Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science https://kostumologiya.ru

2025, Том 10, № 2 / 2025, Vol. 10, Iss. 2 https://kostumologiya.ru/issue-2-2025.html

URL статьи: https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL225.pdf

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Чуркина, А. А. Сравнительный анализ антропометрических данных, полученных с помощью 3D-сканирования и традиционными контактными методами / А. А. Чуркина, М. В. Попова, И. А. Петросова, Н. А. Коробецкая // Костюмология. — 2025. — Т. 10. — № 2. — URL: https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL225.pdf.

For citation:
Churkina A.A., Popova M.V., Petrosova I.A., Korobetskaya N.A. Comparative analysis of anthropometric data obtained through 3D scanning versus traditional contact methods. *Journal of Clothing Science*. 2025;10(2): 25TLKL225. Available at: https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL225.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 687.1; 572.087

Чуркина Алена Александровна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
E-mail: alenachurkina33@gmail.com

Попова Мария Викторовна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
E-mail: mari.popv@mail.ru

Петросова Ирина Александровна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Заведующая кафедрой
Доктор технических наук, профессор
E-mail: petrosova-ia@rguk.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=606302

Коробецкая Надежда Александровна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Аспирант
E-mail: nkorobeckaya@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1258650

Сравнительный анализ антропометрических данных, полученных с помощью 3D-сканирования и традиционными контактными методами

Аннотация. Статья посвящена сравнению традиционных контактных и бесконтактных (3D-сканирование) методов проведения антропометрических исследований. Авторами представлена сравнительная оценка ключевых размерных признаков: роста, обхвата груди 3-го, обхвата талии, обхвата бедер, а также подчиненных признаков: обхвата груди 2-го, обхвата груди 4-го и высоты линии талии. Анализ отклонений (разницы между бесконтактным и контактным методом) выявил систематические ошибки, появляющиеся в результатах 3D-сканирования. В частности, наблюдается уменьшение значений роста и высоты линии талии (разница до 5,9 см), связанное с неправильным определением верхушечной точки и изменением

естественных пропорций тела при сканировании. Измерения обхватов груди (2-го, 3-го, 4-го) и обхвата талии также демонстрируют нестабильность результатов, полученных с помощью 3D-сканирования. Сравнение с контрольными значениями, полученными традиционным способом, демонстрирует значительные отклонения (до 11 см), причины появления которых авторы последовательно разбирают.

Данное исследование показывает, что точность 3D-сканирования зависит от множества факторов:

- позы испытуемого;
- учета его прически и одежды;
- предварительной разметки антропометрических уровней;
- алгоритмов обработки данных.

Для минимизации ошибок авторы предлагают стандартизировать процедуру сканирования. Полученные результаты подчеркивают необходимость совершенствования методик 3D-сканирования для повышения надежности данных в таких областях, как проектирование одежды, эргономика, медицина. Несмотря на бесспорные преимущества в скорости и воспроизводимости, технология требует дальнейшей доработки алгоритмов и протоколов измерений.

Ключевые слова: антропометрия; 3D-сканирование; сканотар; контактные методы измерения; бесконтактные методы измерения; размерные признаки; верификация антропометрических данных; сравнительный анализ

Введение

Современные технологии антропометрических исследований активно развиваются благодаря внедрению бесконтактных методов, таких как 3D-сканирование. Традиционные контактные способы измерения тела, проводимые вручную с помощью измерительной ленты, антропометра и др. инструментов, обладают рядом ограничений, связанных с человеческим фактором: субъективность определения измеряемых участков, существенные временные затраты, погрешности в значениях полученных величин размерных признаков [1]. В отличие от традиционных контактных способов, 3D-сканирование способно обеспечить более высокую точность, скорость и воспроизводимость, что делает его перспективным инструментом для нужд производства одежды, эргономики, медицины и антропологии [2].

Особый интерес представляет применение 3D-сканирования для создания цифровых двойников (аватаров) человеческого тела, которые могут экспортироваться в программы 3D-моделирования (например, CLO 3D, Style 3D, OptiTex, Browzwear) для разработки виртуальных лекал и симуляции посадки одежды [3]. Доказано, что интеграция полученных 3D-аватаров в систему виртуальной примерки сокращает время разработки коллекций до 30 % [4].

Однако точность таких моделей зависит от множества факторов: разрешения сканера, алгоритмов обработки данных, позы человека во время сканирования и др. [5]. Поэтому сравнительный анализ данных, полученных традиционным и новым методами антропометрии, остается актуальной задачей.

Постановка проблемы

Несмотря на преимущества 3D-сканирования, его внедрение требует строгой валидации. Ключевые проблемы:

- артефакты от движения (дыхание, дрожь) [6];

- неточности в зонах с высокой кривизной [7];
- зависимость от ПО для обработки облака точек [8].

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью объективной оценки эффективности и точности 3D-сканирования по сравнению с традиционными методами антропометрических измерений. Сравнительный анализ позволит определить области применения каждого метода, выявить их преимущества и недостатки, а также разработать рекомендации по оптимизации процесса сбора антропометрических данных. В данной работе проведено сравнительное исследование ключевых и подчиненных размерных признаков (РП), полученных с помощью традиционных контактных и бесконтактных (3D-сканирование) методов.

Ключевые РП: рост (Т1), обхват груди 3-й (Т16), обхват талии (Т18), обхват бедер (Т19).

Подчиненные РП: обхват груди 2-й (Т15), обхват груди 4-й (Т17) и высота линии талии (Т7).

Методика исследования

В данном исследовании проведено сравнение антропометрических данных 25 человек — девушки-студентки в возрасте 18–25 лет. Размерные данные получены дважды:

- традиционным контактным методом в рамках 3-хэтапной лабораторной работы с использованием линейки, сантиметровой ленты и антропометра по методике определения РП, изложенной в ГОСТ 17522-72[1];
- бесконтактным методом 3D-сканирования.

Анализ данных, полученных указанными способами, заключался в выявлении разницы значений полученных величин: данные, полученные бесконтактным способом минус данные, полученные контактным способом, который в данном исследовании был принят в качество контрольного. Для простоты восприятия, результаты измерений были представлены в виде величин отклонения (ΔTn) для каждого ведущего и подчиненного РП.

Результаты и анализ

Величины отклонений (ΔTn), полученные в процессе исследования были собраны и представлены в виде таблицы.

Таблица 1 содержит данные отклонений по каждому РП, привлеченному к анализу. Разница выражена в см.

Таблица 1

Сравнительный анализ антропометрических измерений, полученных контактным и бесконтактным способом

№ модели	ΔT1	ΔT7	ΔT15	ΔT16	ΔT17	ΔT18	ΔT19
1	-2,5	-2,2	5,9	2,7	1,6	3,2	-0,7
2	0,9	-4,3	2,5	1,0	0,8	0,4	-1,8
3	-2,8	-2,1	6,6	0,4	-0,4	0	-3,3
4	-3,4	-5,1	11,3	0,6	6,8	4,5	0,2
5	-5,2	-1,1	6,0	1,6	0,8	1,2	0

[1] ГОСТ 17522-72 Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. М.: Стандартинформ, 2000. с Изменением N 1.

6	-3,4	-3,8	5,3	-0,3	4,2	2,3	-0,6
7	-1,7	-0,6	6,0	2,4	1,9	1,2	-1,5
8	-3,4	-4,2	6,1	2,8	5,2	3,0	-1,7
9	-5,1	-4,1	7,4	2,9	-1,9	5,1	2,0
10	-1,5	-3,3	3,5	0,6	5,5	2,7	-0,6
11	-5,9	-4,8	10,7	0,5	2,4	3,0	-0,3
12	-2,3	-1,1	3,9	-0,9	3,0	2,0	-0,2
13	-3,1	-2,2	2,6	-1,4	0,3	-0,9	-1,0
14	-5,0	-3,0	5,3	-2,2	1,4	3,1	0,4
15	-1,6	-2,7	8,5	1,5	1,8	-0,7	-0,5
16	-1,1	-5,5	-2,4	3,9	11,4	2,2	-0,2
17	-1,6	-1,3	10,8	2,2	1,1	1,7	-2,1
18	-1,7	0,8	6,6	0,2	-1,9	0,8	0,4
19	-3,1	-2,9	5,9	-2,9	0,5	-1,4	0,3
20	-1,4	0,9	10,2	2,3	1,4	0,3	-1,4
21	-5,0	-2,6	6,1	2,2	1,2	1,7	-0,7
22	-5,3	-4,9	11,2	3,0	1,3	5,1	-1,8
23	-5,4	-4,0	6,0	1,4	-0,9	2,4	-0,2
24	-0,5	-0,9	5,5	0,2	0,6	3,6	-3,5
25	-3,2	-1,4	5,8	1,3	3,0	3,4	-1,4
Макс. абсолютное значение	5,9	5,5	11,3	3,9	11,4	5,1	3,5

Анализ данных по каждому РП позволяет сделать следующие выводы:

1. Рост (Т1).

Рост характеризует общую длину тела человека и необходим для расчета размеров отдельных участков чертежа конструкции изделия (например, длины изделия (Ди). Также значение РП Т1 может применяться для проверки/получения других РП, например, значение Т73 (высота головы) представляет собой разницу высот Т1–Т10. Поэтому достоверность значения РП Т1 принципиально важна.

В представленной выше таблице наблюдается преимущественно отрицательное отклонение значений РП Т1, что указывает на систематическое занижение роста при 3D-сканировании.

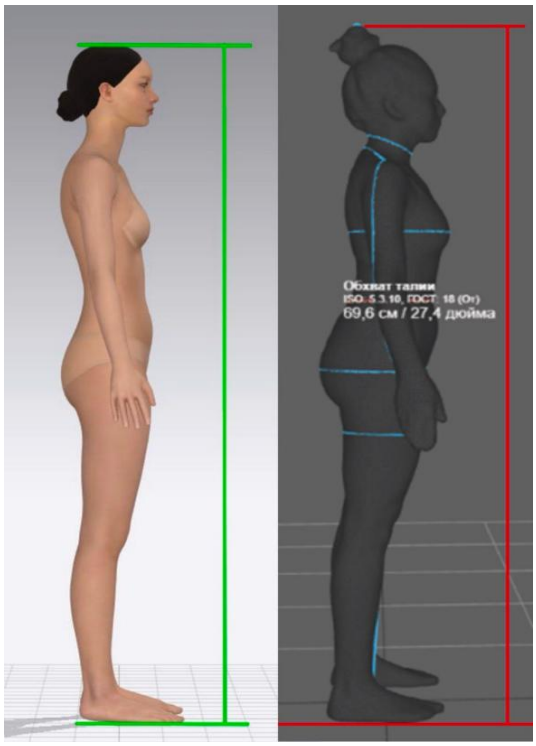
Отклонения варьируются от 0,5 см до 5,9 см.

При анализе выявлены следующие возможные причины отклонений:

- влияние расположения ног во время сканирования, так как экспериментально подтверждено уменьшение роста на до 2-х см при разведении ног в стороны на разное расстояние;
- деформация осанки, наклон тела в процессе сканирования;
- верхушечная точка *a* определялась по верхней границе прически (пучок волос) как самая высокая точка сканирования, а не по макушке головы (рис. 1).

Последняя причина требует особого анализа. Несмотря на то, что прическа (пучок) увеличивает рост, сканированные значения оказались меньше фактических. Одновременно с занижением роста (преимущественно отрицательные значения ΔТ1), получены также преимущественно отрицательные значения РП высота линии талии (ΔТ7) при этом значения обхватов груди 3-го и особенно 2-го, снятые со сканотаров в основном стабильно превышают значения, снятые вручную (ΔТ15 и ΔТ16). Таким образом, наблюдается явное уменьшение значений высотных РП (Т1, Т7), что указывает на возможное укорочение параметров сканотара по оси *y* примерно до линии бедер, при одновременном увеличение значений некоторых обхватов и ширин (в нашем случае Т15, Т16, Т17, Т18), т. е. расширении естественных

пропорций по оси *x*. Таким образом в данном частном случае мы, вероятно, столкнулись с зональным сплющиванием сканированной фигуры по оси *y*.



а *б*

Рисунок 1. *Определение роста (Р): а — по методике ГОСТ 17522-72; б — при помощи 3D-сканирования (составлено авторами)*

2. Высота линии талии (Т7).

Высота линии талии (Т7) — размерный признак, влияющий на точность и качество построения чертежа конструкции, а впоследствии на посадку плечевых и поясных изделий. Качество определения РП Т7 минимизирует такие конструктивные дефекты изделия как напряженные складки и морщины, перекосы и натяжения ткани в области талии.

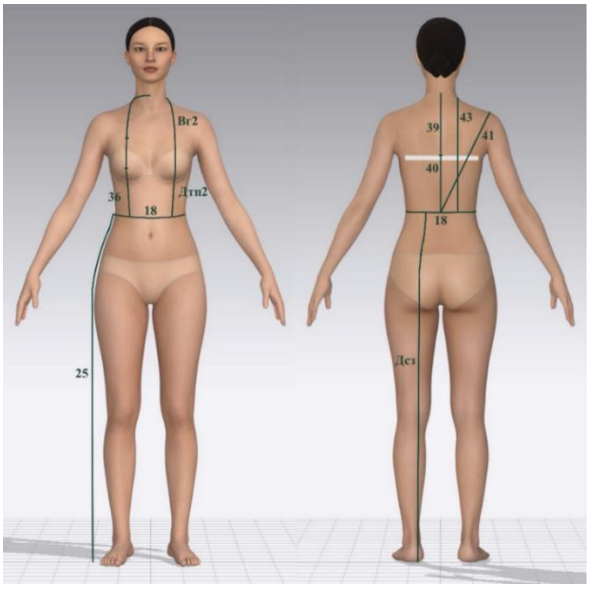


Рисунок 2. *Взаимосвязь высоты линии талии (Т7) и подчиненных РП (составлено авторами)*

Важно отметить, что корректное определение уровня талии, т. е. РП Т7 существенно влияет на измерения тела, производимые до/от уровня линии талии. Среди них: длина спины до талии (Т40, Т43), длина переда до талии (Т36), высота плеча косая (Т41), расстояние от линии талии до плоскости сидения (Т49) и пр. (рис. 2).

В данном пункте важно также отметить, что неверное определение уровня линии талии (РП Т7) влечет за собой отклонения в значениях обхвата талии (ΔТ18) (рис. 3, 4).

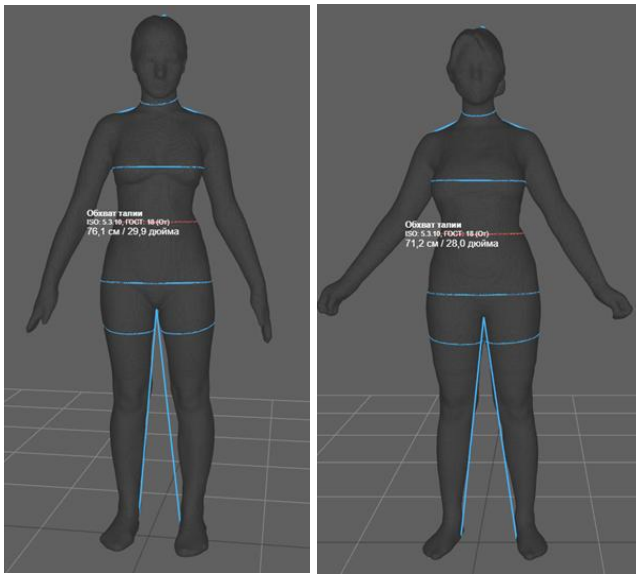


Рисунок 3. *Некорректное определение высоты линии талии (Т7) и соответствующего ему обхвата талии (Т18) при 3D-сканировании (составлено авторами)*

3. Обхват талии (Т18).

РП обхват талии (Т18) в поясной и плечевой одежде напрямую влияет на ширину изделия по линии талии, величину посадки по талии и необходимость использования вытачек, рельефов или других конструктивных решений для достижения желаемого силуэта, поэтому РП Т18 требует внимательного рассмотрения в анализе.

Так, в ходе измерений были выявлены существенные расхождения в значениях Т18, колеблющиеся в диапазоне от -0,9 до 5,1 см. Как уже было сказано выше, бесконтактные значения обхватов в основном превышают контрольные (снятые контактным способом) из-за возможного нарушения естественных пропорций по осям *x* и *y* при сканировании.

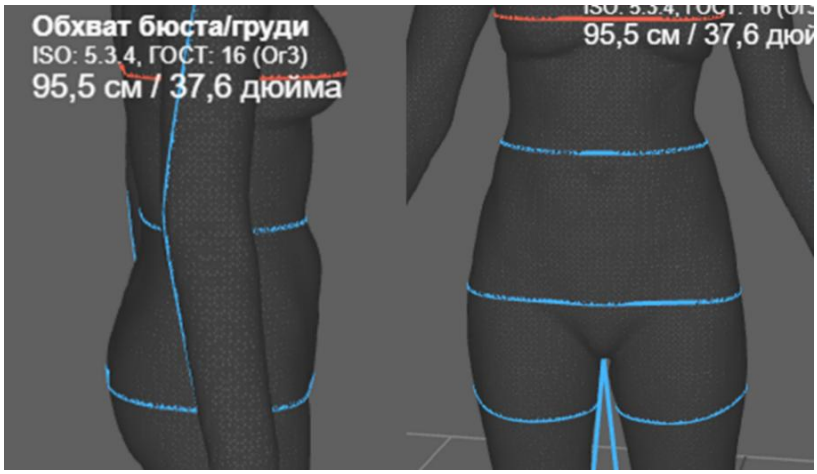


Рисунок 4. *Некорректное определение Обхвата талии (Т18) при 3D-сканировании (составлено авторами)*

Также при анализе изображений моделей спереди и сбоку отчетливо прослеживается тенденция к смещению линии талии в нижнюю часть торса (рис. 4), что в отсутствии предварительного нанесения анатомических ориентиров (маркеров) также может быть причиной возникновения значительных расхождений в значениях. Вероятно, автоматическая система определения уровня талии сканотара в сагиттальной плоскости ориентирована на углубление в области живота (пупочная впадина), что не корректно в большинстве случаев.

4. Обхват груди второй (T15).

Отклонения свыше 11 см в измерениях максимального значения груди (ΔT15) указывают на потенциальные проблемы, в которых необходимо разобраться. Так разница измерений обхвата груди второго (ΔT15), полученных контактным и бесконтактным методом демонстрируют в основном положительные значения, что может быть вызвано деформацией пропорций торса по оси *x*, о котором ранее уже упоминалось. Однако довольно широкий разброс значений (от — 2,4 до 11,3 см) свидетельствует о нестабильности измерений, которое может быть вызвано:

- влиянием облака точек в области подмышечных впадин;
- некорректным применением методики измерения (рис 5);
- использование различного белья при контактном и бесконтактном измерении (деформация мягких тканей).

Последнее также может объяснять отрицательные значения ΔT15. Подобную проблему подробно изучали Gupta et al. (2020) [9; 10].

Поскольку РП T15 является важным размерным признаком, влияющим на определение ширины изделия, величину вытачек или посадки в области груди, баланс изделия, понимание причин для устранения величины отклонений ΔT15 является приоритетной задачей.

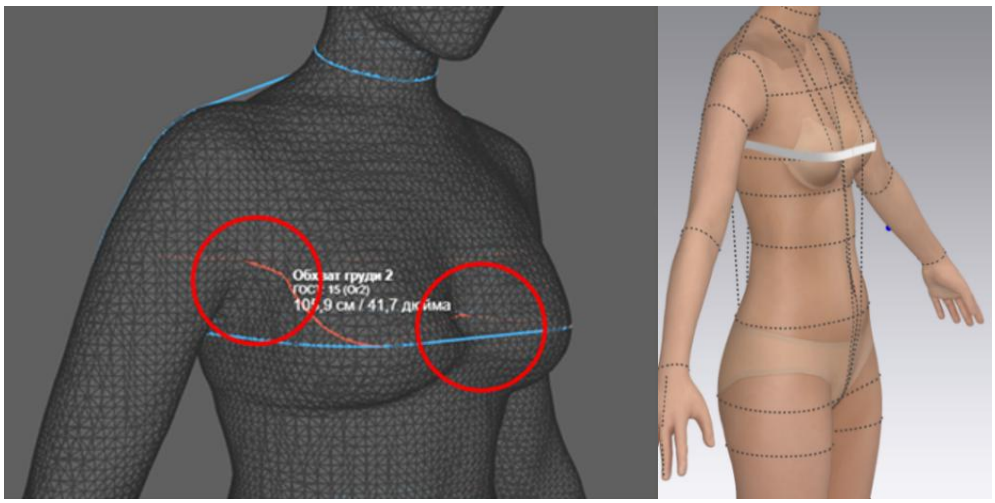


Рисунок 5. *Некорректное определение Обхвата груди второго (T18) при 3D-сканировании в сравнении с измерением по ГОСТ 17522-72 (составлено авторами)*

5. Обхват груди третий (T16).

Бесконтактный способ измерения обхвата груди третьего (T18) также требует уточнения. Значения РП T18, полученные со сканотара, в основном превышали значения, полученные контактным способом вплоть до 3,9 см. Данные таблицы позволяют оценить величину и характер систематической ошибки. По предположению авторы причины и характер отклонений ΔT16 аналогичен причинам, описанным для ΔT15:

- увеличение естественных пропорций торса по оси *x* при сканировании (сплющивание);
- влияние облака точек в области подмышечных впадин;
- использование различного белья при контактном и бесконтактном измерении (деформация мягких тканей).

6. Обхват груди четвертый (Т17).

Как и в случае с ΔТ15, РП Т17 показывает преимущественно положительные значения отклонений с разбросом от -1,9 до 11,4 см, что также свидетельствует о нестабильности измерений. Причины отклонений в основном аналогичны указанным выше. Анализ фото сканотаров с различных ракурсов позволяет дополнительно выделить еще одну возможную проблему — некорректное определение уровня под грудью при сканировании (рис. 6). Часто линия измерения РП Т17 располагалась либо выше необходимого уровня (заходит на область молочных желез), либо значительно ниже, иногда одновременно и то, и другое. Это может быть связано с наклоном тела модели в процессе сканирования (несимметричность позы) и/или с нависанием молочной железы из-за неправильно подобранного белья.

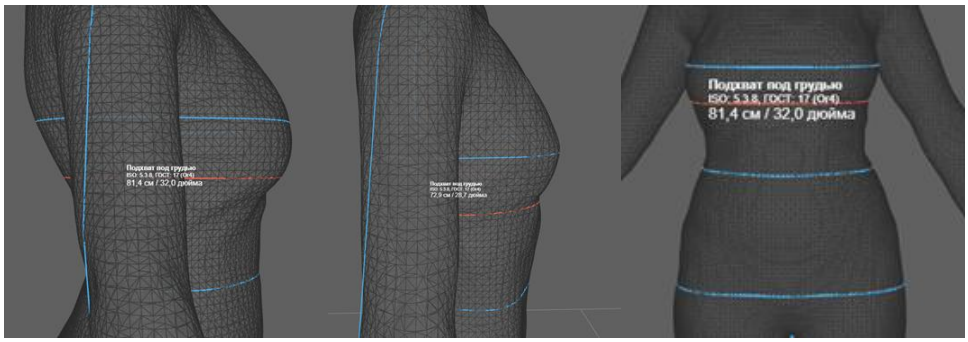


Рисунок 6. *Некорректное определение обхвата груди четвертого (Т17) при 3D-сканировании (составлено авторами)*

Выявленные систематические ошибки в значениях РП, полученных при 3D-сканировании, являются критической проблемой, потому что нестабильные измерения не могут быть надежной основой для конструирования одежды. Возникает необходимость дальнейшего изучения факторов, влияющих на точность антропометрических измерений, получаемых с помощью 3D-сканирования. В этом ключе важно разработать четкую методику измерений и систему требований к процессу сканирования, минимизирующие ошибки в полученных данных. Сюда можно отнести следующие требования:

- четкое определение положения тела в процессе сканирования (положение корпуса, постановка ног и рук);
- требования к волосам (не просто собирать волосы в пучок, а использовать специальную эластичную сеточку, прижимающую волосы);
- предварительное определение и нанесение анатомических ориентиров (маркеров) для последующего корректного определения топологии конкретного измерения (уровни и линии);
- калибровка оборудования;
- создание правил постобработки результатов сканирования для минимизации влияния артефактов (особенно в области подмышечных впадин и паха);
- выработка алгоритмов обработки данных (корректная интерпретация).

Заключение

Обобщая результаты исследования, подчеркнем, что величины отклонений по ключевым РП оказались весьма значительными, и для каждой области это связано с перечисленными ниже причинами:

- уменьшение высотных значений T1 (до 5,9 см) и T7 (до 5,5 см) связано с неправильным определением верхушечной точки и изменением естественных пропорций торса по оси y в процессе сканирования;
- измерения обхватов груди (T15, T16, T17) показывают однородную нестабильность измерений, что объясняется изменением естественных пропорций торса по оси x в процессе сканирования, влиянием «облака точек» в области подмышечных впадин и сопутствующей ему невозможности корректно произвести измерение в этой области (нарушение методики снятия измерения);
- отклонения в обхвате талии (T18) могут быть вызваны изменением естественных пропорций торса по оси x в процессе сканирования, а также с некорректным определением высоты линии талии T7.

Результаты исследования подчеркивают необходимость разработки усовершенствованных методик 3D-сканирования и обработки данных для повышения точности антропометрических измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kouchi M., Mochimaru M. Accuracy evaluation of a low-cost 3D laser scanner // International Journal of Automation Technology. — 2011. — Vol. 5, № 3. — P. 281–287. — DOI: 10.20965/ijat.2011.p0281.
2. Robinette K.M., Daanen H., Paquet E. The CAESAR project: a 3-D surface anthropometry survey // Proceedings of the Second International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling. — 1999. — P. 380–386. — DOI: 10.1109/IM.1999.805368.
3. Simmons K.P., Istook C.L. Body measurement techniques: Comparing 3D body scanning and anthropometric methods for apparel applications // Journal of Fashion Marketing and Management. — 2003. — Vol. 7, № 3. — P. 306–332. — DOI: 10.1108/13612020310484834.
4. Wang C.C.L., Wang Y., Yuen M.M.F. Feature-based 3D garment design through 2D sketches // Computer-Aided Design. — 2020. — Vol. 36, № 6. — P. 583–592. — DOI: 10.1016/S0010-4485(03)00126-2.
5. Lu J.M., Wang M.J.J. Automated anthropometric data collection using 3D whole body scanners // Expert Systems with Applications. — 2008. — Vol. 35, № 1-2. — P. 407–414. — DOI: 10.1016/j.eswa.2007.07.032.
6. Psikuta A., Frackiewicz-Kaczmarek J., Mert E. et al. Validation of a novel 3D scanning method for determination of the air gap in clothing // Measurement. — 2016. — Vol. 92. — P. 157–166. — DOI: 10.1016/j.measurement.2016.06.006.
7. Mckinnon L., Istook C.L. Comparing data extraction methods for 3D body scans // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. — 2021. — Vol. 14, № 1. — P. 1–9. — DOI: 10.1080/17543266.2020.1843614.

8. Ballester A., Parrilla E., Uriel J. et al. 3D scanning systems for garment design and virtual try-on: A review // Textile Research Journal. — 2019. — Vol. 89, № 21-22. — P. 4489–4506. — DOI: 10.1177/0040517519835749.

9. Gupta D., Garg N., Arora S. Comparative analysis of 3D body scanning and manual measurement techniques for apparel fit // International Journal of Clothing Science and Technology. — 2020. — Vol. 32, № 5. — P. 671–686. — DOI: 10.1108/IJCST-09-2019-0141.

10. 3D shape measurement techniques for human body reconstruction / I. Xhimitiku, G. Pascoletti, E. M. Zanetti, G. Rossi // Acta IMEKO. — 2022. — Vol. 11, No. 2. — DOI 10.21014/acta_imeko.v11i2.1219. — EDN QQLUDR.

Churkina Alena Alexandrovna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: alenachurkina33@gmail.com

Popova Maria Viktorovna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: mari.popv@mail.ru

Petrosova Irina Alexandrovna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: petrosova-ia@rguk.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=606302

Korobetskaya Nadezhda Alexandrovna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: nkorobeckaya@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1258650

Comparative analysis of anthropometric data obtained through 3D scanning versus traditional contact methods

Abstract. The article compares traditional contact-based and non-contact (3D scanning) methods of anthropometric research. The authors present a comparative evaluation of key dimensional characteristics (height, bust girth, waist girth, hip girth), as well as secondary characteristics (maximum bust girth, under bust girth, and waistline height. Analysis of deviations (differences between non-contact and contact methods) revealed systematic errors in 3D scanning results. Specifically, the study observed: height underestimation (up to 5,9 cm difference) due to incorrect identification of the apex point; deviations in waist girth and waistline height measurements, unstable results for chest measurements (upper chest girth, maximum chest girth, under bust girth) with deviations reaching 11 cm.

The research demonstrates that 3D scanning accuracy depends on multiple factors: subject's posture, accounting for hairstyle and clothing, preliminary marking of anthropometric landmarks, data processing algorithms.

To minimize errors, the authors propose standardizing the scanning procedure. The results emphasize the need for improving 3D scanning methodologies to enhance data reliability for applications in apparel design, ergonomics, and anthropometry. Despite advantages in speed and reproducibility, the technology requires further refinement of algorithms and measurement protocols.

Keywords: anthropometry; 3D scanning; body scan; contact measurement methods; non-contact measurement methods; body measurements; anthropometric data verification; comparative analysis