

## СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВЫМЕНИ КОРОВ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОЕНИЯ

Карпович С.К. <sup>1</sup>, к.э.н., доцент, Жилич Е.Л. <sup>2</sup>,  
Еднач В.Н. <sup>3</sup>, к.т.н., доцент, Рогальская Ю.Н. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь,*

<sup>2</sup>*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

<sup>3</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»*

**Введение.** Система позиционирования доильных аппаратов должна отличаться высоким качеством и включать дополнительные устройства, которые не только облегчают позиционирование доильного аппарата, но и обеспечат комфорт животного во время додаивания. Применение систем позиционирования должно снижать риск возникновения проблем с прилеганием доильного оборудования к вымени, благодаря чему возможно добиться снижения трудозатрат, а также улучшения физиологичности процесса доения.

**Основная часть.** Система позиционирования является основой роботизации процесса доения, поскольку отвечает за определение положения коровы и соответственно и самого вымени. В связи с технологическими решениями при проектировании и создании манипулятора доения производители выбирают из следующих способов позиционирования доильного аппарата на вымени, а именно [1-3]: с помощью 3D-камер, лазера, а также с помощью ультразвуковых датчиков. Необходимо отметить, что большинство производителей комбинируют несколько из вышеперечисленных устройств, облегчающих процесс позиционирования.

В робототехнике при использовании 3D-камер, являющихся основой технического зрения, также применяется технология

RGBD, которая позволяет обрабатывать 2D-изображения RGB и данные 3D-глубины с помощью датчика глубины [4].

Корейские исследователи, проанализировав существующие решения по способам получения и обработки изображений для нахождения сосков, предложили следующее: для более точного определения сосков необходимо использовать систему обнаружения, состоящую из тепловизера, TOF и RGBD камер. Это позволит игнорировать различные загрязнения вымени, наросты, обилие волосяного покрова, что существенно мешает точной идентификации [3, 4].

Еще одним вариантом технического зрения является использование стереопары. Стереопара – вид стереоизображения, представленный парой плоских перспективных изображений объекта, сделанных с помощью камер, которые получили из двух разных точек зрения, расположенных между собой на расстоянии, соответствующем межзрачковому расстоянию человека. Данное решение эффективно применяется в робототехнике при внедрении простых, но эффективных систем получения 3D-изображений.

Анализ систем технического зрения, которые применяются в доильных роботах Lely, Delaval, GEA показал, что все три системы базируются на видеозахвате изображения с помощью 3D TOF-камер. Данные о характеристиках систем технического зрения, установленных в роботах Lely, Delaval, GEA, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики систем технического зрения, установленных в роботах Lely, Delaval, GEA

Доильный робот	Lely – Astronaut A4	DeLaval – VMS	GEA Farm Technologies – Mione
Система нахождения сосков	3D-камера + трехлучевой лазерный дальномер	3D-камера + двухлучевой лазерный дальномер	3D камера + 3D камера
Тип камеры	TOF	TOF	TOF
Марка и модель камеры	O3D 214	SR3000	SR4000
Разрешение	64×64	176×144	176×144
Скорость считывания, МГц	20	20	15 и 30
Передача цвета	нет	нет	нет
Рабочая дистанция, м	0,5–6	0,3–7,5	0,3–10

Хотя технология RGBD является более надежной, но большинство производителей используют TOF-камеры в комплексе с другими системами позиционирования.

В доильном роботе Lely – Astronaut A4, на данный момент, используется инновационная система управления манипулятором. Система состоит из 3D TOF-камеры, лазерного датчика и фотодатчика. 3D-камера установлена в верхней части робота так, что позволяет определять местоположение крестца коровы.

Алгоритмы обработки видеоизображения определяют положение крестца коровы в пространстве и фиксируют его относительно нулевой точки. Манипулятор корректирует свое местоположение относительно данных, полученных с 3D-камеры. Далее с помощью лазерного модуля, который установлен в «руке» манипулятора, определяется местоположение вымени.

В доильном роботе DeLaval – VMS система технического зрения установлена непосредственно «в руке» манипулятора. 3D-камера определяет местоположение вымени и сосков относительно манипулятора.

Доильный робот GEA Farm Technologies – MOne для определения вымени и сосков использует 3D TOF-камеру без лазерных излучателей. 3D-камера установлена в «руке» манипулятора и защищена корпусом.

Данные системы нуждаются в доработке алгоритмов, выполняющих надежное распознавание сосков. Основными недостатками текущих алгоритмов является то, что существует определенная нехватка способов получения и обработки общей перспективы изображения. Сама компания GEA признает, что могут быть проблемы с подсоединением в следующих случаях: если у коровы есть пятый сосок (лишний сосок); если два соска находятся близко друг к другу; при набухшем вымени, когда соски торчат вбок. Также помимо 3D-камер используют лазерные и ультразвуковые датчики. На сегодняшний день применение лазерных датчиков для системы позиционирования доильного аппарата, как основного способа, является нецелесообразным. Данные датчики устанавливаются только в комплексе с TOF-камерами и обеспечивают измерение расстояния от нулевой точки до коровы и ее отдельных органов с помощью лазерного

дальномера или внутренних технологий SD, встроенных в TOF-камеры. Данные датчики нашли широкое распространение в различных системах технического зрения, установленных в роботах Lely и Delaval.

Для позиционирования доильного аппарата на вымени в качестве точки отсчета служат передние соски. По окончании позиционирования робот начинает последовательно надевать доильные стаканы на соски, начиная с задних четвертей вымени. При этом подвижная тестовая плита передает движение коровы руке робота, которая повторяет движения коровы. Чем сильнее отклонение развивающегося вымени от эталона, тем меньше шанс успешного одевания доильных стаканов.

Датчики ультразвукового излучения используются для обнаружения объектов, контроля их движения и измерения расстояний до них. Работа ультразвукового датчика заключается в том, что передатчик посылает ультразвуковую волну с частотой от нескольких десятков до нескольких сотен герц, направленную к объекту позиционирования. Когда волна встречает объект, она отражается от него и возвращается, попадая в приемник. По времени, в течение которого волна преодолела путь, доильный робот определяет расстояние от объекта [4].

Большим преимуществом таких датчиков является то, что на их работу не влияют внешние условия окружающей среды. Кроме того, датчики также работают с прозрачными объектами, которые создают сильные отражения. Уникальная способность ультразвуковых устройства, заключается в том, что у них есть функция самоочистения, которой нет ни у каких других датчиков. Это связано с тем, что при передаче ультразвуковых волн, прибор сам настраивается на вибрацию (под воздействием высокочастотных звуков) и таким образом очищается от пыли и других загрязнений.

В доильных роботах ультразвуковые датчики работают в непрерывном режиме, в следствии чего звуковые волны отправляются циклически, через равные промежутки времени. При обнаружении объекта датчик передает показания на микроконтроллер. В режиме генерации одного импульса, датчик посылает один импульс и делает считывание. Некоторые датчики могут одновременно обнаруживать несколько объектов при работе

в этом режиме (при этом каждое считывание записывается в структуру данных).

**Заключение.** Основную сложность, при создании доильных роботов или роботов-манипуляторов, представляет проектирование захватывающего устройства доильных стаканов и системы позиционирования, которые должны обеспечить жесткую связь с манипулятором при подсоединении доильных стаканов и гибкую связь при доении, с целью компенсации возможных перемещений животного. Функциональность систем роботизированного доения выглядит несколько избыточной для отечественного рынка, что влечет за собой удорожание оборудования. Исходя из вышеизложенного, целесообразно обобщить опыт проектирования промышленных и специализированных роботов для доения коров с целью разработки и создания доильного робота отечественного производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Беляева Н. В. Эффективность применения роботизированного доения коров // Материалы нац. науч. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ. Санкт-Петербург. – 2018. – С. 29–31.

2. Кирсанов В. В., Павкин Д. Ю., Подобедов П. Н., Никитин Е. А. Направления исследований в создании автоматизированных систем почетвертного доения для станочных доильных установок // Вестник Всероссийского НИИ механизации животноводства. – 2017. – № 4 (28). – С. 16–20.

3. Белоногов, А. В. Анализ и выбор систем навигации робота для позиционирования в условиях замкнутого пространства / А. В. Белоногов. – Текст : непосредственный // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). – Санкт-Петербург : Свое издательство. – 2016. – С. 40–42.

4. Кирсанов В. В., Павкин Д. Ю., Шилин Д. В., Рузин С. С., Юрочка С. С. Концепция, модели и схемы дифференцированного управления в роботизированном манипуляторе доения : Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22(1). – С. 128–135.