



УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

А.Р. Валиев

2024 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» на диссертационную работу Барабанова Дмитрия Владимировича на тему: «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени», представленную в Диссертационный Совет 35.2.033.02 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 - «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» (технические науки).

### **Анализ содержания и актуальность темы исследования**

Машинное доение коров подразумевает выполнение операторами доильного зала ряда технологических операций, среди которых особое значение имеет подготовка вымени к доению, включающая подмыв и массаж вымени. Выполнение данной технологической операции предписано правилами машинного доения и является обязательным для операторов доильного зала. Качественное выполнение преддоильной подготовки способствует снижению продолжительности доения, полному освобождению вымени от молока, а так же положительно влияет на сохранение здоровья животных. На выполнение данной операции приходится наибольший объем

затрат ручного труда. Разработка и использование роботизированных систем, направленных на роботизацию отдельных технологических операций, в частности, подмыва и массажа вымени позволит сократить трудозатраты при производстве молока, что в свою очередь обусловит снижение себестоимости молочной продукции.

Диссертация Барабанова Д.В. «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени», направленная на решение проблемы снижения затрат ручного труда при машинном доении коров, является актуальной.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, результатов исследования**

Диссертация Барабанова Д.В. является завершённой работой. Структурные элементы диссертации логически взаимосвязаны. Каждая глава является самостоятельной и заканчивается соответствующими выводами. Положения диссертации, выносимые на защиту, являются корректными и обоснованы в соответствующих главах.

Обоснованность сформулированных научных положений базируется на проведенных теоретических исследованиях системы позиционирования рабочего органа роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и эмпирических закономерностях, полученных в ходе экспериментальных исследований.

Автором представленной диссертационной работы проведен анализ научных результатов, полученных другими исследователями в рассматриваемой предметной области. При проведении экспериментальных исследований и обработке их результатов использованы современные контрольно-измерительные и вычислительные средства, что подтверждает достоверность полученных научных положений и выводов.

## **Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей области науки**

**Научную значимость** диссертации составляют:

- аналитические выражения, определяющие координаты сосков вымени по смещению их контуров относительно центра изображений, получаемых с двух 2D видеокамер;

- методика двухуровневого определения координат сосков вымени машинным зрением, содержащая математические модели в виде уравнений регрессии, полученных на основе экспериментальных данных, описывающих распределение величины поправки на угол разворота камер в пространстве и позволяющих повысить точность определения координат сосков вымени.

**Практическую значимость** диссертации составляют:

- математическая модель способа определения координат сосков вымени коров машинным зрением на основе двух 2D видеокамер;

- функциональная схема роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и технология машинного доения коров на конвейерно-кольцевых доильных установках типа «Карусель» с её использованием;

- конструктивные параметры и режимы работы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени: размеры станка, длины рычагов манипулятора, местоположение манипулятора и камер машинного зрения системы позиционирования рабочего органа относительно станка, время рабочего цикла и пропускная способность роботизированной установки преддоильной подготовки вымени в зависимости от числа станков доильной установки;

- программное обеспечение для управления системой позиционирования рабочего органа роботизированной установки преддоильной подготовки вымени;

- полученные на основе экспериментальных исследований математические модели, описывающие распределение величины поправки на

угол разворота камер в пространстве и позволяющие повысить точность определения координат сосков вымени.

Новизна технических решений защищена патентами РФ на полезную модель № 176985, № 185290 и № 218509.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 166 наименований и 11 приложений. Основной текст диссертации изложен на 242 страницах машинописного текста.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, методология и методы исследования, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** рассмотрены различные способы осуществления преддоильной подготовки вымени коров при различных способах их содержания. Проведен анализ автоматизированных и роботизированных систем, на основе которого составлена классификация способов и устройств для осуществления подготовки вымени перед доением и классификация систем позиционирования рабочего органа роботизированных систем.

Несколько замечаний по разделу:

- несмотря на достаточно большой объем и подробный анализ автоматизированных и роботизированных систем, представленный в первой главе, не выделены в отдельный подраздел результаты этого анализа для дальнейшего обоснования функциональной схемы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени;

- название таблицы 1.1 не совсем корректно, а её содержание не в полной мере раскрыто в тексте диссертации;

- у рисунка 1.12 и следующих за ним нарушена последовательность нумерации.

**Во второй главе** приведена функциональная схема роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и теоретическое обоснование ряда её конструктивных параметров и режимов работы. В частности, проведенный кинематический анализ, позволил установить длины рычагов манипулятора, при которых обеспечивается подведение рабочего органа в рабочую область при различных положениях коровы в станке установки. Исходя из анализа согласованной работы робота и доильной установки, определена продолжительность рабочего цикла роботизированной установки, а так же продолжительность выполнения отдельных технологических операций.

Получены математические зависимости, позволяющие определить координаты сосков вымени по смещению их контуров на изображениях, получаемых с камер машинного зрения.

Несколько замечаний по разделу:

- не достаточно подробно рассмотрена технология машинного доения коров на доильных установках типа «Карусель» с использованием робота и распределение обязанностей операторов доильного зала в случае применения разрабатываемой установки для осуществления преддоильной подготовки;

- получены уравнения для расчёта координат сосков, однако не приведена оценка степени влияния точности угла поворота на величину возникающей погрешности при определении координат.

**В третьей главе** изложена программа и методика исследования машинного зрения системы позиционирования роботизированной установки преддоильной подготовки вымени в лабораторных и производственных условиях, приведена информация об используемых приборах и оборудовании.

Несколько замечаний по разделу:

- положение камер относительно станка и размеры самого станка входят в уравнения для расчёта координат, полученные во второй главе, при этом в третьем разделе на приведено описание каким образом выдерживалась

геометрия станка и осуществлялась установка камер;

- не представлены технические характеристики дальногомера, применяемого для измерения фактических координат макета соска при проведении лабораторных испытаний машинного зрения.

- у рисунка 3.20 и следующих за ним нарушена последовательность нумерации.

**Четвертая глава** содержит результаты исследований и испытаний машинного зрения разрабатываемой установки в лабораторных условиях и результаты натуральных испытаний, проведенных в производственных условиях двух хозяйств. Определена величина полной погрешности определения координат сосков вымени предложенным способом и погрешность по отдельным координатам. На основе полученных результатов предложена методика двухуровневого расчёта координат, основанная на использовании угловых поправок на угол поворота камер машинного зрения, и позволившая снизить величину данной погрешности.

Несколько замечаний по разделу:

- результаты исследования, представленные в виде столбчатых диаграмм на рисунках 4.1, 4.3 и 4.7, имеют нумерацию столбцов, соответствующую нумерации точек рабочей области, однако более информативным было бы указать соответствующее значение координаты  $y$ ;

- не приведены данные по углу разворота камер машинного зрения в случае двухуровневого расчёта координат, при которых погрешность определения координат минимальна;

- в лабораторной установке установлены две равнозначные камеры, но при этом уравнение регрессии (4.1), описывающее распределение угловой поправки для первой камеры, содержит все три координаты, при этом аналогичное уравнение (4.2) для второй камеры содержит только две координаты  $x$  и  $y$ .

**В пятой главе** проведен сравнительный экономический анализ

доильного зала с доильной установкой типа «Карусель», для двух случаев, когда преддоильная подготовка осуществляется вручную операторами доильного зала и при помощи роботизированной установки. Экономический эффект применения роботизированной установки преддоильной подготовки вымени достигается за счёт сокращения затрат ручного труда и увеличения производительности доильной установки. Годовой экономический эффект внедрения разрабатываемой установки составляет 962 тыс. руб.

Несколько замечаний по разделу:

- при расчётах экономических показателей кратность доения принята равной двум, хотя при высокоудойном стаде этот показатель равен 2,5;
- рассмотрен только один вариант карусели, однако большее понимание эффективности применения разрабатываемой установки дал бы анализ и других доильных установок с большим или меньшим числом станков.

**В заключении** приведены общие выводы по результатам проведенного исследования автором, соответствующие поставленным задачам.

Анализ содержания диссертации Барабанова Д.В. позволяет сделать вывод о том, что задачи исследования в целом выполнены и поставленная цель достигнута. Положения, выносимые на защиту, обоснованы и раскрыты в соответствующих главах работы, выводы аргументированы и основываются на результатах исследования.

По структуре, объему и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### **Общие замечания по содержанию диссертации**

1. Недостаточно рассмотрен вопрос перемещения рабочего органа манипулятора в случае движения животного в станке, а также при различном расположении вымени по высоте.
2. Рассмотрен только один тип камер для определения расположения

вымени животного.

3. Не обоснована конструкция рабочего органа, выполняющего подмыв и массаж вымени.

4. Из диссертации непонятно каким образом происходит определение расположения сосков при неравномерности развития долей вымени.

5. Не оценены риски увеличения времени на выполнение технологических операций роботизированной установкой в реальных условиях.

6. В работе не рассмотрен вопрос по определению степени очистки сосков вымени.

7. Не рассмотрены риски степени загрязнения камер и меры их очистки.

8. Следовало рассмотреть изменение положения щеток для очистки в зависимости от формы и размеров вымени.

9. Недостаточно обоснована стоимость роботизированной установки преддоильной подготовки вымени.

10. Не представлены оценки надежности и ремонтпригодности роботизированной установки преддоильной подготовки вымени.

Следует отметить, что приведенные замечания по диссертационной работе носят частный характер и не оказывают определяющего влияния на положительную оценку диссертации в целом.

### **Освещение основных результатов работы в печати и соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Результаты диссертационного исследования представлены автором на научно-практических конференциях и агропромышленных выставках в 2016...2023 годах (Москва, Санкт-Петербург, Иваново, Чебоксары, Оренбург). По теме диссертационного исследования автором опубликовано 29 статей, в том числе 5 статей в изданиях, внесенных в перечень ВАК. По результатам исследования зарегистрированы 3 патента РФ на полезную модель.

Диссертация Барабанова Д.В. является завершенной научно-квалификационной работой. Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.01.11 - 2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автореферат диссертации достаточно полно отражает её содержание. На основании проведенных исследований автором сделано заключение, которое содержит элементы новизны. Выводы, представленные в заключении, достаточно полно отражают решение поставленных задач.

### **Заключение**

Диссертационная работа Барабанова Дмитрия Владимировича «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно на актуальную тему. Основные выводы и научные положения сформулированы аргументировано и подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями, проведенными в лабораторных и производственных условиях.

По своей актуальности, новизне и практической значимости полученных научно-технических решений диссертация соответствует требованиям пунктов 9, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Барабанов Дмитрий Владимирович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. - Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Диссертация, автореферат и отзыв рассмотрены, обсуждена и одобрены на заседании кафедры машин и оборудования института механизации и технического сервиса федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский

государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).

Протокол № 3 от «16» октября 2024 г. заседания кафедры машин и оборудования института механизации и технического сервиса федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).

Заведующий кафедрой машин и оборудования  
института механизации и технического сервиса  
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

к.т.н., доцент


 Халиуллин Дамир Тагирович

Директор института механизации  
и технического сервиса  
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

к.т.н., доцент

 Медведев Владимир Михайлович

Подписи Халиуллина Д.Т. и Медведвева В.М. заверяю:  
начальник отдела делопроизводства  
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

 Насыбуллина Эльмира Тагировна

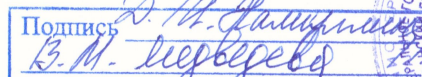

### Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).

**Почтовый адрес:** 420015, Республика Татарстан, г.Казань, ул. К.Маркса, 65

**Телефон:** +7 (843) 567-45-00. **E-mail:** info@kazgau.com

**Сайт организации:** <https://kazgau.ru>

Подпись   
**ВО ВЕРЯЮ**: начальник отдела  
делопроизводства Казанского ГАУ  
 / Насыбуллина Э.Т.



Председателю диссертационного  
совета 35.2.033.02 на базе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский  
государственный аграрный  
университет»  
д.т.н., доценту Р.Т. Хакимову

### СВЕДЕНИЯ О ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» по диссертационной работе Барабанова Дмитрия Владимировича на тему: «Повышение эффективности машинного доения коров за счет разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Полное и сокращенное наименование организации в соответствии с уставом,	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)
Ведомственная принадлежность	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Почтовый индекс и адрес организации	420015, Республика Татарстан, г.Казань, ул. К.Маркса, 65
Официальный сайт организации	<a href="https://kazgau.ru">https://kazgau.ru</a>
Адрес электронной почты	<a href="mailto:info@kazgau.com">info@kazgau.com</a>
Телефон	+7(843) 567-45-00
<p>Кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе», +7 (843)567-48-35, <a href="mailto:machinery@kazgau.com">machinery@kazgau.com</a>. Заведующий кафедрой: Халиуллин Дамир Тагирович, кандидат технических наук, доцент.</p> <p><b>Направления научной работы структурного подразделения:</b> - разработка новых технических средств, обеспечивающих реализацию высокоэффективных технологий для экологически безопасного производства и переработки продукции растениеводства;</p>	

- разработка машин и оборудования для реализации экологически безопасных и высокоэффективных технологий производства продукции животноводства;

- разработка технических систем, обеспечивающих реализацию эффективного энергообеспечения сельского хозяйства с использованием нетрадиционных видов энергии на основе возобновляемых источников (ветер, солнце, биомасса).

- разработка научных основ создания роботизированных технических систем в технологиях производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

**Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (от 5 до 15 публикаций)**

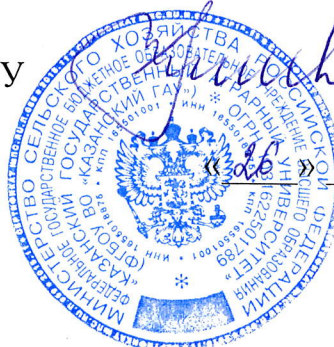
1. Патент № 2773053 С1 Российская Федерация, МПК А01J 5/00. Устройство для автоматизированного управления процессом доения по четвертям вымени коровы : № 2021114974 : заявл. 25.05.2021 : опубл. 30.05.2022 / И. И. Кашапов, Р. Р. Лукманов, Д. Т. Халиуллин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет". – EDN TXOMZN.
2. Кашапов И.И. Исследование неравномерного развития четвертей вымени животных И.И. Кашапов, Б.Г. Зиганшин, Ю.А. Цой, Р.Р. Лукманов, А.И. Фокин Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 3 (59). С. 84-88
3. Патент № 2751084 С1 Российская Федерация, МПК А01J 9/06, А01J 9/00. Автоматизированная установка для порционного сбора и транспортировки молока: № 2020121297: заявл. 22.06.2020 : опубл. 08.07.2021 / Р. Р. Лукманов, Р. Р. Мамаев, А. Р. Валиев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Казанский ГАУ.
4. Патент на изобретение 2738473 С1, СПК А01J5/00 (2020.08). Устройство для автоматизированного управления процессом доения по четвертям вымени коровы / Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Зеленцов А.И., Ряузов А.А., Фокин А.И., Кашапов И.И., и др.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Опубл. 14.12.2020. Бюл. № 35 – 10 с.
5. Патент 2681886 РФ, МПК А01J 5/00 (2018.08). Двухтактный доильный аппарат попарного доения / Лукманов Р.Р., Зиганшин Б.Г., Булгариев Г.Г. и др.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. Опубл. 13.03.19. Бюл. №8. – 7 с.
6. Патент 2690488 РФ, СПК А01J 7/02 (2019.02). Устройство для промывки молокопроводов доильных установок / Нафиков И.Р., Зиганшин Б.Г., Булгариев Г.Г. и др.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. Опубл. 03.06.19. Бюл. №16. – 8 с.
7. Патент № 2751084 С1 Российская Федерация, МПК А01J 9/06, А01J 9/00. Автоматизированная установка для порционного сбора и

транспортировки молока : № 2020121297 : заявл. 22.06.2020 : опубл. 08.07.2021 / Р. Р. Лукманов, Р. Р. Мамаев, А. Р. Валиев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет»

8. Хисамов, Р. Р. Оценка и отбор коров по стрессоустойчивости для системы роботизированного доения / Р. Р. Хисамов, Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Шайдуллин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 250, № 2. – С. 266-271. – DOI 10.31588/2413\_4201\_1883\_2\_250\_266. – EDN UYTZJZ.
9. Степень влияния поведенческой активности коров на молочную продуктивность в условиях роботизированного доения / Р. Р. Хисамов, Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Шайдуллин, А. Б. Москвичева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 249, № 1. – С. 234-239. – DOI 10.31588/2413\_4201\_1883\_1\_249\_234. – EDN EIXCYQ.
10. Загидуллин, Л. Р. Цифровизация молочного скотоводства на примере системы роботизированного доения / Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Хисамов, Р. Р. Шайдуллин // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 4(44). – С. 17-22. – DOI 10.51794/27132064-2021-4-17. – EDN MWNKZG.
11. Валиев А.Р., Иванов Ю.А., Зиганшин Б.Г., Дмитриев А.В., Лукманов Р.Р., Шамсутдинов М.Н., Нафиков И.Р. / СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ // Санкт -Петербург, 2020. Сер. Учебники для вузов. Специальная литература.
12. Современное оборудование для доения коров / А. Р. Валиев, Ю. А. Иванов, Б. Г. Зиганшин [и др.]. – Санкт -Петербург : Издательство "Лань", 2020. – 232 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 9785811446216.
13. Машины для доения: устройство, эксплуатация и обслуживание: Учебное пособие / Под ред. Файзрахманова Д.И. – 3-е изд., испр. и перераб. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2019. – 216 с.

Ректор ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

МП



А.Р. Валиев

«*авг*» *сентября* 2024 г.