

Научная статья
УДК 59.087
DOI: <https://doi.org/10.29039/2949-1258/2025-1/124-133>
EDN: <https://elibrary.ru/FGRPUV>

Система измерений сельскохозяйственных животных для разработки «умной» одежды*

Копылова Мария Дмитриевна

Гетманцева Варвара Владимировна

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
Москва, Россия

Аннотация. Исследование направлено на определение и систематизацию размерных признаков сельскохозяйственных животных для разработки «умной» одежды. Для проведения промеров тела свиньи проанализирован скелет животного с целью определения основных поркометрических точек. Особенностью строения тела животного является отсутствие шеи и эллипсообразная форма туловища, что повлияет на конструкцию, так как в процессе движения животного изделие должно иметь минимальное смещение относительно поверхности тела, а эллипсообразная форма затрудняет возможность уменьшения площади покрытия поверхности тела животного. Исследованы способы получения размерной характеристики животного, где выявлено, что самым доступным методом является фотограмметрия. На основании проведенного исследования формы животного как геометрического объекта выявлены основные поркометрические точки (11 точек), разработана методика и рекомендован способ проведения замеров животного. Исходя из анализа геометрических особенностей поверхности тела животного определено, что 16 промеров достаточно, чтобы получить достоверную информацию для проектирования конструкций; получены промеры отдельных особей животных. Получены и систематизированы промеры отдельных особей животных. Построены 3D-аватары, необходимые для проведения дальнейших исследований с использованием виртуальной среды. Для построения аватаров животных использовалась среда Clo 3D. Для проведения натурных исследований выполнен прототип животного на 3D-принтере в масштабе 1:4. Разработанная система измерений сельскохозяйственных животных поможет совершенствовать процесс проектирования умной одежды благодаря взаимосвязи между формой и полученными измерениями для отслеживания и корректировки показателей жизнедеятельности животного.

Ключевые слова: сельскохозяйственные животные, размерные признаки, поркометрические точки, методика замеров, система измерений, виртуальная модель, прототип животного, виртуальный аватар, 3D-печать, «умная» одежда.

Для цитирования: Копылова М.Д., Гетманцева В.В. Система измерений сельскохозяйственных животных для разработки «умной» одежды // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета. 2025. Т. 17, № 1. С. 124–133. DOI: <https://doi.org/10.29039/2949-1258/2025-1/124-133>. EDN: <https://elibrary.ru/FGRPUV>

* Исследование выполнено за счет гранта Russian Science Foundation (RSF) № 23-29-00337, <https://rscf.ru/project/23-29-00337/>

© Копылова М.Д., 2025

© Гетманцева В.В., 2025

Original article

Animal measurement system for smart clothing design

Maria D. Kopylova

Varvara V. Getmantseva

Kosygin Russian State University (Technologies, Design, Art)
Moscow, Russia

Abstract. This study aims to identify and systematize the dimensional characteristics of farm animals for the development of "smart" clothing. To conduct body measurements of pigs, the animal's skeletal structure was analyzed to determine key porcometric points. A distinctive feature of the animal's body structure is the absence of a neck and an elliptical torso shape, which affects garment design, as the clothing must exhibit minimal displacement during movement, and the elliptical shape complicates the reduction of surface coverage. Various methods for obtaining size characteristics of the animal were examined, with photogrammetry identified as the most accessible technique. Based on the study of the animal's form as a geometric object, 11 key porcometric points were identified, a measurement methodology was developed, and a recommended procedure for conducting measurements was proposed. Analysis of the geometric features of the animal's body surface determined that 16 measurements are sufficient to obtain reliable data for construction design. Individual animal measurements were collected and systematized. 3D avatars were created for further research using a virtual environment, specifically the Clo 3D software. Additionally, a scaled 1:4 prototype of the animal was produced using 3D printing for physical testing. The developed farm animal measurement system will enhance the design process of smart clothing by establishing a connection between body shape and measurement data, enabling monitoring and adjustment of the animal's vital parameters.

Keywords: farm animals, dimensional characteristics, porcometric points, measurement methodology, measurement system, virtual model, animal prototype, virtual avatar, 3D printing, smart clothing.

For citation: Kopylova M.D., Getmantseva V.V. Animal measurement system for smart clothing design // The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University. 2025. Vol. 17, № 1. P. 124–133. DOI: <https://doi.org/10.29039/2949-1258/2025-1/124-133>. EDN: <https://elibrary.ru/FGRPUV>

Введение

Опираясь на концептуальные разработки в области интернета вещей, «умной» одежды, инновационных изделий медицинского назначения и проч., можно заявить, что существует большой спектр носимых датчиков с функциями активного и удаленного мониторинга физиологических параметров [1]. Одними из самых популярных датчиков и средств мониторинга являются носимые датчики и биосенсоры, так как они имеют высокий потенциал для получения непрерывной информации в режиме реального времени о состоянии здоровья и местонахождения объекта [2].

Последнее время носимые датчики и биосенсоры активно внедряются в сельскохозяйственную промышленность для мониторинга физиологических параметров и получения непрерывной информации о сельскохозяйственных животных, такой как местонахождение, двигательная активность, фертильность, обнаружение охоты и т.д. Для наиболее точного расположения датчиков и био-

сенсоров на теле животного, а также получения достоверной информации о состоянии животного необходимо проектирование «умной» одежды [3].

Для дальнейшего проектирования «умной» одежды необходимо получение точных промеров тела животного. Однако, даже несмотря на точность получаемых промеров, существующие системы проектирования одежды для животных не отвечают требованиям потребителей и конструкторов. Из-за отсутствия нормативно-технической документации для каждого вида или породы животного, а также слабой взаимосвязи конструктивных параметров и строения тела животного не существует научно обоснованных методик конструирования для животных с учетом строения их скелета и мышечной системы [4].

В настоящее время в отечественной легкой промышленности отсутствует нормативно-техническая документация, регламентирующая требования к одежде для животных. Не существует научно обоснованных методик проектирования одежды для животных с учетом их строения скелета и мышечной системы, обеспечивающих высокие эргономические и потребительские показатели.

Целью работы является определение и систематизация размерных признаков сельскохозяйственных животных для разработки «умной» одежды.

Задачи исследования – проанализировать строение скелета свиньи, выявить основные поркометрические точки, необходимые и достаточные промеры тела свиньи, выполнить промеры отдельных особей, построить 3D-модель животного в виртуальной среде, выполнить прототип животного на 3D-принтере.

Основная часть

Изучение зооморфологических характеристик животных, необходимых для проектирования одежды

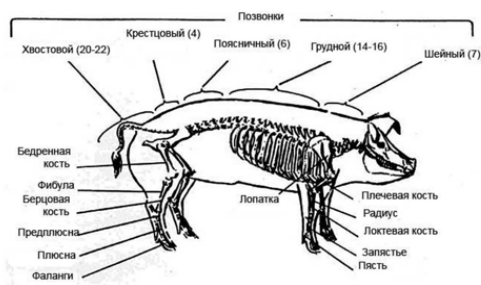


Рис. 1. Строение скелета свиньи

По аналогии с методиками конструирования одежды для людей опорой для изделия служит фигура животного, поверхность тела и его особенности. Для проектирования качественного изделия необходимо учитывать взаимосвязь между формой и измерениями, которые получают с поверхности тела. Одежда, проектируемая для человека, опирается на выступающие поверхности его тела, такие как плечевой и тазобедренный пояса. На данных участках одежда

прилегает к телу, оказывая существенное давление на небольшую площадь [5]. В одежде для животных опорным участком служит поверхность спины от середины шейного отдела позвоночника до начала хвостового отдела (рис. 1). Особенностью строения тела животного является отсутствие шеи и эллипсообразная форма туловища, что повлияет на конструкцию, так как в процессе движения животного изделие должно иметь минимальное смещение относительно поверхности тела, а эллипсообразная форма затрудняет возможность уменьшения пло-

щади покрытия поверхности тела животного. Например, в одежде для собак или лошадей наличие прогиба и заужения тела в области шеи и груди позволяет изготавливать изделие, покрывающее не всю поверхность животного.

Помимо понимания опорных участков тела при проектировании одежды для животных необходимо учитывать мышечную ткань и кожные покровы. Кожу свиней можно разделить на надкожицу (эпидермис), дерму и подкожную основу (рис. 2). На некоторых участках тела кожа свиней имеет существенные особенности строения. Например, у хряков на боковой поверхности плеча и грудной клетки кожа утолщена; в ней расположен щит в виде слоя плотной соединительной ткани с прослойками жира [4].

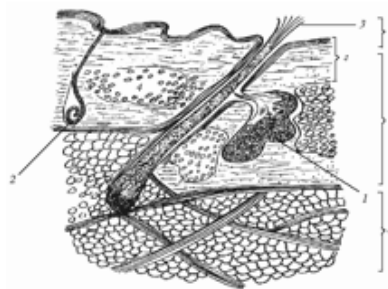


Рис. 2. Строение кожи свиньи: I – эпидермис; II – дерма; III – подкожный слой; IV – субэпидермисный сосочковый подслой: 1 – сальная железа; 2 – потовая железа; 3 – щетина; 4 – жировая ткань в дерме

Изучение способов получения размерной характеристики животного

При проектировании одежды для людей измерения поверхности тела проводят при соблюдении определенных условий, таких как соблюдение статичного положения, расположение конечностей и наклон головы. Для классического ручного получения размерных признаков используются следующие инструменты: антропометр системы Мартина, толстотный циркуль, сантиметровая лента, линейки в качестве вспомогательных инструментов. Точность измерений зависит от квалификации специалиста.

Для проведения измерений тела свиньи животное должно неподвижно стоять в целях получения точной информации. Однако зафиксировать любое животное в статичном положении, даже при условии дрессировки, затруднительно. Современным способом получения размерных признаков фигуры является использование бесконтактных устройств измерения фигуры, например устройство трехмерного сканирования (3D-сканеры) [6–8]. Такая технология является передовой в создании электронных копий физических объектов. Сложность заключается в том, что поверхность тела является сложным объектом для сканирования. Для получения наиболее точных результатов необходимо иметь высококачественную технику и программные обеспечения, а также соблюдать определенные условия при сканировании. Полученная информация транслируется в виде 3D-модели поверхности тела животного, и проектирование изделий произ-

водится в трехмерной среде. Еще одним способом получения бесконтактной информации о размерной характеристике тела объекта является фотограмметрия. Фотограмметрия – техника получения информации о размерной характеристике фигуры путем получения множества фотоснимков. Сложность при использовании данного метода заключается в необходимости получения большого количества снимков в разных проекциях. Данный метод является более доступным, так как не требует использования специального дорогостоящего оборудования.

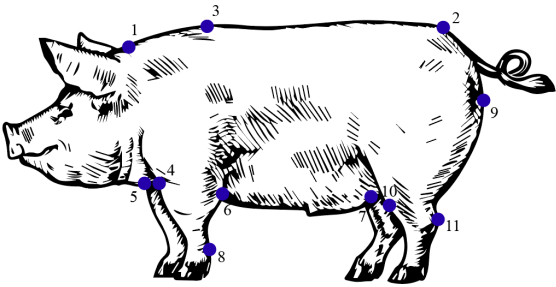
Проведение исследования формы животного как геометрического объекта и выявление основных зоометрических точек

Для получения точных данных измерения производят, опираясь на поркометрические точки, которые являются ярко выраженными и легко определяются благодаря строению скелета и поверхности тела. При определении совокупности зоометрических точек данные точки выделялись как экстремальные точки поверхности тела животного, рассмотренного в качестве геометрической фигуры. В теории зоологии данной совокупности точек нет, так как тело животного рассматривается только с точки зрения массы и плодовитости.

Для разработки системы промеров составлен перечень основных точек, необходимых для промеров свиньи (табл. 1).

Таблица 1

Основные поркометрические точки

№ п/п	Наименование точек	
1	Шейная	
2	Точка основания хвоста	
3	Лопаточная	
4	Плечевая	
5	Вершина грудной кости	
6	Лучевая	
7	Паховая	
8	Запястная	
9	Седалищная	
10	Коленная	
11	Скакательная	

Проведение зоометрических исследований и разработка системы измерений

На основании проведенных исследований формы животного как геометрического объекта разработана методика промеров тела свиньи, которая предполагает получение 16 промеров, с помощью которых можно описать особенности

тела животного. Необходимые промеры приведены на рис. 3. Аналогичные промеры в животноводстве и сельском хозяйстве не используются (там используются промеры: живой массы, высоты в холке, крестце; косой длины туловища; ширины и глубины груди; ширины поясницы и крестца). Перечень промеров и способ их измерения приведены в табл. 2.

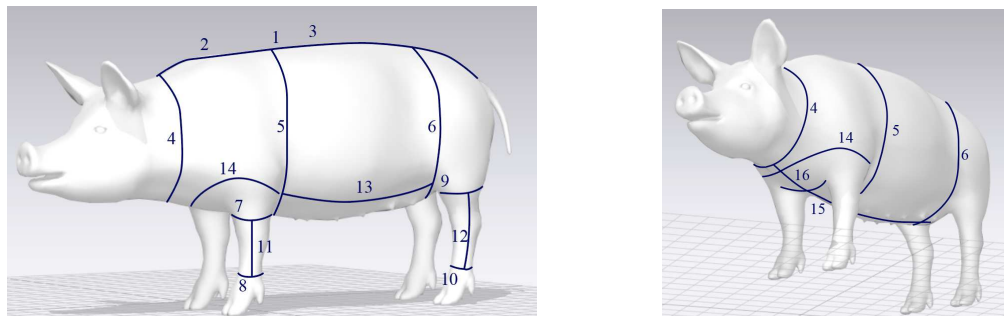


Рис. 3. Схема промеров тела свиньи

Таблица 2

Перечень промеров и способ их измерения

№ п/п	Промеры	Способ измерения
1	Длина спины	По поверхности спины от шейной точки до точки основания хвоста
2	Длина шеи	По поверхности спины от шейной точки до уровня измерения обхвата груди
3	Расстояние от обхвата груди до обхвата талии	По поверхности спины от обхвата груди до обхвата талии
4	Обхват шеи	Вокруг шеи через шейную точку перпендикулярно земле
5	Обхват груди	Вокруг туловища в самом широком месте грудной клетки за передними лапами
6	Обхват талии	Вокруг туловища на уровне паховых впадин через паховую точку
7	Обхват ноги I	Вокруг передней ноги горизонтально через локтевую точку
8	Обхват ноги II	Вокруг передней ноги горизонтально через запястную точку
9	Обхват ноги III	Вокруг задней ноги горизонтально через сочленение задней ноги и туловища на уровне паховой точки
10	Обхват ноги IV	Вокруг задней ноги горизонтально через скакательную точку
11	Длина передней ноги	Желаемая длина от уровня измерения обхвата ноги I
12	Длина задней ноги	Желаемая длина от уровня измерения обхвата ноги III

Окончание табл. 2

№ п/п	Промеры	Способ измерения
13	Расстояние от локтевой точки до паховой точки	По туловищу горизонтально
14	Ширина груди	Горизонтально от локтевой точки через выступающие точки грудной клетки спереди
15	Длина от обхвата шеи до уровня паховой точки	По животу от уровня обхвата шеи до уровня вертикали паховой точки
16	Ширина груди между передними ногами	По груди между передними ногами

Проведение промеров отдельных особей животных и построение аватаров животных

Получены промеры 5 особей (промерены поросята) (табл. 3). Промеры выполнялись на базе ООО «Селекционно-гибридный центр» (Воронежская обл., пос. Вишневка) и на базе мини-фермы «Страус» (Московская область, Мытищинский р-он, д. Чиверево).

Таблица 3

Величины промеров отдельных особей животных

№ п/п	Наименование измерения	Величина измерения, см				
		1	2	3	4	5
1	Длина спины	121,5	116,6	112,7	96,5	90,7
2	Длина шеи	36,0	34,5	33,4	28,6	26,8
3	Расстояние от обхвата груди до обхвата талии	55,8	53,6	51,8	44,3	41,6
4	Обхват шеи	106,6	102,3	98,9	84,7	79,6
5	Обхват груди	146,3	140,4	135,7	116,2	109,2
6	Обхват талии	140,1	134,5	130,0	111,3	104,5
7	Обхват передней ноги наверху I	37,2	35,7	34,5	29,6	27,8
8	Обхват передней ноги внизу II	22,3	21,4	20,7	17,7	16,7
9	Обхват задней ноги наверху III	33,5	32,1	31,1	26,6	25,0
10	Обхват задней ноги внизу IV	21,1	20,2	19,6	16,7	15,7

№ п/п	Наименование измерения	Величина измерения, см				
		1	2	3	4	5
11	Длина передней ноги	21,1	20,2	19,6	16,7	15,7
12	Длина задней ноги	21,1	20,2	19,6	16,7	15,7
13	Расстояние от локтевой точки до паховой точки	57,0	54,7	52,9	45,3	42,6
14	Ширина груди	89,3	85,7	82,8	70,9	66,6
15	Длина от обхвата шеи до уровня паховой точки	90,5	86,9	84,0	71,9	67,5
16	Ширина груди между передними ногами	12,4	11,9	11,5	9,9	9,3

Для построения аватаров животных использовалась среда Clo 3D (рис. 4). Для проведения натурных исследований выполнен прототип животного на 3D-принтере в масштабе 1:4 (рис. 5).

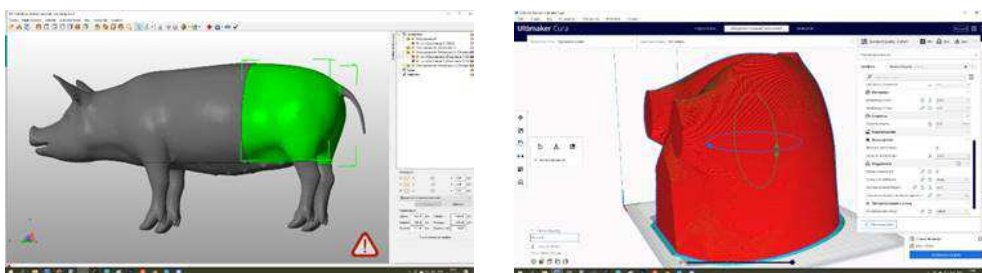


Рис. 4. Построение аватара и работа с 3D-моделью тела животного

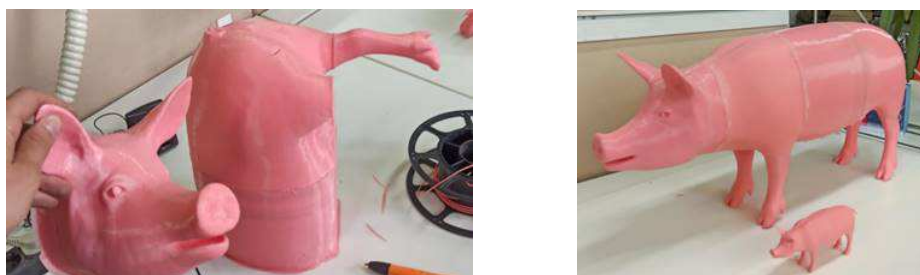


Рис. 5. Выполнение прототипа животного на 3D-принтере

Полученные аватары необходимы для проведения дальнейших исследований с использованием виртуальной среды.

Заключение

Изучены зоометрические характеристики животных с точки зрения разработки адекватного покрытия поверхности тела животного тканевой оболочкой, в том числе акцептована информация о морфологии участков поверхности тела животного, которые будут являться опорой для тканевой оболочки (одежды), – данная информация будет являться определяющей при разработке методики проектирования одежды для животных; акцептована информация об особенностях кожного покрова животного – данная информация будет учтена при разработке рекомендаций и выборе пакета материалов.

Проведено исследование формы животного как геометрического объекта и выявлены основные поркометрические точки (11 точек). Данные точки выделены как экстремальные точки поверхности тела животного, на основе которых параметрически может быть описана развертка одежды (конструкция).

Разработана методика и рекомендован способ проведения замеров животного. Исходя из анализа геометрических особенностей поверхности тела животного и использующейся наработки в области проектирования одежды для людей определено, что 16 промеров являются достаточными, чтобы получить достоверную информацию для проектирования конструкций.

Получены промеры отдельных особей животных, построены аватары животных для проведения дальнейших исследований с использованием виртуальной среды. Для проведения натурных исследований выполнен прототип животного на 3D-принтере в масштабе 1:4.

Разработанная система измерений сельскохозяйственных животных поможет совершенствовать процесс проектирования «умной» одежды благодаря взаимосвязи между формой и полученными измерениями для отслеживания и корректировки показателей жизнедеятельности животного.

Список источников

1. An epidermal patch for the simultaneous monitoring of haemodynamic and metabolic biomarkers / J.R. Sempionatto, M. Lin, L.Yin [et al.] // *Nat Biomed Eng.* 2021. Vol. 5. 737–748.
2. Wearable sensors: Modalities, challenges, and prospects / J. Heikenfeld [et al.] // *Lab Chip.* 2018. Vol. 18. P. 217–248.
3. Копылова М.Д., Гетманцева В.В., Хотеева М.И. Исследование инструментов мониторинга состояния живых организмов (человека и животного) для проектирования их в структуре умной одежды. 2023. С. 3–10. DOI: 10.25791/esip.12.2023.1415
4. Анатомия домашних животных / И.В. Хрусталева, Н.В. Михайлов, Я.И. Шнейберг [и др.]. Москва: Колос, 1994. 704 с.
5. Мартынова А.И., Андреева Е.Г. Конструктивное моделирование одежды: учеб. пособие. Москва: Московский гос. ун-т дизайна и технологии, 2006. 214 с.
6. A comparison of low-cost techniques for three-dimensional animal body measurement in livestock buildings / A. Pezzuolo, D. Giora, H. Guo [et al.] // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2019.
7. Estimation of bodyweight from body measurements and determination of body measurements on Limousin cattle using digital image analysis / S. Ozkaya, W. Nej, S.A. Krezel-Czopek, A. Oler // *Animal Production Science.* 2016.

8. Патент RU 2307622 С1. Универсальное измерительное устройство для животных / Абонеев В.В., Суров А.И.

References

1. An epidermal patch for the simultaneous monitoring of haemodynamic and metabolic biomarkers / J.R. Sempionatto, M. Lin, L.Yin [et al.]. *Nat Biomed Eng.* 2021; (5): 737–748.
2. Wearable sensors: Modalities, challenges, and prospects / J. Heikenfeld [et al.]. *Lab Chip.* 2018; (18): 217–248.
3. Kopylova M.D., Getmantseva V.V., Khoteeva M.I. Study of tools for monitoring the state of living organisms (human and animal) for designing them in the structure of smart clothes. 2023; 3–10. DOI: 10.25791/esip.12.2023.1415
4. Anatomy of pets / I.V. Khrustaleva, N.V. Mikhailov, Y.I. Schneiberg [et al.]. Moscow: Kolos; 1994. 704 p.
5. Martynova A.I., Andreeva E.G. Constructive modeling of clothing: tutor. manual. Moscow: Moscow State University of Design and Technology; 2006. 214 p.
6. A comparison of low-cost techniques for three-dimensional animal body measurement in livestock buildings / A. Pezzuolo, D. Giora, H. Guo [et al.]. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2019.
7. Estimation of bodyweight from body measurements and determination of body measurements on Limousin cattle using digital image analysis / S. Ozkaya, W. Nej, S.A. Krezel-Czopek, A. Oler. *Animal Production Science.* 2016.
8. Patent RU 2307622 S1. Universal measuring device for animals / Aboneev V.V., Surov A.I.

Информация об авторах:

Копылова Мария Дмитриевна, канд. техн. наук, доцент, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, mdkopylova@mail.ru

Гетманцева Варвара Владимировна, д-р техн. наук, профессор, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, getmantseva@inbox.ru

DOI: <https://doi.org/10.29039/2949-1258/2025-1/124-133>

EDN: <https://elibrary.ru/FGRPUV>

Дата поступления:
27.11.2024

Одобрена после рецензирования:
22.01.2025

Принята к публикации:
05.02.2025