

1. Саутин А.И. Современное состояние проблемы оценки гигиенических свойств обуви с применением полимерных материалов / А.И. Саутин // Обувная промышленность. Экспресс – информация, 1976. – С. 1–14.
2. Чекаль В.Н. Гигиенические особенности одежды из искусственных материалов / В.Н. Чекаль, В.Н. Акименко, Г.В. Бей и др. – К. : Здоров'я, 1982. – 120 с.
3. Гигиена одежды : [учеб. пособие для вузов легкой промышленности] / Р.А. Делль, Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарува ; Под ред. Р.Ф. Афанасьевой. – М. : Легкая индустрия, 1979. – 144 с.
4. Беднарчук М.С. Сучасні напрями теоретичних досліджень взуттєвих і одягових матеріалів / М.С. Беднарчук., І.С. Галик, Б.Д. Семак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 5. – С. 19–21.
5. Островецька М.О. Розробка методів визначення та оцінка гігієнічних властивостей пакетів матеріалів для технологічного одягу фармацевтичної промисловості : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01. – К., 2007. – 179 с.
6. Луцевська О.М. Дослідження електропровідності текстильних матеріалів для спеціального одягу для перукарів / О.М. Луцевська, О.М. Троян, М.П. Савчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – Т. 2. – № 6. – С. 143–146.
7. Зурыбан К.М. Материаловедение изделий из кожи / К.М. Зурыбан, Б.Я. Краснов., М.М. Бернштейн, Ю.М. Гвоздев – М. : Легкая индустрия, 1988. – 416 с.

Рецензент: д.т.н. Параска Г.Б.
Надійшла 17.2.2012 р.

УДК 685.31

Н.М. ОМЕЛЬЧЕНКО, В.П. КЕРНЕСШ, В.П. КОНОВАЛ
Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ 15–16 РОКІВ СХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ ПОВІДОМЛЕННЯ З ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ МІЖ РІЗНИМИ РОЗМІРНИМИ ОЗНАКАМИ СТОП

В статті наведено закономірності між різними розмірними ознаками стоп дітей-старшокласників 15–16 років Східного регіону України з метою подальшого використання їх при проектуванні колодок та взуття.

Article cites patterns between different dimensional characteristics of children's feet about 15-16 years of the Eastern region of Ukraine and then use them when designing shoes and footwear.

Ключові слова: розмірні ознаки, стопа, морфологія, закономірності, рівняння регресії.

Вступ. Постановка проблеми

Відомо, що морфометричні параметри тіла людини та, зокрема, його стоп залежать від багатьох факторів [1, 2]. Крім того, також відомо, що останні масові антропометричні дослідження стоп населення України проводилися у 80-і роки минулого століття [3]. Кафедрою КТВШ КНУТД за завданням міністерства освіти і науки, молоді та спорту України були проведені антропометричні дослідження стоп підлітків Східного регіону [4], які показали наявність доволі суттєвих відмінностей в їхніх параметрах в порівнянні з даними попередніх досліджень.

У 30-х роках ХХ ст. Зибін Ю.П. сформулював чотири відомі закономірності, яким підлягали різні розмірні ознаки стоп [5].

У 1990 роках з огляду на проблеми тогодення (зокрема, з урахуванням дії затухаючого процесу акселерації та ін.), проф. Коновал В.П. виклав своє бачення цих законів [6]:

1. Для групи дорослого населення розподіл частот довжини стоп та ряду довжинних розмірів (довжина до середини першого пальця, довжина до внутрішнього пучка, довжина до зовнішнього пучка) в однорідному колективі достатньо точно виражається законом нормального розподілу. Розподіл частот обхватів плеснофалангового зчленування (внутрішнього та зовнішнього) стоп та відповідних широтних розмірів з достатньою вірогідністю можуть бути виражені закономірністю логарифмічного нормального розподілу.

Для груп дитячого населення розподіл частот довжинних, обхватних та широтних параметрів стоп виражається законом нормального розподілу.

2. Середні поперечні розміри стоп (обхватні та широтні) пов'язані з їх довжиною ортогональною регресійною залежністю типу: $O_n = \text{tg}\alpha_1 \cdot D_{cm} + b_1$, $Ш_n = \text{tg}\alpha_2 \cdot D_{cm} + b_2$.

3. Середні значення довжинних розмірів стоп пов'язані з їхньою довжиною лінійною регресійною залежністю виду $D_i = R_{д.д.ст.} \cdot D_{cm} + b_1$.

4. Середні значення поперечних розмірів стоп пов'язані з обхватом у пучках лінійною регресійною залежністю виду $\Pi_i = R_{\Pi, O_n} \cdot O_n + b_2$.

Метою наших досліджень було встановити закономірності між різними параметрами стоп юнаків та дівчат з метою подальшого використання їх при проектуванні відповідних колодок та взуття.

Виклад основного матеріалу дослідження

На першому етапі роботи була здійснена перевірка антропометричних параметрів стоп юнаків та дівчат 15–16 років Східного регіону України на відповідність їх закону нормального розподілу за показниками [7]: абсолютного відхилення, розмаху варіювання, асиметрії та ексцесу, критерію Пірсона. Було показано, що з достатньою вірогідністю розподілення частот розмірних ознак їхніх стоп (довжинних, широтних, висотних та обхватних) виражається законом нормального розподілення.

На рисунку 1, як приклад, наведено емпіричне та теоретичне розподілення довжини стоп у дівчат.

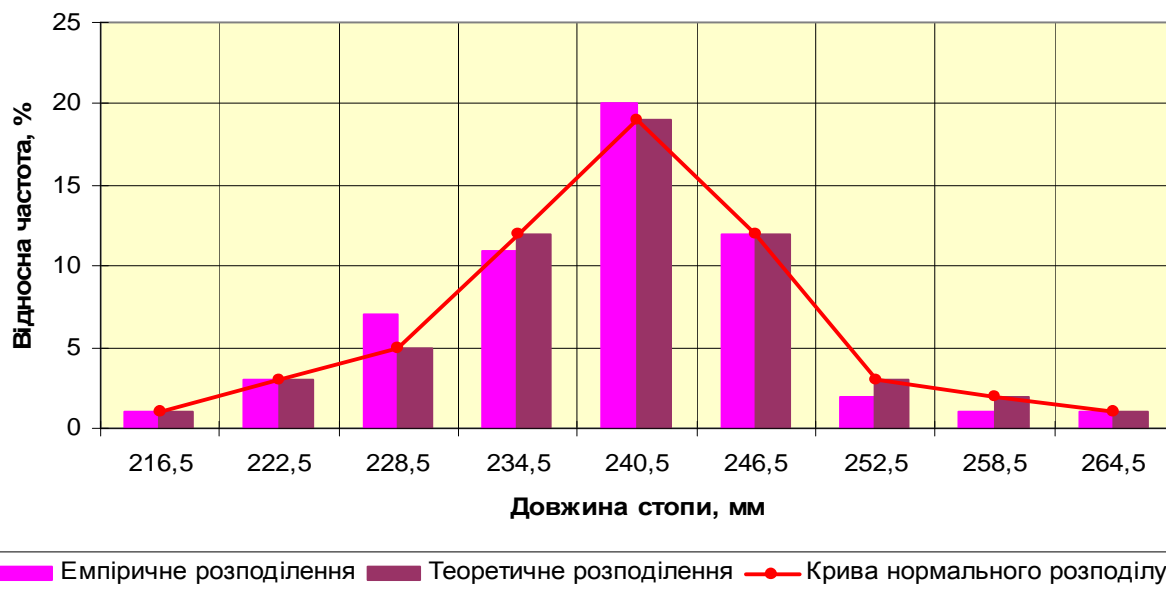


Рис. 1. Емпіричне та теоретичне розподілення довжини стоп у дівчат

На другому етапі роботи було проведено визначення залежності між двома розмірними ознаками.

Відомо [5–7], що якщо кожна розмірна ознака має нормальне розподілення, то сполученню розмірних ознак також притаманне нормальне розподілення. Поле нормального сполучення двох розмірних ознак є кореляційним еліпсом розсіювання. Рівняння еліпса розсіювання має вигляд:

$$C^2 = \frac{1}{1 - r_{xy}^2} \left[\left(\frac{x - M_x}{S_x} \right)^2 + \left(\frac{y - M_y}{S_y} \right)^2 - 2r_{xy} \frac{(x - M_x)(y - M_y)}{S_x S_y} \right], \quad (1)$$

де C – постійна для даного еліпса, яка є характеристикою пар значень ознак, що зустрічаються з однаковою частотою;

r_{xy} – коефіцієнт парної кореляції;

M_x та M_y – їх середні величини, мм;

S_x та S_y – середні квадратичні відхилення середніх величин, мм.

Згідно з [7], якщо сполучення змінних x та y підлягають закону нормального розподілення, то існують дві регресії: пряма регресія – визначає залежність y від x та обернена регресія – визначає залежність x від y .

Для залежності двох основних розмірів стоп D_{cm} (x) і O_n (y) моделі прямої та оберненої регресії будуть мати вигляд:

$$O_{\Pi} = M_O + R_{O/D} \cdot (D - M_D), \quad (2)$$

$$D_{cm} = M_D + R_{D/O} \cdot (O - M_O), \quad (3)$$

Прямі регресії перетинаються у центрі тяжіння (M_D ; M_O) та утворюють так звані «ножиці», чим вужчі «ножиці», тим ближче стохастичний зв'язок з функціональним. Але прямі оберненої та прямої регресії не є геометричними центрами множини пар сполучення x та y або D_{cm} та O_n , які утворюють еліпс розсіювання.

Геометричним місцем точок еліпса, які зводять до мінімуму суму квадратів перпендикулярних відхилень є головна вісь еліпсу – лінія ортогональної регресії. Лінії прямої та оберненої регресії є діаметрами цього еліпсу [6–7]. У таблиці 1 наведені статистичні характеристики основних розмірних ознак, коефіцієнти їх кореляційної та регресійної залежності для стоп юнаків та дівчат 15–16 років Східного регіону України.

**Статистичні характеристики основних параметрів стопи
та коефіцієнти залежності $r_{y/x}$, $R_{y/x}$ для юнаків та дівчат**

Основні параметри стоп		Статистичні характеристики, мм		Коефіцієнт прямої залежності				Коефіцієнт оберненої регресії	
		$M \pm m_M$	S	З довжиною стопи ($D_{ст}$)		З обхватом у пучках ($O_{п}$)		з $D_{ст}$	з $O_{п}$
				$r_{y/x}$	$R_{y/x}$	$r_{y/x}$	$R_{y/x}$	$R_{D/x}$	$R_{O/x}$
юнаки	$D_{ст}$	257,99±1,39	13,64	–	–	0,62	0,38	–	0,46
	$Ш_{п}$	100,6±0,58	5,68	0,53	0,18	0,81	0,38	0,9	0,38
	$Ш_{п'ят}$	69,94±0,49	4,86	0,55	0,14	0,91	0,87	1,82	2,75
	$O_{п}$	252,88±1,29	12,63	0,62	0,46	–	–	0,38	–
	$V_{гп/к}$	33,88±0,58	5,67	0,72	0,12	0,59	0,13	0,52	0,19
	$V_{т.зг.}$	85,88±1,12	10,93	0,68	0,11	0,54	0,34	0,43	0,63
дівчата	$D_{ст}$	238,3±0,79	8,44	–	–	0,56	0,33	–	0,49
	$Ш_{п}$	92,66±0,56	5,97	0,62	0,2	0,85	0,36	0,72	2,04
	$Ш_{п'ят}$	64,14±0,65	6,94	0,52	0,58	0,54	0,18	0,18	0,16
	$O_{п}$	234,93±0,98	10,54	0,55	0,49	–	–	0,33	–
	$V_{гп/к}$	24,0±0,12	1,25	0,62	0,23	0,62	0,17	0,86	2,14
	$V_{т.зг.}$	70,33±0,26	2,83	0,58	0,52	0,57	0,12	0,38	0,84

Модель ортогональної регресії будується за формулою:

$$y = M_y + b(x - M_x) \quad (4)$$

Для розмірних ознак $D_{ст}$ та $O_{п}$ формула ортогональної регресії буде виглядати так:

$$O_{п} = M_O + b(D_{ст} - M_D) \quad (5)$$

де $b = \operatorname{tg} \alpha$ та визначається за статистичними характеристиками поля розсіювання S_x , S_y і коефіцієнту кореляції між ними $r_{y/x}$ за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s_y^2 - s_x^2 + \sqrt{(2r_{x/y} s_x s_y)^2 + (s_y^2 - s_x^2)^2}}{2r_{x/y} s_x s_y} \quad (6)$$

Нами були розраховані значення коефіцієнтів ортогональної регресії та виведені рівняння ортогональної регресії для стоп юнаків та дівчат (табл. 2).

Таблиця 2

Рівняння ортогональної регресії основних параметрів стоп юнаків та дівчат 15–16 років Східного регіону України

Параметри стопи	Юнаки	Дівчата
	Рівняння ортогональної регресії	Рівняння ортогональної регресії
$Ш_{п}$	$Ш_{п}=0,25D_{ст}+36,1$	$Ш_{п}=0,58D_{ст}-45,55$
$Ш_{п'ят}$	$Ш_{п'ят}=0,21D_{ст}+15,76$	$Ш_{п'ят}=0,69D_{ст}-95,53$
$O_{п}$	$O_{п}=0,88D_{ст}+25,85$	$O_{п}=1,49D_{ст}-120,14$
$V_{гп/к}$	$V_{гп/к}=0,32D_{ст}-48,68$	$V_{гп/к}=0,1D_{ст}+0,17$
$V_{т.зг.}$	$V_{т.зг.}=0,72D_{ст}-99,87$	$V_{т.зг.}=0,21D_{ст}+20,29$

На рис. 2 як приклад зображений графік прямої, оберненої та ортогональної регресії довжини стопи з обхватом у пучках юнаків.

Тобто було показано, що сьогоднішні обхватні та широтні розміри стоп юнаків та дівчат 15–16 років Східного регіону України пов'язані з їх довжиною ортогональною регресійною залежністю виду:

$$O_{п} = \operatorname{tg} a_1 \cdot D_{ст} + b_1, \quad (7)$$

$$Ш_{п} = \operatorname{tg} a_2 \cdot D_{ст} + b_2 \quad (8)$$

Таким чином були підтверджені положення Коновала В.П. [6], про ортогональну регресійну залежність між середніми поперечними розмірами стоп юнаків та дівчат 15–16 р. Східного регіону України з їхньою довжиною стопи.

Після цього за даними антропометричних досліджень стоп [4] було проведено кореляційний та регресійний аналіз залежностей між однойменними розмірами стоп.

Як показали проведені нами дослідження, значення коефіцієнтів кореляції $r_{y,x}$ за довжинними параметрами знаходяться в межах 0,52–0,91; а серед широтних та обхватних параметрів – від 0,51 до 0,85.

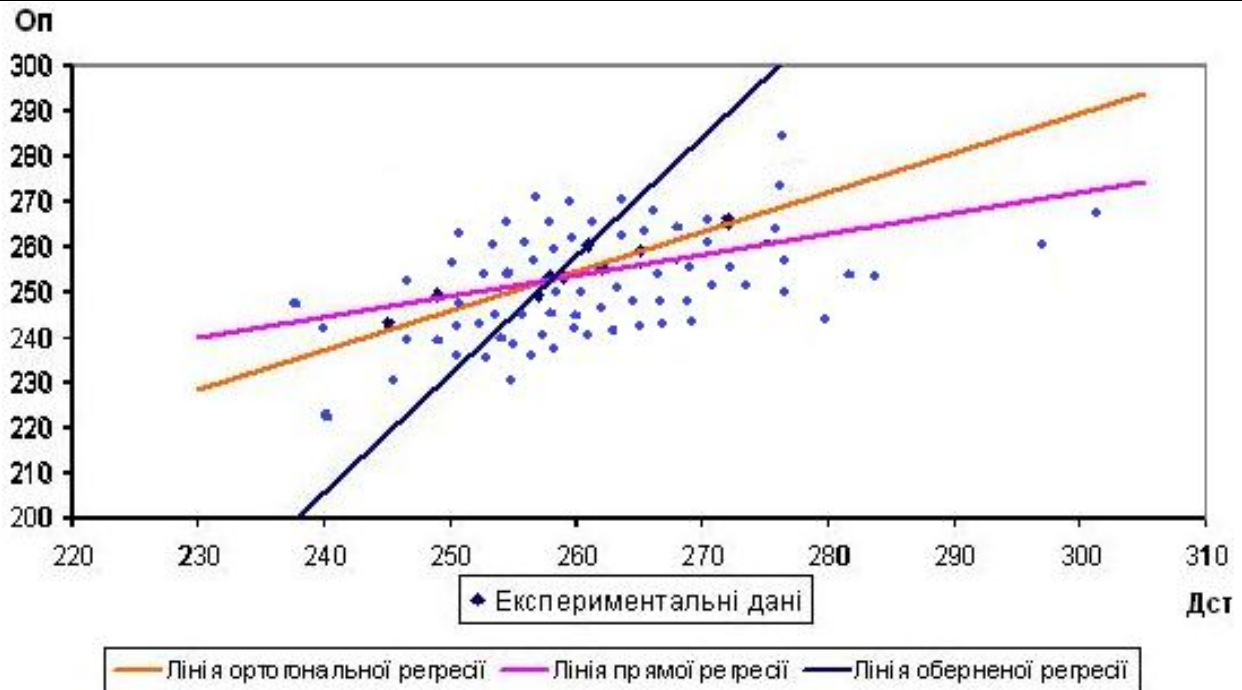


Рис. 2. Графік залежності довжини стопи з обхватом у пучках юнаків

Але наявність кореляційних зв'язків між однойменними розмірами стоп ще не дає можливість стверджувати, що зв'язок між цими параметрами суттєвий.

За статистичними параметрами стоп досліджених нами юнаків та дівчат-старшокласників були виведені рівняння регресії за формулою (2) для однойменних довжинних та поперечних розмірів стоп (табл. 3), їхні середні квадратичні відхилення та відносні похибки рівнянь [7].

Таблиця 3

Рівняння регресії, середні квадратичні відхилення та їх відносні похибки для однойменних розмірів стоп юнаків та дівчат

Розмірні ознаки стоп	Юнаки			Дівчата		
	Рівняння регресії	Σ_y , мм	$\Delta \Sigma_y$, %	Рівняння регресії	Σ_y , мм	$\Delta \Sigma_y$, %
$D_{0,9}$	$D_{0,9}=0,89D_{ст}+4,37$	5,7	2,4	$D_{0,9}=0,97D_{ст}-11,59$	3,8	1,7
$D_{0,73}$	$D_{0,73}=0,67D_{ст}+15,39$	5,2	2,7	$D_{0,73}=0,68D_{ст}+11,25$	4,4	2,5
$D_{0,62}$	$D_{0,62}=0,63D_{ст}-8,15$	3,0	1,8	$D_{0,62}=0,55D_{ст}+16,89$	7,1	4,7
$D_{0,18}$	$D_{0,18}=0,12D_{ст}+10,9$	3,1	7,37	$D_{0,18}=0,18D_{ст}-5$	3,9	10,2
$D_{0,68}$	$D_{0,68}=0,67D_{ст}+0,59$	4,3	2,4	$D_{0,68}=0,61D_{ст}+16,23$	5,1	3,1
Ш п	$Ш п=0,38O_{п}+4,84$	3,3	3,4	$Ш п=0,36O_{п}+3,43$	3,1	3,5
Ш _{0,18}	$Ш_{0,18}=0,1O_{п}+44,65$	3,9	5,6	$Ш_{0,18}=0,24O_{п}+7,76$	5,7	6,8
О в.п.	$О в.п.=0,12O_{п}+236,63$	21,4	8,0	$О в.п.=0,34O_{п}+166,1$	8,6	3,4
Оп/зг	$О п/зг=0,16O_{п}+312,92$	16,9	4,7	$О п/зг=0,42O_{п}+212,03$	13	4,2
О з.п.	$О з.п.=0,87O_{п}+53,39$	17,8	6,5	$О з.п.=0,29O_{п}+182,17$	12,2	4,8

Із даних таблиці 3 видно, що відносна похибка рівнянь регресії часто знаходиться у недопустимих межах, а абсолютні величини похибки коливаються в межах від 3,0 мм до 21,4 мм, що є дуже суттєвим і неприпустимим для проектування колодок та взуття. Тому ми відхиляємо запропоновану гіпотезу про функціональний зв'язок між однойменними параметрами стоп старшокласників і для подальших розрахунків пропонуємо використовувати пропорційну залежність між ними.

В таблиці 4 як приклад наведений співставлений аналіз коефіцієнтів фактичного розташування характерних анатомічних точок стоп дівчат 15–16 років Східного регіону України в порівнянні з даними Зибіна Ю.П. [5], які є зараз діючими у виробництві.

Як бачимо з даних таблиці 4, величини відхилень фактичних значень параметрів від тих, що зараз діють у промисловості є доволі суттєвими. Це вказує ще раз на необхідність розробки для даної групи споживачів спеціальних колодок та взуття, які базуються на даних сучасних антропометричних досліджень стоп.

**Співставлений аналіз розташування характерних анатомічних точок юнаків
по довжині стопи в порівнянні з коефіцієнтами Зибіна Ю.П.**

Характерні анатомічні точки стоп	Коефіцієнти по $D_{\text{стопи}}$						
	Коефіцієнт Зибіна Ю.П.	По контуру			По відбитку		
		За нашими даними	відхилення		За нашими даними	відхилення	
абс., мм	%		абс., мм	%			
Найширше місце п'ятки	0,18	0,18	0,2	0,1	0,173	1,7	0,7
Точки:	0,63	0,64	1,7	0,7	0,64	4,5	1,9
зовнішнього пучка							
середини пучків	0,68	0,69	1,7	0,7	0,68	-1,2	0,5
внутрішнього пучка	0,73	0,74	1,9	0,8	0,75	3,8	1,6
кінця відбитка п'ятого пальця	0,80	0,81	1,9	0,8	0,81	2,1	0,81
центру відбитка першого пальця	0,90	0,91	2,2	0,9	0,91	2,9	1,2
$Ш_{\text{стопи}}$ по центру головки I^1 плеснової кістки (внутрішній пучок)	0,95	0,92	-5,6	5,9	0,79	-9,7	1,6
у самому широкому місці п'ятки	0,75	0,67	-5,1	7,9	0,82	3,3	6,9
Обхвати по середині стопи	2,58	2,43	-3,6	7,8	2,67	4,7	1,9
на рівні головки V^{01} плеснової кістки (зовнішній пучок)	2,46	2,51	13,3	5,3	2,44	-4,3	1,7
через п'ятку та згин стопи	3,45	3,38	12,2	6,9	3,49	14,3	4,1

Висновки

1. Кафедрою КТВШ КНУТД за завданням Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України були проведені антропометричні дослідження біля 300 стоп юнаків та дівчат Східного регіону України за контактним методом та типовою програмою. Обробка отриманих даних проводилася графічним та статистично-математичним методами з використанням ПЕОМ.

2. Встановлені закономірності між різними параметрами стоп юнаків та дівчат Східного регіону України, а саме:

- розподілення частот довжинних, висотних та поперечних розмірів стоп юнаків та дівчат (широтних та обхватних) з максимальною імовірністю виражається законом нормального розподілення;
- середні обхватні та широтні розміри стоп старшокласників пов'язані з їх довжиною ортогональною регресійною залежністю;
- всі однойменні розміри стоп: довжинні з довжиною стопи, поперечні з обхватом у пучках, – мають між собою тісну пропорційну залежність.

3. Все вище сказане потрібно враховувати при проектуванні колодок та взуття для юнаків та дівчат 15–16 років Східного регіону України.

Література

1. Омельченко Н.М. Дослідження факторів, які впливають на індивідуальну анатомічну змінність людини / Н.М. Омельченко, К.М. Качура, В.П. Коновал // Легка примисловість. – 2010. – № 3. – С. 44–45.
2. Омельченко Н.Н. Исследование влияния процесса акселерации на параметры и форму стоп детей-старшеклассников / Н.Н. Омельченко, В.Ф. Кернеш, В.П. Коновал // Сб.научных работ ЮРГУЭС. – Шахты. – 2008. – С. 98–101.
3. Половников И.И. Проектирование спортивной обуви / И.И. Половников, О.В. Фарниева. – М. : Легпромбытиздат. – 127 с.
4. Омельченко Н.М. Розробка раціонального взуття для старшокласників 15–16 років Східного регіону України. Повідомлення 1. Антропометричні дослідження стоп юнаків та дівчат 15–16 років Східного регіону України / Н.М. Омельченко, В.П. Кернеш, В.П. Коновал // Вісник ХНУ, Технічні науки – Хмельницький, ХНУ. – 2011. – № 3. – С. 81–84.
5. Зыбин Ю.П. Конструирование изделий из кожи / Зыбин Ю.П. – М. : Легкая и пищевая промышленность. – 1982. – 264 с.
6. Коновал В.П. Теоретические и практические основы создания и фиксации обуви : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.19.06. – К., 1994. – 316 с.
7. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Львовский Е.Н. – М. : Высшая школа. – 1988. – 239 с.

Рецензент: д.т.н. Гаркавенко С.С.
Надійшла 2.2.2012 р.