

МРНТИ 64.41.14

Ж.Е. Байтелиева¹ – основной автор, ©
Д.Д. Дайрабай², М.У. Илхамова³,
Д.Т. Максудова⁴, С.Б. Байжанова⁵



¹Докторант, ^{2,3}PhD, доцент, ⁴Ассистент кафедры, ⁵Канд. техн. наук, доцент

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0006-8755-5878> ²<https://orcid.org/0000-0002-5503-1205>

³<https://orcid.org/0009-0002-2605-8510> ⁴<https://orcid.org/0009-0001-3890-780X>

⁵<https://orcid.org/0000-0001-6963-5299>



^{1,2}Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан



^{3,4}Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,

Ташкент, Республика Узбекистан

⁵Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан



²din_303@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/TZOZ5964>

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТОПЫ И ГОЛЕНИ ЖЕНЩИН ШЫМКЕНТСКОГО И ТАШКЕНТСКОГО РЕГИОНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕНСКИХ САПОЖЕК

Аннотация. В статье представлены результаты антропометрических исследований стопы и голени женщин Средней Азии (Южно-Казахстанская и Ташкентская области), выполненные с целью уточнения параметров проектирования женских сапожек. Исследование проводилось с использованием комбинированного метода, включающего 3D-сканирование стопы посредством системы INFOOT-2 и контактные измерения обхватных и высотных параметров голени. Объём выборки составил 236 женщин в возрасте 19-27 лет. На основе полученных данных сформирована база антропометрических признаков стопы и голени молодых женщин исследуемых регионов. Проведён статистический анализ размерных характеристик, включающий определение средних значений, среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации. Установлено, что параметры голени женщин исследуемого региона отличаются от значений, используемых в традиционных методиках проектирования обуви, в сторону уменьшения обхватных размеров. На основе выявленных закономерностей разработаны уточнённые параметры условной развертки голени для трёх полнотных групп, используемые при проектировании базовой конструкции женских сапожек. Полученные результаты могут быть использованы в системах автоматизированного проектирования обуви и при реализации принципов mass customization в обувной промышленности.

Ключевые слова: антропометрические исследования, стопа, голень, женские сапожки, 3D-сканирование, INFOOT-2, условная развертка голени, CAD-технологии, цифровое проектирование обуви.



Байтелиева, Ж.Е. Антропометрические исследования стопы и голени женщин Шымкентского и Ташкентского регионов при проектировании женских сапожек [Текст] / Ж.Е. Байтелиева, Д.Д. Дайрабай, М.У. Илхамова, Д.Т. Максудова, С.Б. Байжанова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2026. – №3(93). – С.295-303. <https://doi.org/10.55956/TZOZ5964>

Введение. Тенденции развития индустрии, связанные с цифровизацией проектирования и внедрением технологий параметрического моделирования, открывают новые возможности для интеграции актуальных антропометрических данных в процессы конструирования обуви. Это позволяет перейти от усреднённых моделей к более гибким и адаптивным решениям, ориентированным на принципы mass customization.

В связи с этим актуальной задачей является получение и анализ современных антропометрических данных стопы и голени женщин конкретных регионов, а также их внедрение в процессы цифрового проектирования обуви.

Современные подходы к проектированию обуви требуют учета актуальных антропометрических характеристик целевых групп пользователей [1-4], что особенно важно при разработке изделий с высокой степенью прилегания, таких как женские сапожки. Традиционные методики, включая методику Российского дома моделей обуви (РДМО) и подходы итальянской школы моделирования ARS Sutoria, базируются на усреднённых параметрах условной развёртки колодки (УРК) и условной развёртки голени (УРГ), которые не всегда отражают региональные морфологические особенности [5-6].

Целью исследования являлось уточнение параметров условной развёртки голени на основе современных антропометрических данных женщин Ташкентского и Шымкентского регионов.

Условия и методы исследования. При проведении антропометрических исследований применялся комбинированный метод при этом измерение размерных признаков стопы производилось с помощью 3D-сканирующей системы INFOOT-2, (рис. 1а), замеры обхватанных и высотных размеров голени проводились с помощью измерительной ленты и с линейки определения высоты размеров голени. Посредством 3D сканирования получали данные о поверхности и объеме стопы [7-9]. Перед началом обмеров с помощью маркеров на стопе определяли характерные анатомические точки (рис. 1б), прикрепляют метки на нужные позиции правой поверхности стопы обмеряемого. Самая выступающая часть пятки метка – а. Две позиции для установки меток находятся в плюсневой большеберцовой и плюсневой малоберцовой точках – б и в. Плюсовая большеберцовая точка определяется как самая срединная точка в начале первой плюсовой кости стопы [10].

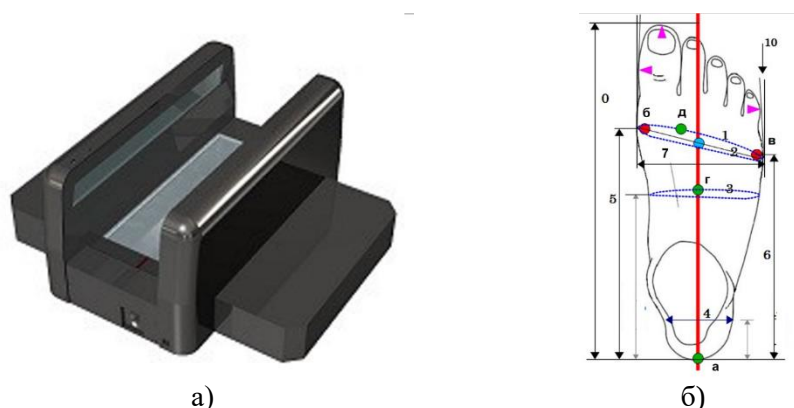


Рис. 1. а) 3D-сканер INFOOT-2; б) маркеры на стопе, определяющие положение анатомических точек стопы

Использование 3D-сканера INFOOT-2 позволяет получать высокоточные цифровые данные о геометрических параметрах стопы и её пространственной форме. Сканирование выполняется с использованием четырёх лазерных проекторов и восьми CMOS-камер, расположенных вокруг зоны сканирования, что обеспечивает получение полной трёхмерной поверхности стопы. В процессе работы стопа размещается на стеклянной платформе сканера (рис. 2), после чего система в течение нескольких секунд формирует цифровую модель стопы с точностью до 0,5–1,0 мм. С помощью программного обеспечения INFOOT автоматически определяются основные анатомические точки, длина и ширина стопы, обхватные параметры, высота подъёма и другие размерные характеристики. Полученные данные отображаются в виде 3D-модели (рис. 3), поперечных сечений и цифровых измерений, а также могут экспортироваться в форматы DXF, STL и OBJ для дальнейшего использования в CAD-системах проектирования обуви. Применение сканера позволяет повысить точность антропометрических исследований, минимизировать влияние человеческого фактора и создать цифровую базу данных параметров стопы для разработки обуви с улучшенными эргономическими свойствами.



Рис. 2. Проведение замеров стопы женщин Шымкентского и Ташкентского регионов с помощью сканирующей системы INFOOT-2

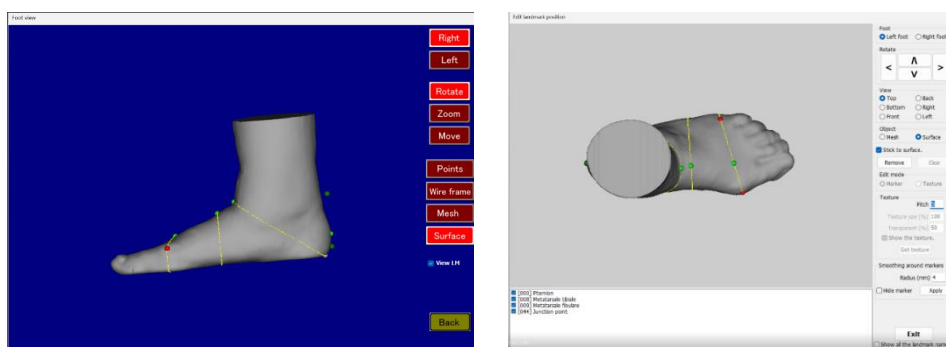


Рис. 3. 3D-модель отсканированной женской стопы

Обхватные и высотные замеры голени проводились с помощью измерительной ленты и линейки, определялись следующие параметры (рис. 4): обхват стопы через пятку – сгиб (Ок), обхват голени в наиболее узком месте голени (Оуз), обхват голени на уровне нижнего края икроножной мышцы (О₁), обхват голени в месте наибольшего развития икроножной мышцы (О₂), обхват голени под коленом (О₃), высота голени до самого узкого места голени (Нуз),

высота голени до уровня нижнего края икроножной мышцы (H_1), высота голени в месте наибольшего развития икроножной мышцы (O_2).

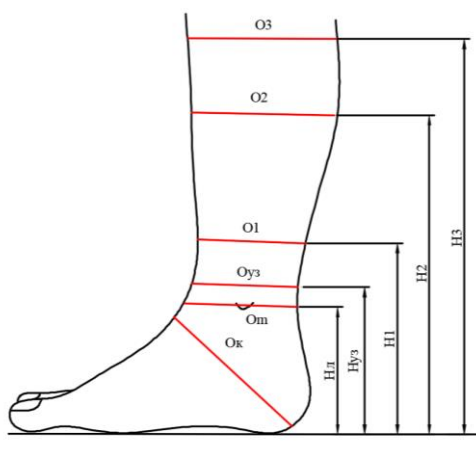


Рис. 4. Схема определения размеров голени во высоте и обхвате

В рамках исследования были проведены антропометрические обмеры стопы и голени женщин в возрасте 19–27 лет. Объем выборки составил 236 человек. Измерения выполнялись на базе Ташкентского института текстильной и легкой промышленности с участием преподавателей Шымкентской области, студентов и преподавателей Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова. Полученные антропометрические замеры позволили создать базу данных размерных признаков стопы и голени молодых женщин Шымкентского и Ташкентского регионов. Для обработки результатов использовались методы математической статистики, включающие определение среднего арифметического значения (M), ошибки среднего (m), среднеквадратичного отклонения (σ) и коэффициента вариации (V) [11].

Результаты исследований и их обсуждение. Исследуемая группа характеризуется достаточно стабильными размерными признаками голени. Значения коэффициента вариации по всем измеряемым параметрам не превышают 6,3%, что свидетельствует об относительной однородности выборки и высокой достоверности полученных средних значений. Это позволяет использовать сформированную базу данных в качестве основы для разработки параметров условной развертки голени и проектирования женских сапожек с учетом региональных антропометрических особенностей.

Результаты, проведенных исследований по замерам голени представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры средних размеров голени девушек и молодых женщин
Шымкентского и Ташкентского регионов

Наименование параметра	Статистические параметры			
	(M)	M (M),	σ	(V), %
1	2	3	4	5
Обхват стопы через пятку – сгиб (O_k)	299	0,89	9,26	5,3
Обхват голени в наиболее узком месте голени ($O_{уз}$)	223	0,96	9,36	5,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Обхват голени на уровне нижнего края икроножной мышцы (O_1)	299	0,95	9,42	5,3
Обхват голени в месте наибольшего развития икроножной мышцы (O_2)	339	0,96	9,25	5,6
Обхват голени под коленом (O_3)	321	0,85	9,29	5,2
Высота голени до центра наружной лодыжки узкого места голени Нл				
Высота голени до самого узкого места голени (Нуз)	113	0,87	3,24	6,0
Высота голени до уровня нижнего края икроножной мышцы (H_1)	232,5	0,90	3,32	5,8
Высота голени в месте наибольшего развития икроножной мышцы (H_2)	312	0,87	3,25	6,3
Высота голени под коленным	385	0,92	4,2	5,2

Результаты исследований показывают, что наибольшие абсолютные значения среди обхватных параметров имеет обхват голени в месте максимального развития икроножной мышцы ($O_2 = 339$ мм), а среди высотных параметров – высота голени под коленом (385 мм). Полученные данные характеризуют особенности пространственной формы голени исследуемой группы и могут быть использованы при определении конструктивных прибавок и формообразующих линий деталей верха женских сапожек.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии региональных особенностей морфологии голени женщин Шымкентского и Ташкентского регионов. Анализ антропометрических данных показал, что средние значения обхватов голени по большинству измеряемых уровней оказались меньше параметров, используемых в традиционных методиках проектирования женских сапожек. Наибольшие отличия выявлены в области нижнего края икроножной мышцы и в зоне максимального развития икроножной мышцы, где расхождения составляют 7-10 мм. Это подтверждает необходимость корректировки существующих нормативных данных при проектировании обуви для женщин исследуемых регионов.

Невысокие значения показателя коэффициента вариации (5,2-6,3%) свидетельствуют об относительной однородности исследуемой выборки и позволяют использовать полученные средние значения в качестве основы для разработки типовых параметров конструкции женских сапожек.

Научная значимость исследования заключается в формировании современной базы антропометрических данных стопы и голени женщин Шымкентского и Ташкентского регионов на основе сочетания методов 3D-сканирования и контактных измерений. В отличие от традиционных исследований, основанных на ограниченном наборе линейных измерений, использование системы INFOOT-2 позволило получить более полную и объективную информацию о геометрии стопы и голени.

На основе выявленных закономерностей разработана таблица данных построения уточнённой условной развертки голени УРГ для трёх полнотных групп (табл. 2), которая рекомендуется к использованию при проектировании базовой модели женских сапожек среднего размера (240 мм) [5].

Таблица 2

Параметры построения УРГ трех полнот размера 240 мм

Отрезок		Полнота		
		узкая	средняя	широкая
Oh1=67	h1a	54	56,5	60,5
	h1б	59	62,5	66
Oh2=113	h2г	53	55	57,5
	h2 з	51	53	58
Oh3=233	h3 д	87	92	98
	h3ж	55	56	60,5
Oh4=312	h4е	104,5	112	118
	h4к	60,5	62	67
Oh5=385	h5л	100,5	108,5	112,5
	h5м	53	53,5	60
OO'=400	O'm	100	105	111
	O'S	53	54	58,5

Полученные результаты создают предпосылки для разработки цифровых параметрических моделей голени женщин Центрально-Азиатского региона и могут быть использованы при создании интеллектуальных CAD-систем проектирования обуви нового поколения, ориентированных на индивидуализацию продукции и повышение её эргономического качества.

На основе уточнённых параметров условной развертки голени, полученных в результате антропометрических исследований, в графической системе AutoCAD были спроектированы базовые конструкции и разработаны модели женских сапожек различных конструктивно-композиционных решений (рис 5.) При проектировании использовались параметры УРГ, адаптированные к морфологическим особенностям женщин Шымкентского и Ташкентского регионов. Изготовленные опытные образцы подтвердили возможность практического применения разработанной методики и показали, что использование уточнённых антропометрических данных способствует повышению точности проектирования, улучшению посадки голенища по ноге и снижению вероятности возникновения конструктивных дефектов в готовом изделии.



Рис.4. Конструктивно-композиционные решения женских сапожек построенных на основе уточненных данных УРГ

Заключение. В ходе исследования обоснована необходимость адаптации параметров условной развертки голени к актуальным антропометрическим характеристикам женщин конкретного региона. Научная новизна работы заключается в разработке уточнённых параметров УРГ и их интеграции в процессы цифрового проектирования обуви.

На основе полученных уточнённых параметров условной развертки голени в графической системе AutoCAD были спроектированы и изготовлены модели женских сапожек. Практическая апробация разработанных конструкций подтвердила возможность использования предложенных параметров УРГ при цифровом проектировании обуви и показала их эффективность для обеспечения более точного соответствия формы голенища антропометрическим особенностям потребителей.

Использование антропометрических данных в качестве базы для параметрического моделирования позволяет автоматизировать процесс построения разверток голени с учетом индивидуальных морфологических особенностей пользователя.

Внедрение параметрических подходов создает предпосылки для реализации принципов mass customization в обувной промышленности, обеспечивая адаптацию изделий под индивидуальные размеры при сохранении эффективности серийного производства. При этом интеграция уточнённых антропометрических параметров способствует повышению точности посадки, улучшению эргономических характеристик и формированию более сбалансированного и эстетически целостного силуэта изделий.

Список литературы

1. Luximon A., Goonetilleke R.S. Foot shape modeling // Human Factors. – 2004. – Vol. 46, No. 2. – P. 304–315.
2. Mauch M., Grau S., Krauss I., Maiwald C., Horstmann T. Foot morphology of normal, underweight and overweight children // International Journal of Obesity. – 2008. – Vol. 32. – P. 1068–1075. DOI: 10.1038/ijo.2008.52
3. Chandra A., Singh S.P., Singh I. Anthropometric study of foot and its application in footwear design // Journal of the Anthropological Survey of India. – 2011. – Vol. 60. – P. 1–10.
4. Xiong S., Zhao J., Jiang Z., Dong M. Foot anthropometric measurement and analysis // Ergonomics. – 2010. – Vol. 53. – P. 1–12.
5. Ключникова, В.М. Практикум по конструированию изделий из кожи [Текст] / В.М. Ключникова: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Конструирование изделий из кожи». – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 336 с.
6. Основы проектирования верха обуви [Текст]: методическое пособие для модельера-конструктора. – М.: Дом моделей обуви «Актра», 1992.
7. Максудова, У.М. Использование компьютерных технологий при антропометрических исследованиях стоп [Текст] / У.М. Максудова, М.У. Илхамова, Д.З. Пазылова, Ш.Ш. Шералиев // Текстильные проблемы. – Ташкент, 2013. – № 2. – С. 33–36.
8. Telfer S., Woodburn J. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot // Journal of Foot and Ankle Research. – 2010. – Vol. 3. – P. 19–27. DOI: 10.1186/1757-1146-3-19
9. Максудова, Д.Т. Гендерно-ориентированный анализ параметров стопы, полученных с использованием различных методов измерения, и оценка взаимосвязи степени плоскостопия с выраженностью вальгусной деформации (hallux valgus) у медицинских работников Узбекистана [Текст] / Д.Т.

- Максудова, М.У. Илхамова, Д.К. Турсунова // Механика и технологии. – 2025. – № 3 (85). – С. 432–439. DOI: 10.55956/NPCT1583.
10. Kimura K. 3D Foot Scanning System. Software Manual / I-Ware Laboratory Co., Ltd. – July 2021. – Rev. 2.
11. Калинин, А.Г. Обработка данных методами математической статистики [Текст] / А.Г. Калинин: монография. – Чита : ЗИП СибУПК, 2015. – 106 с.

Материал поступил в редакцию 19.05.26, принят 02.09.26.

**Ж.Е. Байтелиева¹, Д.Д. Дайрабай¹,
М.У. Илхамова², Д.Т. Максудова², С.Б. Байжанова³**

¹*М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан*

²*Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент, Өзбекстан*

³*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан*

ШЫМКЕНТ ЖӘНЕ ТАШКЕНТ Өңірлеріндегі әйелдердің табаны мен балтырының антропометриялық зерттеулері негізінде әйелдер етігін жобалау

Аннотация. Мақалада әйелдер етігін жобалау параметрлерін нақтылау мақсатында Орталық Азия әйелдерінің (Оңтүстік Қазақстан және Ташкент облыстары) табаны мен балтырына жүргізілген антропометриялық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Зерттеу INFOOT-2 жүйесі арқылы табанды 3D-сканерлеуді және балтырдың айналма әрі биіктік параметрлерін жанасу әдісімен өлшеуді қамтитын аралас әдіс негізінде жүргізілді. Зерттеуге 19–27 жас аралығындағы 236 әйел қатысты. Алынған деректер негізінде зерттелген өңірлердегі жас әйелдердің табаны мен балтырының антропометриялық белгілерінің базасы қалыптастырылды. Өлшемдік сипаттамаларға статистикалық талдау жүргізіліп, орташа мәндер, орташа квадраттық ауытқу және вариация коэффициенті анықталды. Зерттелген өңір әйелдерінің балтыр параметрлері аяқ киімді жобалаудың дәстүрлі әдістемелерінде қолданылатын мәндерден айналма өлшемдерінің кішірек болуымен ерекшеленетіні анықталды. Анықталған заңдылықтар негізінде әйелдер етігінің базалық конструкциясын жобалау кезінде қолданылатын үш толықтық тобына арналған балтырдың шартты жаймасының нақтыланған параметрлері әзірленді. Алынған нәтижелерді аяқ киімді автоматтандырылған жобалау жүйелерінде және аяқ киім өнеркәсібінде mass customization қағидаттарын іске асыру кезінде пайдалануға болады.

Кілт сөздер: антропометриялық зерттеулер, табан, балтыр, әйелдер етігі, 3D-сканерлеу, INFOOT-2, балтырдың шартты жаймасы, CAD-технологиялар, аяқ киімді цифрлық жобалау.

Zh.Y. Baiteliyeva¹, D.D. Dairabay¹, M.U. Ilkhamova², D.T. Maksudova², S.B. Baizhanova³

¹*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

²*Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan*

³*M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan*

ANTHROPOMETRIC STUDIES OF THE FOOT AND LOWER LEG OF WOMEN FROM THE SHYMKENT AND TASHKENT REGIONS FOR THE DESIGN OF WOMEN'S BOOTS

Abstract. This paper presents the results of anthropometric studies of the foot and lower leg of women from Central Asia (South Kazakhstan and Tashkent regions), conducted to refine the design parameters of women's boots. The study employed a combined methodology involving 3D foot scanning using the INFOOT-2 system and direct contact measurements of circumferential and height parameters of the lower leg. The sample

comprised 236 women aged 19–27 years. Based on the collected data, an anthropometric database of foot and lower-leg characteristics of young women from the studied regions was developed. Statistical analysis of the dimensional characteristics included the determination of mean values, standard deviation, and coefficient of variation. The results showed that the lower-leg parameters of women from the studied region differ from the values used in conventional footwear design methods, particularly in terms of smaller circumferential dimensions. Based on the identified patterns, refined parameters of the conditional lower-leg development were developed for three width groups and applied to the design of the basic construction of women's boots. The results can be used in computer-aided footwear design systems and in implementing mass customization principles in the footwear industry.

Keywords: anthropometric studies, foot, lower leg, women's boots, 3D scanning, INFOOT-2, conditional lower-leg development, CAD technologies, digital footwear design.

References

1. Luximon A., Goonetilleke R.S. Foot shape modeling // Human Factors. – 2004. – Vol. 46, No. 2. – P. 304–315.
2. Mauch M., Grau S., Krauss I., Maiwald C., Horstmann T. Foot morphology of normal, underweight and overweight children // International Journal of Obesity. – 2008. – Vol. 32. – P. 1068–1075. – DOI: 10.1038/ijo.2008.52.
3. Chandra A., Singh S.P., Singh I. Anthropometric study of foot and its application in footwear design // Journal of the Anthropological Survey of India. – 2011. – Vol. 60. – P. 1–10.
4. Xiong S., Zhao J., Jiang Z., Dong M. Foot anthropometric measurement and analysis // Ergonomics. – 2010. – Vol. 53. – P. 1–12.
5. Klyuchnikova V.M. Praktikum po konstruirovaniyu izdeliy iz kozhi [Practical course in leather product design]: study guide for university students specializing in leather product design. – Moscow: Legprombytizdat, 1985. – 336 p. [in Russian].
6. Osnovy proektirovaniya verkha obuvi [Fundamentals of footwear upper design]: methodological guide for a fashion designer and footwear constructor. – Moscow: Footwear Design House «Aktra», 1992. [in Russian].
7. Maksudova U.M., Ilkhamova M.U., Pazylova D.Z., Sheraliev Sh.Sh. Ispol'zovanie komp'yuternykh tekhnologiy pri antropometricheskikh issledovaniyakh stop [Use of computer technologies in anthropometric studies of the foot] // Textile Problems. – Tashkent, 2013. – No. 2. – P. 33–36. [in Russian].
8. Telfer S., Woodburn J. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot // Journal of Foot and Ankle Research. – 2010. – Vol. 3. – P. 19–27. – DOI: 10.1186/1757-1146-3-19.
9. Maksudova D.T., Ilkhamova M.U., Tursunova D.K. Genderno-orientirovanny analiz parametrov stopy, poluchennykh s ispol'zovaniem razlichnykh metodov izmereniya, i otsenka vzaimosvyazi stepeni ploskostopiya s vyrazhennost'yu val'gusnoy deformatsii (hallux valgus) u meditsinskikh rabotnikov Uzbekistana [Gender-oriented analysis of foot parameters obtained using different measurement methods and assessment of the relationship between the degree of flatfoot and the severity of hallux valgus deformity among healthcare workers in Uzbekistan] // Mechanics and Technologies. – 2025. – No. 3 (85). – P. 432–439. – DOI: 10.55956/NPCT1583. [in Russian].
10. Kimura K. 3D Foot Scanning System. Software Manual / I-Ware Laboratory Co., Ltd. – July 2021. – Rev. 2.
11. Kalinin A.G. Obrabotka dannykh metodami matematicheskoy statistiki [Data processing using mathematical statistical methods]: monograph. – Chita: ZIP SibUPK, 2015. – 106 p. [in Russian].