

УДК685.31

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОСВЯЗИ
МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СТОП
БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН**

О.С. Шубенок, Н.Н. Омельченко

*Киевский национальный университет
технологий и дизайна*

В период беременности в организме женщины происходят различные изменения с длинотными, широтными и обхватными параметрами стоп, что необходимо учитывать при проектировании колодок и обуви.

На кафедре Конструирования и технологий изделий из кожи Киевского национального университета технологий и дизайна проводились антропометрические исследования стоп беременных женщин. Для исследования особенностей размерных признаков использовалась типовая методика для обмера стоп. Таким образом, было обмеряно более 300 стоп, в каждой из которых определялись около 100 параметров.

Обработка полученных данных антропологического осмотра ступней проводилась графическим и математико-статистическим методами.

Используя программу "ANTRO-FOOT" математико-статистическим методом определили такие параметры: M – среднее арифметическое параметра; σ – среднеквадратическое отклонение; σ^2 – дисперсия; V – коэффициент вариации; m – ошибка среднего; A – ассиметрия; E – эксцесс и др..

При сравнении типичной женской стопы с полученными данными сделаны такие выводы:

1. Длина стопы (средняя) – 242 мм, при типичной средней женской стопе по Украине – 245 мм; меньше размер пятки, как по контуру (на 8,3 мм), так и по отпечатку (на 5 мм); по ширине середины пучков значения по контуру больше на 2 мм, а по отпечатку – на 2,8 мм.
2. По высотным параметрам: высота первого пальца в нашем случае 28,6 мм, а для средне-типичных по Украине – 19,8 мм; высота первой головки плюсневой кости у обмерянных стоп имеет значение 42,8 мм, а по типичным параметрам 32,8 мм (т.е. у обмерянных стоп - на 10 мм больше).

После этого была проведена проверка полученных данных на соответствия их закономерностям Зыбина Ю.П.

Для проверки гипотезы о нормальности распределения применяем анализ ассиметрии и аксеса, а так же критерия Пирсона (χ^2):

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_i - \bar{f}_i)^2}{\bar{f}_i} \quad (1)$$

где f_i - эмпирические частоты в каждом i -м классе значений признаков;

\bar{f}_i - теоретические частоты в каждом i -м классе значений признаков.

Значению χ^2 отвечает определенная вероятность $P(\chi^2)$ (находим по специальным таблицам), которая определяет степень соответствия эмпирического распределения теоретическому нормальному.

Для проверки этого положения нами был проведен расчет и оценка соответствия эмпирических и теоретических частот по критерию χ^2 распределения длины ступни ($D_{ст}$) беременных женщин (см. табл. 1).

Таблица 1

Граница классовых интервалов, мм	Середина интервалов x , мм	f_i	Функция $f(t)$	\bar{f}_i	$\frac{(f_i - \bar{f}_i)^2}{\bar{f}_i}$
220-225	222,5	17	0,055	8	5,6
226-231	228,5	26	0,152	22	
232-237	234,5	44	0,292	43	0,02
238-243	240,5	72	0,392	81	1
244-249	246,5	54	0,367	54	0
250-255	252,5	60	0,240	67	0,7
256-261	258,5	19	0,111	16	0,2
262-267	264,5	4	0,036	5	
		$\sum 296$		$\sum 296$	$\chi^2 = 7,5$

Значение критерия Пирсона, которое мы получили $\chi^2 = 7,5$ не превышает первого уровня значимости, поэтому можно считать, что эмпирическое распределение длины ступни беременных женщин отвечает закону нормального распределения.

По результатам положительных оценок трех показателей – асимметрии, эксцесса и критерия Пирсона можно утверждать, что эмпирическое распределение такого размерного признака, как длина ступни беременной женщины приближается к нормальному распределению.

Аналогично был определен критерий Пирсона для эмпирического распределения поперечных размеров, который также показал подчинение закона нормального распределения (Рис. 1, 2).

Т.е., наши исследования подтвердили, что размеры стоп беременных женщин подчиняются закону нормального распределения.

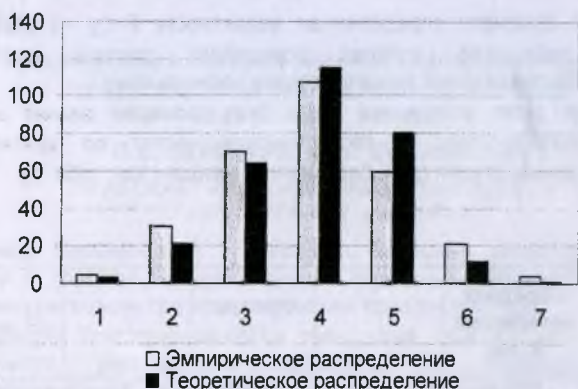


Рисунок 1 - Диаграмма широтных параметров беременных женщин

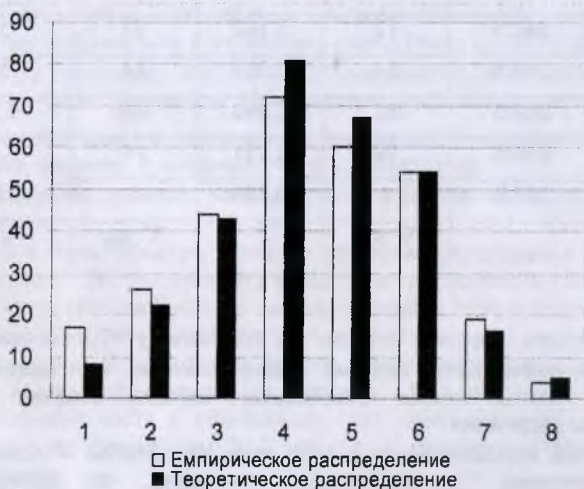


Рисунок 2 - Диаграмма параметров длины стоп беременных женщин.

Наши исследования также подтвердили закономерности, скорректированные Коновалом В.П., т.е. поперечные размеры стопы связаны с ее длиной и между собой ортогональной зависимостью вида:

$$\begin{aligned} O_n &= tg\alpha_1 \times D_{CT} + b_1 \\ Ш_n &= tg\alpha_2 \times D_{CT} + b_2 \end{aligned} \quad (2)$$

При определении зависимости между двумя размерными признаками были рассчитаны две регрессии: прямая регрессия – определяет зависимость y от x и обратная регрессия – определяет зависимость x от y . Модели прямой и обратной регрессии имеют такой вид:

$$M\{y/x\} = M_y + R_{y/x} \times (x - M_x), \quad (3)$$

$$M\{x/y\} = M_x + R_{x/y} \times (y - M_y), \quad (4)$$

где $R_{x/y}, R_{y/x}$ - коэффициенты регрессии;

M_x, M_y - среднее арифметическое значение параметров, которые исследуются, а также свободные члены уравнения регрессии.

Для зависимости двух основных размеров ступни $D_{ст}$ (x) и O_n (y) модели прямой и обратной регрессии будут иметь вид:

$$O_n = M_O + R_{O/D}(D - M_D), \quad (5)$$

$$D_{ст} = M_D + R_{D/O}(O - M_O), \quad (6)$$

Прямые регрессии пересекаются в центре тяжести (M_D, M_O) и создают так сказать "ножницы". Но прямые обратной и прямой регрессии не являются геометрическими центрами множества пар соединения x и y или $D_{ст}$ и O_n , которые создают эллипс рассеивания.

Геометрическим местом точек эллипса, которые сводят к минимуму сумму квадратов перпендикулярных отклонений является главная ось эллипсу - линия ортогональной регрессии. Линии прямой и обратной регрессии являются диаметрами этого эллипса.

Модель ортогональной регрессии строится по формуле:

$$y \approx M_y + \beta(x - M_x) \quad (7)$$

Для размерных признаков и O_n формула ортогональной регрессии будет выглядеть так:

$$O_n = M_O + \beta(D_{ст} - M_D) \quad (8)$$

где $\beta = \text{tg} \alpha$ и определяется по статистическим характеристикам поля рассеивания σ_x, σ_y и коэффициенту корреляции между ними r_{yx} по формуле:

$$\text{tg} \alpha = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + \sqrt{(2r_{yx}\sigma_x\sigma_y)^2 + (\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^2}}{2r_{yx}\sigma_x\sigma_y} \quad (9)$$

Таблица 2

Основные параметры стоп	Статистические характеристики, мм		Коэффициент прямой зависимости				Коэффициент обратной регрессии	
	$M \pm m_M$	σ	С длиной ступни (Д _{СТ})		С обхватом в пучках (О _П)		С Д _{СТ}	С О _П
			$\Gamma_{y/x}$	$R_{y/x}$	$\Gamma_{y/x}$	$R_{y/x}$		
Д _{СТ}	242,4±0,6	9,6	--	--	0,022	0,014	--	0,83
Ш _П	87,6±0,3	5,7	0,03	0,02	0,45	0,14	0,89	1,43
Ш _{пят}	60,4±0,3	4,5	0,27	0,13	0,46	0,20	0,66	1,84
О _П	225,4±1,2	15,8	0,021	0,030	--	--	0,72	--
В _{Г1п/к}	42,7±0,3	3,9	0,09	0,05	0,54	0,19	0,15	1,69
В _{Т.зг.}	90,0±0,4	7,4	0,25	0,21	0,40	0,21	0,32	0,74

По данным, которые приведены в табл. 2, были рассчитаны значения коэффициентов ортогональной регрессии и выведены уравнения ортогональной регрессии для беременных женщин.

Таблица 3

Параметры стоп	Уравнения ортогональной регрессии
Ш _П	Ш _П =0,47Д _{СТ} +51,6
Ш _{пят}	Ш _{пят} =0,22Д _{СТ} +13,4
О _П	О _П =1,3Д _{СТ} -37,6
В _{Г1п/к}	В _{Г1п/к} =0,08Д _{СТ} +10,8
В _{Т.зг.}	В _{Т.зг.} =0,20Д _{СТ} +18,1

Таким образом, обхватные и широтные размеры стоп беременных женщин связанные с их длиной ортогональной регрессионной зависимостью.

Аналогичным образом были проверены третья и четвертая закономерности в формообразовании стоп, которые также подтвердили необходимость специальных колодок.

Т.е., на основании полученных данных, и как показал проведенный нами сопоставительный анализ, можно сделать вывод, что стопы беременных женщин отличаются от стоп обычного населения и нуждаются в разработке специальных колодок и обуви.