка плантограми стопи в програмі CorelDRAW X4 (рис. 8), виконується окремо для правої та лівої стоп.

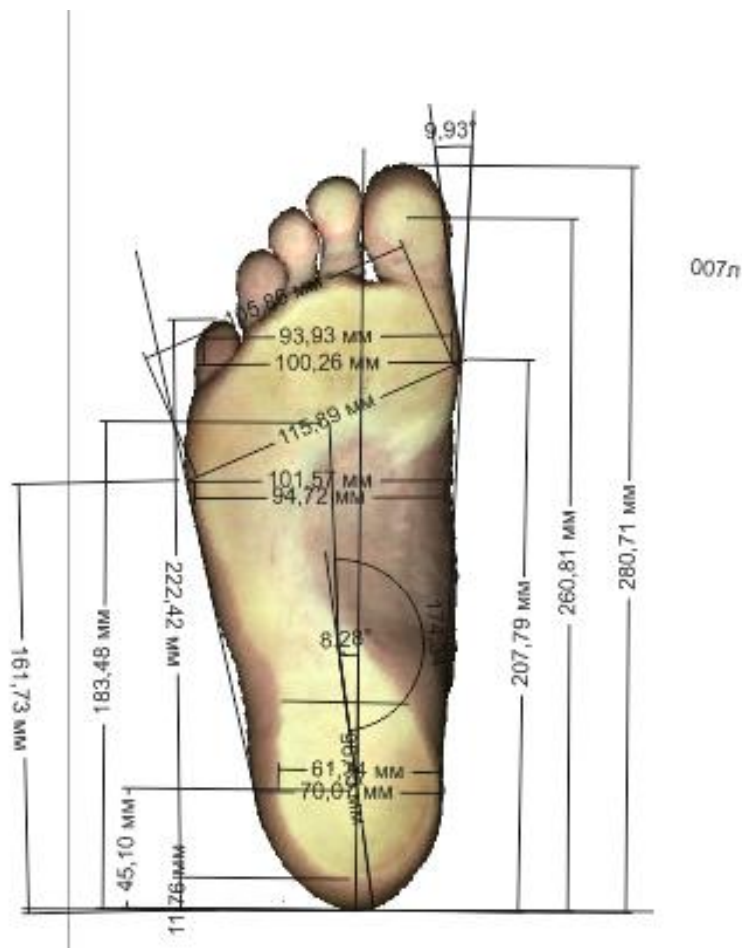


Рис. 8. Обробка антропометричних даних плантарної частини стопи

Отримані антропометричні параметри внесені в електрону середу програми Microsoft Access 2010 (рис. 9).

Шифр	Місце наро.	Вік	Зріст	Вага	Довжина ст.	Довжина ст.	Обхват в пу	Обхват в пу	Обхват коси	Обхват коси	ОЗП Л	ОЗП П	ОВП Л
1	Київ	20	187	73	287,40	286,8	258,6	255,5	359,4	351,9	253,1	253,9	25
3	Маріуполь	20	183	73	280,50	281,8	257,4	260,9	348,5	345,4	249,4	254,3	24
4	Шостка	21	178	75	269,00	271,4	256,8	254,1	336,2	341,4	247,6	245,4	24
5	Бориспіль	21	187	63	270,90	272,8	252,8	252,4	345,9	343,5	243,5	239,5	24
6	Київ	21	176	77	249,80	248,8	238,4	237,8	308,5	306,9	230,5	228,2	22
7	Київ	20	178	80	280,60	273,5	286,6	290,7	384	372,6	270	276,5	26
8	Тернопіль	20	185	79	279,40	268,9	254,1	255,3	342,1	341,8	247,1	245,8	24
9	Бориспіль	21	180	74	286,00	286	273	274	364	367	258	256,3	;
10	Київ	21	179	73	253,40	255,5	246	240,5	340,7	339	242	240	;
11	Обухів	20	176	65	258,40	263,8	233	237	332	338,5	230,5	235	;
12	Київ	20	175	85	259,80	260,3	254,5	254	345	345	254	252,2	;
13	Київ	21	195	100	284,50	278,6	263,5	269,2	374	267,2	260	264,6	25
14	Бровари	20	180	74	275,40	273,4	256	248	349	345	251	250	;
15	Київ	21	186	75	268,80	266	275	278	345,4	350	270	274	;
16	Київ	22	186	87	274,00	270,5	255	256	348	342	250,7	250	;
17	Волинь	19	187	72	275,00	272,8	257	251,5	347	348	252,7	249	;
18	Суми	21	178	71	263,00	265	261	258	335	333,5	253	251	;
19	Київ	21	195	72	278,50	280,4	265	263	345	346	258	260	;
20	Київ	21	201	98	292,80	287,5	289	284	370	362	277,8	273	28
21	Київ	22	185	96	289,60	283,2	269	273	379	364	264	263,8	;
22	Київ	21	183	86	264,60	262,5	256,3	253	336	334	253	251,3	;
23	Вінниця	20	185	81	277,00	276,6	260,5	267,5	361,4	363	259	260,7	;
24	Київ	20	175	60	253,00	253,5	237	237	316,5	308,5	230	231,6	;
25	Київ	20	182	67	268,00	269,9	245,4	243	333,6	340,8	239,3	238	;
26	Київ	22	185	60	265,60	262,8	243,7	243	336,1	337	240,7	239	23

Рис. 9. Електронна база параметрів стоп юнаків з різних регіонів України, віком 21-23 роки

Антропометричні обміри, що були отримані під час дослідження обробляються методами математичної статистики. Для кожної з розмірних ознак встановлюються статистичні параметри, котрі характеризують величину та варіабельність ознак в виборці, а відповідно і в генеральній сукупності. Як би не була однорідна група людей, значення будь-якого з антропометричних ознак виявляє мінливість, тобто різні значення будь-якого з антропометричних ознак зустрічаються з різною частотою: одні – частіше, інші – рідше. Для характеристики варіабельності антропометричних ознак, перш за все при обробці даних обміру, складають так званий варіаційний ряд. Він являє собою подвійний ряд чисел, що складаються із значень ознаки, згрупованих в класи і відповідаючих кожному класу частот (варіантів). Частотою варіантів називають число варіантів, що потрапляють в той чи інший клас.

Проведений загальний аналіз антропометричних параметрів стоп юнаків з різних регіонів України, віком 21-23 роки, дозволив отримати графік залежності розподілу розмірів в однорідному колективі, що підтвердило першу закономірність розподілу по Ю. П. Зибіну (рис. 10) [2].

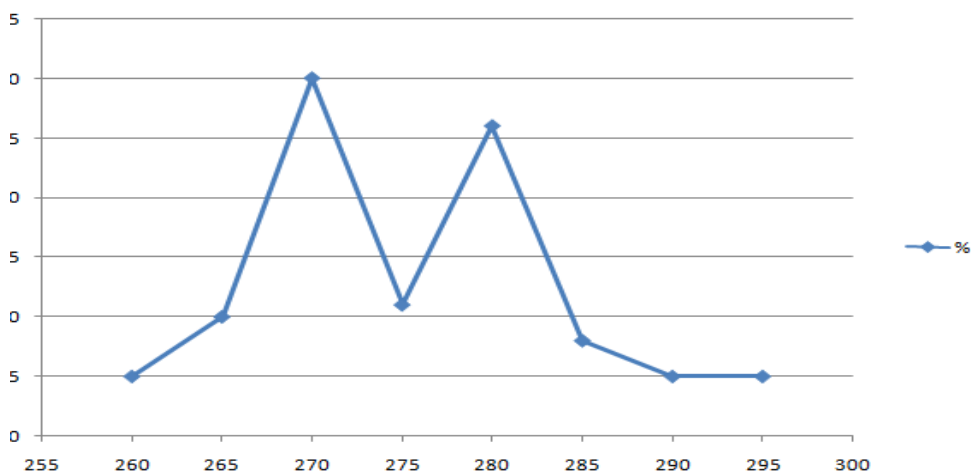


Рис. 10. Варіаційна крива по довжині стоп юнаків віком 21–23 роки

Висновки

Таким чином, в роботі запропонована методика автоматизованого отримання антропометричних параметрів стоп. На базі сучасного високотехнологічного обладнання 3D-сканера та САПР технологій, що є рушійною силою в колодочній та взуттєвій промисловості.

Використання спеціалізованих віртуальних середовищ САПР – ефективний метод досягнути високого рівня якості розмірної типології асортименту колодок. Для отримання інформації про поверхні стоп використовувався прогресивний спеціальний пристрій – 3d-сканер, що дозволив отримати цифрову копію поверхні стопи людини, а також її плантограму з основними розмірними даними.

На ґрунті масового антропометричного дослідження, було створено електронну базу, яка складається з цифрового масиву прототипів стоп та їх сканів плантарної частини, а також базу індивідуальних числових параметрів стоп юнаків з різних регіонів України, віком 21-22 роки. Що дозволило провести загальний аналіз залежності розподілу розмірів в однорідному колективі та підтвердити першу закономірність розподілу по Ю. П. Зибіну.

Список використаних джерел

1. Коновал В. П. Теоретичні та практичні основи створення та фіксації форми взуття: дис. док. тех. наук: 45–104 / Віктор Павлович Коновал – Київ, 2015. – 210 с.
2. Коновал В. П. Комплексні

Reference

1. Konoval, V.P. (2015). *Teoretychni ta praktychni osnovy stvorennia ta fiksatsii formy vzuttya* [Theoretical and practical foundations of the creation and fixation of the shape of shoes]. Doctor's thesis. Kyiv [in Ukrainian].

- дослідження типологій стоп людей різних регіонів України віком 18-23 роки: дис. канд. техн. наук: №011313U000380 / Віктор Павлович Коновал – Київ, 1994. –108 с.
3. Shuping X. A. A computeraided design system for foot-feature-based shoe last customization / X. Shuping, Z. Jianhui, J. Zuhua. // International journal of advanced manufacturing technology, January 2009. – С. 19.
 4. Luximon A. International journal of advanced manufacturing technology / A. Luximon. // Design and manufacture of shoe lasts – September 2013. – С. 196.
 5. Льюшин С. В. Перспективи використання технологій швидкого прототипування в швейній промисловості / Сергій Володимирович Льюшин. // Шкіряно-взуттєва промисловість. – 2013. – С. 28.
 2. Konoval, V.P. (1994). *Kompleksni doslidzhennya tipologiy stop lyudey riznih regioniv Ukrayini vikom 18-23 roki* [Comprehensive study of the typologies of stops of people of different regions of Ukraine aged 18-23]. Candidate's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
 3. Shuping, X.A. (2009). A computeraided design system for foot-feature-based shoe last customization. International journal of advanced manufacturing technology, January 2009, 16-19 [in Ukraine].
 4. Luximon, A. (2013). International journal of advanced manufacturing technology. Design and manufacture of shoe lasts, September 2013, 194-196 [in Ukraine].
 5. Lyushin, S.V. (2013). *Perspektyvy vykorystannia v shveinii promyslovosti / Serhii Volodymyrovuch* [Prospects for the use of rapid prototyping technologies in the clothing industry]. Kyiv [in Ukrainian].

Антропометрические исследования стоп юношей с использованием 3D технологий

Комкіна К. А., Кернеш В. П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Совершенствование процесса сбора и обработки антропометрических данных с помощью использования современных компьютерных технологий.

Методика. Обработка антропометрических параметров базируется на цифровом прототипировании стоп. Методика разработки программного приложения для статистического исследования, основанная на полученной базе данных параметров и 3D-моделей стоп.

Результаты. Создано цифровую базу антропометрических параметров. Разработано программное приложение для автоматизированного анализа закономерности изменчивости антропометрических признаков.

Научная новизна. Впервые разработан метод автоматизированного получения и обработки антропометрической информации с привлечением прогрессивных графических САПР и высокотехнологического оборудования. Получена и сформирована база антропометрических данных 3D-моделей формы стоп. Созданы исходные данные для проектирования колодок для юношей на базе антропометрических исследований и морфологических особенностей стоп.

Практическая значимость. Предложенный в работе метод может быть внедрен в колодочном или обувном производстве для разработки актуальных и рациональных форм колодок для широкого ассортимента обуви.

Ключевые слова: виртуальное прототипирование, программное приложение, обувная колодка, антропометрические параметры, плантограмма

Anthropometric studies of the feet of young men using 3D technology

Komkina K. O., Kernesh V.P.

Kyiv National University of technology and design

Purpose. Improvement of the process of collecting and processing anthropometric data using modern computer technologies.

Methodology. The processing of anthropometric parameters is based on digital prototyping of the feet. The method of developing a software application for statistical study of stops based on the obtained database of parameters and 3D models of stops.

Findings. A digital base of anthropometric parameters has been created. Developed a software application for automated analysis of patterns of variability of anthropometric characteristics.

Originality. For the first time, a method for automated collection and processing of anthropometric information with the use of progressive graphic CAD and high-tech equipment was developed. The base of anthropometric data of 3D models of the shape of the feet is obtained and formed. The initial data for the design of shoe last for young men on the basis of anthropometric studies and morphological features of the feet have been created.

Practical value. The method proposed in the work can be implemented in shoe or shoe production to develop relevant and rational shoe shapes for a wide range of footwear.

Keywords: virtual prototyping, software application, shoe last, anthropometric parameters, planogram