

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента – кандидата технических наук Павкина Дмитрия Юрьевича на диссертационную работу Барабанова Дмитрия Владимировича «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени», представленную к публичной защите в диссертационный совет 35.2.033.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

### **1. Актуальность темы диссертации**

Одним из ключевых факторов, способствующих росту эффективности производства молочных продуктов, является улучшение технологической оснащённости хозяйств, а также разработка и внедрение современных автоматизированных и роботизированных систем. Кроме того, разработка роботов имеет важное социальное значение, в разрезе всё более остро встающей проблемы дефицита кадров в сельском хозяйстве. В связи с этим, в настоящее время в молочном животноводстве внедряется всё больше роботизированных систем для доения коров. Обозначился и тренд на роботизацию доильных залов. Тем не менее экономические показатели данных систем не позволяют их массово внедрять в хозяйствах.

В диссертации Барабанова Д.В. рассматривается вопрос частичной роботизации доильных залов, с целью автоматизации выполнения отдельных технологических операций, выполняемых при машинном доении коров, в частности подмыва и массажа вымени. Такой подход позволит снизить затраты труда при обслуживании дойного стада, а так же стоимость роботизированных систем, что в конечном счёте позволит повысить их доступность для хозяйств. Таким образом, диссертация Барабанова Д.В. является довольно актуальной.

### **2. Значимость результатов диссертации исследования для науки и практики**

Диссертация Барабанова Д.В. имеет научную и практическую значимость. В результате проведенных исследований получены аналитические выражения, позволяющие определить координаты сосков вымени по смещению их контуров относительно центра изображений, получаемых с двух 2D видеокамер, а так же разработана методика двухуровневого определения координат, позволившая повысить точность работы машинного зрения.

Практическая значимость заключается в том, что разработана функциональная схема роботизированной установки и определен ряд конструктивных параметров и режимов работы. Разработано программное обеспечение для работы с машинным зрением и на основе экспериментальных исследований получены математические модели, описывающие распределение величины поправки на угол разворота камер машинного зрения.

Новизна предложенных технических решений подтверждается тремя патентами РФ на полезную модель №176985, №185290 и №218509. Результаты исследований апробированы в лабораторных и производственных условиях, которые проведены в сельскохозяйственных предприятиях АО Учхоз «Чернореченский» и ООО «Бычок-1».

### **3. Оценка содержания диссертационной работы**

Диссертация Барабанова Д.В. представлена в виде рукописи, содержание которой изложено на 242 страницах. Работа включает: титульный лист (1 с.); оглавление (2 с.); введение (10 с.); главы 1...5 (162 с., в том числе 82 иллюстрации и 20 таблиц); заключение (2 с.); список литературы (166 наименований); приложения (39 с., в том числе копии патентов на полезную модель и акта производственных испытаний, а так же табличный материал результатов исследований и методика их обработки).

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, обозначены цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практическая значимость, сформулированы основные положения выносимые на защиту.

**В первой главе** «Анализ способов и технических средств для осуществления подготовки вымени коров к доению» рассмотрена технология машинного доения коров с точки зрения выполнения подготовительных операций. Определена роль и значение преддоильной подготовки. Проведен анализ различных способов выполнения преддоильной подготовки, а так же рассмотрены автоматизированные и современные роботизированные системы, что позволило автору перейти к разработке функциональной схемы и теоретическим исследованиям.

#### **Замечания по первой главе:**

1. На странице 23 в предпоследнем абзаце указано «При привязном содержании коров подготовка вымени к доению, как правило, осуществляется путём подмыва тёплой водой из ведра с последующим вытиранием вымени насухо полотенцем. При вытирании вымени параллельно осуществляется и его массаж. При этом даже сдаивания первых струек молока зачастую не проводится. Кроме того, из одной ёмкости происходит обработка нескольких животных [59]. Это плодотворно сказывается на здоровье животных и качестве получаемого молока.» на сколько известно, при обработке животных одной и

той же тряпкой, эта тряпка может служить фомитом для переноса патогенов от одного животного к другому, нет ли тут противоречий?

2. На странице 39 в предпоследнем абзаце не в полной мере отображены ученые, занимающиеся вопросами санитарной обработкой вымени указанные в источнике;

3. Ссылка на рисунок 1.2 должна быть до размещения рисунка, так же в тексте, где размещен рисунок описывается другая тематика;

4. Для рисунка 1.1. в разделе 1.2 не указано, каким образом обобщались значения долей ручного труда и автоматических операций при доении?

**Во второй главе** «Теоретическое обоснование конструктивных параметров и режимов работы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени коров и системы позиционирования» приведена функциональная схема роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и её системы позиционирования рабочего органа. Исходя из кинематического анализа определены длины рычагов манипулятора, а так же установлено положение самого манипулятора относительно станка, обеспечивающего подведение рабочего органа в рабочую область при любом положении коровы и с наименьшими временными затратами. Так же получены уравнения, определяющие необходимое количество шагов, которые должны совершить шаговые двигатели манипулятора для подведения рабочего органа в заданную точку. Данные уравнения были использованы при разработке программного обеспечения и лабораторной установки. Рассмотрен вопрос согласованной работы доильной установки типа «Карусель» с роботизированной установкой преддоильной подготовки вымени, исходя из чего, определены режимы её работы.

Анализ формирования изображения на матрице двух видеокамер при съёмке объекта со скрещивающимися оптическими осями позволил получить аналитические уравнения, связывающие геометрические размеры станка, положение камер и угол их поворота, смещение изображения соска относительно центра двух изображений с координатами соска.

#### **Замечания по второй главе:**

1. На стр. 67 рис. 2.3 - насколько безопасна установка шагового электропривода в области работы с животным, тем более в месте повышенной влажности, которая создается в процессе очистки?

2. На стр. 89 на рис. 2.11 изображена «Схема к определению геометрических размеров и положения манипулятора», как определена оптимальность положения манипулятора относительно станка, которое составляет 690 мм по длине и 200 мм по ширине от дальнего правого угла станка, указанное на стр. 90? Также не ясен параметр суммарной длины звеньев манипулятора, составляющий 1010 мм, не определен потребный крутящий момент и не указан момент, обеспеченный шаговым двигателем;

3. Раздел 2.3, стр. 90-95, чем обусловлена точность расчета углов до десятых долей? Какие погрешности углов поворота предполагались на практике?

4. Раздел 2.4, стр. 96, корректно ли рассматривать перемещение рычагов манипулятора без рассмотрения конструкции и габаритов рабочего органа?

5. На рисунке 2.5, стр. 71 усложняет понимание использование одновременно римских и арабских цифр.

**В третьей главе** «Программа и методика лабораторных и натуральных исследований» приведен план проведения экспериментальных исследований машинного зрения, а также методика их проведения. Приведено описание лабораторной установки и разработанного программного обеспечения, которое применялось при проведении лабораторных исследований и натуральных испытаний. Так же описана методика оценки погрешности определения координат предложенным способом, методика определения угловых поправок на угол поворота камер и методика натуральных испытаний.

**По третьей главе замечаний нет.**

**В четвертой главе** «Результаты исследований» приведены результаты исследования точности машинного зрения, построенного на базе двух видеокамер. Представлены данные о среднем значении погрешности при определении координат соска вымени предложенном способом. Установлен угол разворота камер, при котором погрешность минимальна. Так же приведены данные о погрешности при использовании угловых поправок. Для обеих камер получены уравнения, связывающие величину угловых поправок с координатами соска. На их основе рассмотрена методика двухступенчатого расчёта координат и оценена точность определения координат при её использовании. Приведены результаты натуральных испытаний в производственных условиях.

**Замечания по четвертой главе:**

1. В пункте 4.5, не проведена оценка, является ли точность в 97% и 90% достаточной или нет. Аналогично для пункта 4.6;

2. Стр. 143, не все величины переведены в СИ, что приводит к нарушению целостности текста.

**В пятом разделе** «Экономическая оценка эффективности применения роботизированной установки преддоильной подготовки вымени коров» рассмотрена сравнительная экономическая оценка доильного зала с конвейерно-кольцевой доильной установкой типа «Карусель» при использовании роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и без неё. Определена годовая экономическая эффективность, обусловленная снижением затрат труда и увеличением производительности доильной установки, а так же установлен срок окупаемости.

**Замечания по пятому разделу:**

1. На странице 168 взята доильная установка на 32 доильных станка, при этом в Главе 2 на стр. 86 автор указывает «наиболее оптимально использовать роботизированную установку преддоильной подготовки вымени с доильными установками, на платформе которых располагается до 40 станков», почему для

расчета не была взята доильная установка, которая, по мнению автора, наиболее «оптимальна»?

2. В данном разделе при расчете экономической эффективности учтена стоимость модернизации помещения, в котором будет располагаться роботизированная установка преддоильной подготовки вымени?

## **5. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов.**

Диссертация Барабанова Д.В. содержит шесть общих выводов. Их достоверность подтверждается результатами теоретических и экспериментальных исследований, применяемыми при проведении исследований современных методов и средств, а так же результатами натурных испытаний.

**Первый вывод** сформулирован исходя из решения первой задачи исследования, в которой заявлена разработка функциональной схемы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени, для которой требуется обоснование конструктивных параметров и режимов работы.

Вывод достоверный, обобщает результаты обзора научной литературы, патентных документов и их анализа, представленного в первой главе, а так же материалы теоретических исследований второй главы. Новизна подтверждается патентом РФ на полезную модель №176985.

**Второй вывод** отражает решение задачи совершенствования технологии машинного доения коров на конвейерно-кольцевых доильных установках с применением роботизированной установки преддоильной подготовки вымени. В частности, приведено число станков доильной установки, при которых целесообразно использовать роботизированную установку, а так же отмечено повышение производительности доильной установки на 1,5...4,5%, за счёт выноса подготовительных операций за пределы её платформы.

Вывод достоверный и обладает новизной.

**Третий вывод** посвящен теоретическому обоснованию системы позиционирования. Определены уравнения для определения координат сосков вымени, при помощи машинного зрения на основе двух видеокамер, а так же уравнения, определяющие необходимое количество шагов, которые должны совершить шаговые двигатели привода манипулятора для наведения рабочего органа в заданную точку.

Вывод достоверный, а новизна подтверждается патентами РФ на полезную модель №185290 и №218509.

**Четвертый** и **пятый** выводы посвящены планированию экспериментальных исследований и их результатам. Определены средние значения погрешности расчёта координат, предложенным способом, получены уравнения, связывающие величину угловых поправок для обеих камер с координатами соска в пределах рабочей области и повышающие точность расчёта координат машинным зрением, а так же приведены результаты исследования точности определения координат соска при использовании

двухступенчатого алгоритма расчёта координат. Кроме того, приведены результаты натуральных испытаний в производственных и лабораторных условиях.

Выводы достоверны, обладают новизной и обобщают материал третьей и четвертой главы.

**Шестой** вывод представляет результаты расчётов экономической оценки применения роботизированной установки преддоильной подготовки вымени в доильных залах с доильной установкой типа «Карусель».

Вывод достоверный и обобщает результаты, представленные в пятой главе диссертации.

В целом, приведенные в заключении выводы соответствуют поставленным задачам исследования и отражают основные результаты выполненной соискателем работы.

## **6. Замечания по диссертационной работе.**

В целом текст представленной диссертации изложен грамотным языком, использована корректная терминология, материал глав сопровождается необходимыми схемами, рисунками и таблицами. Результаты исследований подкреплены рядом первичных материалов, приведенных в приложении. Вместе с тем имеются следующие общие замечания по диссертации:

1. На странице 2, теоретическая и практическая значимость: «2) в разработке функциональной схемы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и технологии машинного доения коров на конвейерно-кольцевых доильных установках типа «Карусель» с её использованием;», что имеется ввиду выражением «с её использованием»?

2. Если заявлено, что основой математических моделей были экспериментальные исследования, то что было теоретической основой экспериментов?

3. В актуальности работы в целях более полной оценки текущей ситуации следовало бы также включить данные о динамике изменения численности поголовья коров за указанный период;

4. В Оглавление в основной части указано 4 Главы и 1 Раздел «Раздел 5», как такое возможно?

5. Во Введении статистические данные приведены в период до 2021 года, почему не приведены более актуальные данные?

6. В работе имеется некоторое количество ошибок в оформлении. Например, подрисуночные надписи на рисунках 1.12 (стр. 35), 1.24 (стр. 57), 1.26 (стр. 60) и др. не выравнены и имеют некорректные переносы между строками;

7. В итоге работы не представлена заявленная роботизированная установка для преддоильной подготовки вымени, продемонстрирован двухзвенный манипулятор с вращательными кинематическими парами, а также система технического зрения.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы, написанной на достаточно высоком научно-техническом уровне. Оформление диссертации отвечает предъявляемым требованиям.

## **7. Полнота опубликования основных результатов работы в научной печати и соответствие автореферата диссертации**

Основные результаты диссертационного исследования Барабанова Д.В. доложены и обсуждены в достаточной степени на всероссийских и международных конференциях, а так же изложены в 29 научных работах, в том числе 5 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ и 3 патента на полезную модель.

Автореферат соответствует основному содержанию работы и соответствует предъявляемым требованиям.

## **8. Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Барабанова Дмитрия Владимировича «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени», представленная к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук, является завершённой научно-квалификационной работой, решающей важную техническую задачу повышения эффективности машинного доения коров. Работа выполнена самостоятельно на актуальную тему.

В процессе подготовки диссертации автором использовано современное оборудование и пакеты прикладных программ, применено математическое и физическое моделирование, а так же применены инструменты планирования эксперимента. Для обработки результатов экспериментальных исследований применено соответствующее программное обеспечение. Это характеризует соискателя как квалифицированного научного работника.

Таким образом, представленная работа соответствует требованиям п.п. 9, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а Барабанов Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук,  
руководитель научного направления  
«Механизация животноводства»  
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ



Павкин Дмитрий Юрьевич

« 07 » ноябрь 2024 г.

ФИО представившего отзыв	лица, Павкин Дмитрий Юрьевич
Место работы	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"
Адрес	109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5
Учёная степень	Кандидат технических наук
Научная специальность	05.20.01 технологии и средства механизации сельского хозяйства
Адрес электронной почты	vim@vim.ru
Телефон	+7 (495) 547-13-16

Подпись Павкина Д.Ю. заверяю

Учёный секретарь А.В. Ещин



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 ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертации 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).

ФИО	Павкин Дмитрий Юрьевич
Гражданство	Россия
Учёная степень и отрасль науки	Кандидат технических наук
Шифр и наименование специальности, по которой была защищена диссертация	05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Учёное звание, присвоенное ВАК (при наличии)	-
Должность	Руководитель научного направления
Название структурного подразделения	научное направление «Механизация животноводства» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Название организации (полное и сокращённое, согласно уставу)	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
Почтовый индекс, адрес места работы	109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5
Адрес электронной почты	vim@vim.ru

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Кирсанов, В. В. Разработка алгоритма адаптивного регулирования скорости вращения платформы конвейерной доильной установки типа «Карусель» / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, С. В. Кирсанов // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 18-24. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-1-18-24. – EDN ХККУСІ.
2. Кирсанов, В. В. Левитирующая доильная платформа «Карусель»: концептуальные подходы к созданию / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин,

- С. В. Кирсанов // *Агроинженерия*. – 2024. – Т. 26, № 3. – С. 37-42. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-3-37-42. – EDN NVTWSM.
3. Павкин, Д. Ю. Разработка способа применения оптического модуля для определения биометрических параметров вымени / Д. Ю. Павкин, С. С. Юрочка // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2023. – Т. 24, № 2. – С. 306-316. – DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.2.306-316. – EDN VFGCPR.
  4. Моделирование влияния проточного устройства анализа качества молока на поток в доильной установке / Д. Ю. Павкин, А. Р. Хакимов, А. В. Шкирин [и др.] // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 70-75. – DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-70-75. – EDN QOUWDX.
  5. Исследование типов строения сосков и их расположение на вымени коров для формирования цифрового массива изображений / Д. Ю. Павкин, А. Р. Хакимов, И. М. Довлатов [и др.] // *Вестник НГИЭИ*. – 2023. – № 11(150). – С. 42-52. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-11-42-52. – EDN JIWELM.
  6. Оценка пригодности коров к машинному доению на основании типа строения сосков и месторасположения сосков на вымени / Д. Ю. Павкин, А. Р. Хакимов, С. С. Рузин [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2023. – № 3. – С. 183-187. – DOI 10.24412/2311-6447-2023-3-183-187. – EDN EXWRZR.
  7. Применение метода определения биометрических параметров вымени лактирующих животных с использованием сверточной нейронной сети / С. С. Юрочка, А. Р. Хакимов, И. М. Довлатов [и др.] // *Вестник НГИЭИ*. – 2022. – № 9(136). – С. 30-40. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-9-30-40. – EDN XLRHLO.
  8. Применение сверточной нейронной сети для определения границ сосков вымени коровы / С. С. Юрочка, А. Р. Хакимов, Д. Ю. Павкин [и др.] // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. – 2022. – Т. 69, № 3(48). – С. 82-88. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-3-82-88. – EDN ZQKBKF.
  9. Кирсанов, В. В. Разработка автоматизированного и роботизированного комплекса машин и оборудования с интеллектуальными цифровыми технологиями для развития молочного животноводства / В. В. Кирсанов, Ю. А. Цой, Д. Ю. Павкин // *Техника и технологии в животноводстве*. – 2022. – № 2(46). – С. 24-31. – DOI 10.51794/27132064-2022-2-24. – EDN XJETVQ.
  10. Разработка модифицированного доильного стакана модуля санитарно-гидравлической обработки сосков вымени коровы / С. С. Рузин, В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, И. М. Довлатов // *Техника и технологии в животноводстве*. – 2021. – № 2(42). – С. 35-41. – DOI 10.51794/27132064-2021-2-35. – EDN ZNZGHR.
  11. Контроль и управление при почетвертном машинном доении коров / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, С. С. Рузин, Е. И. Тарасова //

Агроинженерия. – 2020. – № 4(98). – С. 15-20. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-4-15-20. – EDN UNLJIU.

12. Модернизация типоразмерного ряда доильных установок на основе автоматизированных и роботизированных модулей почетвертного доения / В. В. Кирсанов, Ю. А. Цой, Л. П. Кормановский [и др.] // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 3(35). – С. 20-24. – EDN QIOVGT.
13. Сравнительный анализ и подбор систем технического зрения в молочном животноводстве / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, С. С. Юрочка, В. Ю. Матвеев // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 1(92). – С. 69-79. – EDN YWLXUL.

Кандидат технических наук,  
Руководитель научного направления  
«Механизация животноводства»  
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

«25» Сентября 2024 г.



Д.Ю. Павкин

*Юрочка Павкина Д.Ю. утв. 25.09.2024*  
*Нач. Отд. кадров Кушаккина Ю.В.*

