

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 35.2.033.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 06.12.2024 г. № 3

О присуждении Барабанову Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени» по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки) принята к защите 27 сентября 2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 35.2.033.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, 196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №1219/нк от 12 октября 2022 г.

Соискатель Барабанов Дмитрий Владимирович, 1987 года рождения.

В 2009 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный университет» (в настоящее время ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет») по специальности «Физика» с присуждением квалификации «Физик».

В 2019 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановская сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева» (в настоящее время ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ») по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, направленность – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, с присуждением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

С ноября 2023 года прикреплен для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук к ФГБОУ ВО СПбГАУ по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (приказ № 3526 от 07.11.2023 г.).

Справки о сданных кандидатских экзаменах выданы в 2024 году ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ» (справка № 35 от 14.05.2024) и ФГБОУ ВО СПбГАУ (справка № 3091 от 06.05.2024).

В период подготовки диссертации соискатель Барабанов Дмитрий Владимирович работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» в должности научного сотрудника научно-исследовательского управления.

С сентября 2024 года работает старшим преподавателем кафедры технических систем в агробизнесе ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ».

Диссертация Барабанова Д.В. «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», подведомственном Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Научный руководитель – Керимов Мухтар Ахмиевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО СПбГАУ).

Официальные оппоненты:

1. Герасимова Ольга Александровна, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры механизации животноводства и применения электроэнергии в сельском хозяйстве, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки;

2. Павкин Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук, руководитель научного направления «Механизация животноводства», Федеральное государственное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой машин и оборудования института механизации и технического сервиса Халиуллиным Дамиром Тагировичем и кандидатом технических наук, доцентом, директором института механизации и технического сервиса Медведевым Владимиром Михайловичем, указала, что диссертация на тему «Повышение эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Основные выводы и научные положения

сформулированы аргументировано и подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями, проведенными в лабораторных и производственных условиях. Диссертационная работа отвечает критериям п. 9, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (постановление правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор Барабанов Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

По теме диссертации автором опубликовано 29 работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 5 работ, получено 3 патента РФ на полезную модель. Общий объём научных работ 4,1 п.л., из них авторских – 2,6 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Роботизированная установка преддоильной подготовки вымени / Н. В. Муханов, А. В. Крупин, Д. В. Барабанов, Н. Н. Сафонова // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2016. – № 3. – С. 100-104. – EDN WMUEMT.

2. Кинематическое исследование манипулятора роботизированной установки преддоильной подготовки вымени / А. М. Абалихин, Н. В. Муханов, А. В. Крупин, Д. В. Барабанов // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 4(25). – С. 99-108. – EDN VQCWTY.

3. Анализ работы и разработка требований к роботизированным доильным системам на примере хозяйства Ивановской области / Л. В. Гуркина, Н. В. Муханов, Д. В. Барабанов, А. В. Крупин // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 4(29). – С. 102-111. – DOI 10.35523/2307-5872-2019-29-4-102-111. – EDN ZAGZFF.

4. Исследование режимов работы манипулятора роботизированной установки преддоильной подготовки вымени / Н. В. Муханов, В. А. Смелик, Д. В. Барабанов, Л. В. Гуркина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56. – С. 158-166. – DOI 10.24411/2078-1318-2019-13158. – EDN BDDLQY.

5. Барабанов, Д. В. Исследование системы машинного зрения роботизированной установки преддоильной подготовки вымени коров / М. А. Керимов, Н. В. Муханов, Д. В. Барабанов // АгроЭкоИнженерия. – 2024. – № 1(118). – С. 118-135. – DOI 10.24412/2713-2641-2024-1118-118-135.

6. Theoretical detection of udder coordinates under optical method of manipulator positioning / N. V. Mukhanov, D. V. Barabanov, A. V. Krupin [et al.] // International scientific and practical conference "Agro-SMART - Smart solutions for agriculture" (Agro-SMART 2018), Tyumen, 16–20 июля 2018 года. Vol. 151. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 504-509. – EDN UXUJDB.

7. Алгоритм работы блока управления роботизированной установкой преддоильной подготовки вымени / Д. В. Барабанов, А. В. Крупин, Н. В. Муханов, А. М. Абалихин // Вестник Всероссийского научно-

исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 1(33). – С. 90-95. – EDN WQPULV.

8. Керимов, М. А. Оптимизация технологии доения коров за счет совершенствования роботизированной установки преддоильной подготовки вымени / М. А. Керимов, Д. В. Барабанов, И. Я. Г. Нам // АгроЗооТехника. – 2023. – Т. 6, № 1. – DOI 10.15838/alt.2023.6.1.6. – EDN MATJGC.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы. Все отзывы положительные.

1. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», Алтайский край, г. Барнаул. Подписан доктором технических наук Садовым Виктором Викторовичем. Замечания: 1) Из автореферата не ясно, насколько безопасно применение рабочего органа в виде роликов на распространение мастита между сосками одного животного или перенос микроорганизмов между животными. 2) Для какой доильной установки будет применен данный манипулятор, а именно он будет иметь мобильную или стационарную версию. 3) Как обеспечивается питанием электрическим током данная установка, в том числе работа шаговых двигателей на постоянном токе. 4) Сравнительный экономический эффект проведен с установкой типа «Карусель». При минимальном цикле позиционирования манипулятора 34 с наполнение карусели в 32 станка составит около 20 минут, а в реальности до 30 минут. Как это согласовано с частотой вращения «Карусели» и обслуживанием всего поголовья. 5) Способна ли предлагаемая роботизированная установка плавно менять координаты перемещения рабочего органа во времени при работе с движущимся объектом.

2. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской»», Ростовская область, г. Зерноград. Подписан кандидатом технических наук Бахчевниковым Олегом Николаевичем. Замечания: 1) В автореферате содержание пятого раздела диссертации, посвященного экономической эффективности предлагаемой установки подготовки вымени, изложено слишком кратко. В частности указано, что «Экономический эффект установки определяется сокращением числа операторов, обслуживающих доильную установку, и повышением её пропускной способности», но не приведены числовые данные по этим показателям эффективности, а ведь они имеют ключевое значение для суждения о практическом применении установки.

3. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж. Подписан доктором сельскохозяйственных наук Андриановым Евгением Александровичем. Замечания: 1) В автореферате не представлена методика проведения факторного эксперимента (не указан критерий оптимизации, не указан точный тип плана – то ли полный факторный эксперимент, то ли план Бокса-Бенкина, количество опытов, количество повторностей и др.).

4. Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Костромская область, Костромской район, п. Караваево. Подписан доктором технических наук, профессором Волхоновым Михаилом Станиславовичем и кандидатом сельскохозяйственных наук, доцентом Кузнецовым Владимиром Николаевичем. Замечания: 1) Каким образом изменяется продолжительность подмыва вымени манипулятором роботизированной установки в зависимости от степени загрязнения вымени? 2) Из рисунка 9, стр. 10 не совсем понятно имеется ли автоматический механизм корректировки оптического центра камер в вертикальной плоскости. 3) Проводились ли сравнительные испытания предлагаемой роботизированной системы подмыва вымени с промышленными образцами манипуляторов, которые применяются на доильных роботах с лазерным сканированием. 4) Проводились ли исследования по оценке степени остаточной механической и биологической загрязненности поверхности вымени и сосков при ручном и роботизированной способе подготовки? Если проводились то по какой методике? 5) Известно, что подобный тип камер не предназначен для использования в условиях повышенной влажности. Почему в качестве камеры были использованы модули NBV-1615? На выбор повлияли параметры чувствительности, относительной освещенности, разрешения камер или максимальной скорости передачи изображения? 6) Какова величина быстродействия (реакции) манипулятора на изменение внешних факторов? Предусмотрен или нет автоматический контроль температуры воды?

5. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург. Подписан доктором технических наук, профессором Шаховым Владимиром Александровичем и кандидатом технических наук, доцентом Учкиным Павлом Григорьевичем. Замечания: 1) Стр.14, указано, величины угловых поправок находятся в пределах  $-0,9; 0,4$ . Далее приведены результаты исследований рис. 14,16 и 17. Величины значений координат  $r$ ,  $z$  и др. имеют порядок с тысячными долями. Почему такая разница значений и как эта точность учитывается в технических разработках? Какие приборы использовали для измерений этих значений на практике? 2) Годовой экономический эффект рассчитан на какое поголовье и годовой надой от одной коровы?

6. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза. Подписан кандидатом технических наук, доцентом Яшиным Александром Владимировичем. Замечания: 1) Для согласованной работы роботизированной установки с доильной установкой необходимо обеспечение поточного обслуживания животных роботом. При этом функциональная схема не содержит элементов стимулирующих вход коров в станок и выход из него. 2) Какова точность лазерного дальномера, применяемого для измерения координат макета соска при проведении лабораторных испытаний?

7. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск. Подписан доктором технических наук, доцентом Тихоновым Евгением Андрияновичем. Замечания: 1) Уравнения, применяемые для расчёта координат сосков включают фокусное расстояние объектива камер машинного зрения. Однако приведенные характеристики модулей NBV-1615 не содержат данную величину. Каким образом определялось фокусное расстояние объектива камер? 2) Каким образом будут определяться координаты сосков, в случае, когда на изображениях, получаемых с камер машинного зрения один сосок перекрывает другой? 3) Уравнения для определения координат сосков вымени, получены при рассмотрении неподвижного объекта. Каким образом будут учитываться перемещения животного в станке установки в реальных условиях?

8. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-ола. Подписан доктором технических наук, профессором Сидыгановым Юрием Николаевичем. Замечания: 1) Машинное зрение робота образуют две камеры, имеющие возможность поворота в сторону области, в которой располагается вымя. Физиологически вымя коров имеет разную форму и размеры. Каким образом система будет определять, находится ли вымя в поле зрения камер? 2) Не приведена сравнительная экономическая оценка используемых камер для определения координат сосков вымени с альтернативными техническими средствами (лазерный дальномер, 3D TOF камера).

9. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва. Подписан доктором технических наук, доцентом Евграфовым Алексеем Владимировичем и кандидатом технических наук Москвичевым Дмитрием Александровичем. Замечания: 1) В первой главе автореферата недостаточно представлен анализ технических средств, автоматизированных и роботизированных систем для осуществления преддоильной подготовки вымени коров, нет подробного описания. 2) В пятом разделе автореферата хотелось бы увидеть графическую зависимость экономического эффекта от снижения затрат ручного труда для наглядности окупаемости.

10. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Белгородская область, Белгородский район, п. Майский. Подписан доктором технических наук, профессором Ужиком Владимиром Федоровичем. Замечания: 1) Из автореферата (стр. 7) неясно, чем регламентируется продолжительность  $\Delta t$  выполнения роботом операций по подготовке вымени коровы к доению.

На все замечания и пожелания соискатель дал полные аргументированные ответы в ходе защиты диссертации. Во всех отзывах делается вывод, что автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается с учетом их компетентности и наличия публикаций в области исследований по теме диссертации, а также научных достижений в области технологий, машин и оборудования для агропромышленного комплекса, и согласия ведущей организации на экспертизу диссертационной работы, а оппонентов – на её оппонирование.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Разработана** методика повышения эффективности машинного доения коров за счёт разработки роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и применения её в доильных залах с конвейерно-кольцевыми доильными установками для осуществления подмыва и массажа вымени;

**предложено** оригинальное суждение, что применение роботизированной установки преддоильной подготовки вымени позволит вынести операции по подготовке вымени к доению за пределы платформы доильной установки, что обеспечит повышение пропускной способности доильной установки и снижение затрат труда при производстве молока;

**доказана** перспективность использования в системе позиционирования роботизированной установки преддоильной подготовки вымени машинного зрения;

**введена** поправка на угол поворота камер машинного зрения, позволяющая повысить точность определения координат машинным зрением;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** зависимости, полученные на основе теоретических исследований и позволяющие определить координаты сосков вымени коровы по их расположению на изображениях, получаемых с камер машинного зрения, а так же результаты кинематического анализа, позволившего определить оптимальные длины рычагов манипулятора, подводящего рабочий орган в рабочую область для осуществления очистки и массажа вымени;

**применительно к проблематике диссертации** использован комплекс существующих базовых методов исследования, теория планирования многофакторного эксперимента;

**изложены** факторы, определяющие конструктивные параметры и режимы работы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени, а так же факторы, влияющие на точность определения координат машинным зрением роботизированной установки преддоильной подготовки вымени;

**раскрыты** показатели повышения эффективности машинного доения коров на доильных установках типа «Карусель» при использовании роботизированной установки преддоильной подготовки вымени;

**изучены** причинно-следственные связи, влияющие на точность определения координат машинным зрением роботизированной установки преддоильной подготовки вымени;

**проведено уточнение** математической модели, позволяющей рассчитать координаты сосков вымени, с учетом положения сосков вымени в пределах установленной рабочей области.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** методика определения поправок на угол поворота камер машинного зрения роботизированной установки в зависимости от положения сосков вымени коров в пределах рабочей области; методика двухуровневого расчёта координат, позволившая повысить точность расчёта координат сосков;

**определены** перспективы практического использования предложенных технических решений при проектировании роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и доильных залов с конвейерно-кольцевыми доильными установками, оснащёнными экспериментальной роботизированной установкой;

**создана** система позиционирования рабочего органа для расчета конструктивных параметров и режимов работы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени;

**представлены** предложения по совершенствованию разработанной системы позиционирования рабочего органа роботизированной установки преддоильной подготовки вымени.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** использовано сертифицированное оборудование и приборы, а также стандартные методики по оценке точности определения координат машинным зрением, апробирован современный математический аппарат;

**теория** построена на известных, проверяемых данных, позволяет рассчитать конструктивные параметры и режимы работы роботизированной установки преддоильной подготовки вымени и её системы позиционирования, а так же координаты сосков вымени по их расположению на изображениях, получаемых с камер машинного зрения.

**Идеи работы базируются** на анализе данных практики и обобщении передового опыта по использованию существующих технико-технологических решений процесса подготовки вымени к доению, результатах предварительных исследований;

**использовано** сравнение данных автора и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике другими исследователями;

**установлено** количественное и качественное совпадение теоретических исследований автора с результатами лабораторных и натуральных испытаний, адекватность полученных зависимостей не противоречит результатам ранее проведенных исследований другими авторами;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, методы планирования эксперимента, стандартные и частные методики исследования с обработкой данных.

**Личный вклад соискателя состоит** в непосредственном участии в постановке цели и задач исследования; получении исходных данных и проведении научных экспериментов; обработке и интерпретации результатов теоретических и экспериментальных исследований; подготовке

публикаций по выполненной работе и апробации результатов исследования на конференциях различного уровня.

В ходе защиты критических замечаний высказано не было.

На заседании 06 декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение: за новые научно-обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Барабанову Дмитрию Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки), участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет человек, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета  
35.2.033.02,  
доктор технических наук,  
доцент



Хакимов Рамиль Тагирович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
35.2.033.02,  
доктор технических наук,  
профессор

Огнев Олег Геннадьевич

06 декабря 2024 г.