

Вестник Курганской ГСХА. 2026. № 2 (58). С. 64-73
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2026; (2-58): 64-73

Научная статья

УДК 631.116

Код ВАК 4.3.1

DOI: 10.52463/2227-4227_2026_58_64_73

EDN: ENCHVP

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОЧЕТВЕРТНОГО ДОЕНИЯ

Ильдар Ильясович Кашапов¹, Булат Гусманович Зиганшин^{2✉},
Владимир Вячеславович Кирсанов³, Александр Аркадьевич Рылов⁴,
Булат Миннефаилевич Сабилов⁵

^{1, 2, 5} Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

³ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

⁴ Научно-исследовательский институт средств вычислительной техники», Киров, Россия

¹ ildar.84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2184-8791>

² zigan66@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-8250-9403>

³ kirvv2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2549-4070>

⁴ k-consultant@yandex.ru

⁵ sabbm5@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9084-7674>

Аннотация. На основе многолетнего опыта использования доильных роботов в числе их преимуществ и достоинств, специалисты единодушно на первое место ставят высокое качество молока. Достигается это, прежде всего, за счет высокого уровня выполнения подготовительно-заключительных операций, почетвертного доения, отключения доильных стаканов мониторинга качества молока по долям вымени. Для почетвертного выдаивания коров и своевременного отключения доильных стаканов, на кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ разработан автоматизированный доильный модуль с манипулятором и интеллектуальной системой управления процессом доения для доильных залов типа «Елочка» и «Карусель», которые обеспечивают снижение заболеваний коров маститом и их преждевременную выбраковку на 25–30 %. Целью работы является повышение эффективности доения коров через оптимизацию параметров и режимов функционирования автоматизированной доильной установки почетвертного доения. Проведены лабораторные исследования разработанной автоматизированной доильной установки почетвертного доения, которые показали его работоспособность. Были выявлены оптимальные параметры работы клапанов для отключения доения каждой четверти вымени. Для оптимальной скорости выдаивания молока предлагается использовать калиброванные отверстия диаметром 1,25 мм, для своевременного отключения клапана предлагается применить электромагнитные (ЭМ) катушки с площадью сечения обмоток 0,25 мм² с величиной напряжения 12 В. Оснащение разработанной системой почетвертного доения широко применяемых доильных установок «Елочка», «Параллель» и других позволит снизить заболеваемость животных маститом и увеличить продуктивность за счет более полного их выдаивания. Разработанная система позволяет автоматизировать процесс почетвертного доения без использования дорогостоящих импортных роботизированных комплексов, что особенно актуально для средних и крупных молочных ферм. Внедрение такого модуля в серийные доильные установки типа «Елочка» и «Параллель» дает возможность значительно сократить эксплуатационные затраты и повысить рентабельность производства молока.

Ключевые слова: автоматизированное доение, молоко, доильный зал, пропускная способность, доильная установка, сухое доение, электропроводность молока.

Благодарности: работа финансировалась за счет средств бюджета Казанского государственного аграрного университета. Дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г., Кирсанов В.В., Рылов А.А., Сабилов Б.М. Разработка автоматизированной доильной установки почетвертного доения // Вестник Курганской ГСХА. 2026. № 2 (58). С. 64-73. DOI: 10.52463/2227-4227_2026_58_64_73. EDN: ENCHVP.

Scientific article

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED MILKING MACHINE FOR UDDER QUARTER MILKING

Ildar I. Kashapov¹, Bulat G. Ziganshin^{2✉}, Vladimir V. Kirsanov³, Alexander A. Rylov⁴, Bulat M. Sabirov⁵

^{1, 2, 5} Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

³ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

⁴ Research Institute of Computer Technology, Kirov, Russia

¹ ildar.84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2184-8791>

² zigan66@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8250-9403>

³ kirvv2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2549-4070>

⁴ k-consultant@yandex.ru

⁵ sabbm5@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9084-7674>

Abstract. Based on the long-term experience in using milking robots, among their advantages and advantages, experts unanimously put high quality milk in the first place. This is achieved primarily due to a high level of preparatory and final operations, udder-quarter milking, shutting-off teat cups, monitoring of milk quality by udder glands. For udder quarter milking of cows and timely milking cup shutting-off, the Department of Machinery and Equipment in agribusiness of Kazan State Agrarian University has developed an automated milking module with a manipulator and an intelligent milking process control system for milking parlors such as Yolochka (Herringbone) and Carousel (Rotary), which reduces cow diseases with mastitis and their early culling by 25–30 %. The purpose of the work is to increase the efficiency of milking cows by optimizing the parameters and operating modes of an automated milking machine for udder quarter milking. The laboratory studies of the developed automated milking machine for udder quarter milking have been carried out, which have shown its operability. The optimal valve operation parameters for shutting off milking of each quarter of the udder were identified. For optimal milk delivery rate, it is proposed to use calibrated holes with a diameter of 1.25 mm, and to turn off the valve in a timely manner, it is proposed to use EM coils with a cross-sectional area of 0.25 mm² with a voltage value of 12 V. Equipping widely used Herringbone, Parallel and other milking machines with the developed udder quarter milking system will reduce the incidence of mastitis in animals and increase productivity by milking them more completely. The developed system makes it possible to automate the process of udder quarter milking without using expensive imported robotic systems, which is especially important for medium and large scale dairy farms. The introduction of such a module into serial milking units of the Herringbone and Parallel types makes it possible to significantly reduce operating costs and increase profitability of milk production.

Keywords: automated milking, milk, milking parlor, throughput capability, milking machine, dry milking, electrical conductivity of milk.

Acknowledgments: the work was funded from the budget of Kazan State Agrarian University. No additional grants were received to conduct or direct this particular study.

For citation: Kashapov I.I., Ziganshin B.G., Kirsanov V.V., Rylov A.A., Sabirov B.M. Development of an automated milking machine for udder quarter milking // Vestnik Kurganskoy GSHA. 2026; (2-58): 64-73. DOI: 10.52463/2227-4227_2026_58_64_73. EDN: EHCHVP. (In Russ).

Введение. По данным МСХ РФ в 2024 г., по сравнению с предыдущим годом производство молока выросло на 1,1 %. Данное увеличение обеспечили сельскохозяйственные организации, которые произвели 62,1 % от всего объема молока, полученного в РФ. Хозяйства населения обеспечили 29,7 % от валового надоя в стране, а КФХ и ИП – 8,2 %. Лидером по производству молока в России по-прежнему остается Приволжский федеральный округ, где 32,1 % от ее общего объема всего молока было произведено в Республике Татарстан [1–3].

Количество ферм с поголовьем скота менее 400 голов составляет более 80 % от числа всех сельхозорганизаций, на которые приходится 45 % валового производства молока [4; 5]. В большинстве на таких фермах с беспривязным содержанием используются доильные установки типа «Елочка», «Параллель», «Карусель» [6–8]. Сравнительные технико-экономические показатели доильных залов представлены в таблице.

Отечественным производителям молока необходимо к 2030 году выполнить стратегическую задачу по увеличению объемов производства молока до 38 млн тонн. Для этого нужно увеличение надоев и поголовья скота, перенаправление на индустриальное доение без простоев, и в связи с этим возрастает интерес к использованию доильных роботов [9–11].

Улучшение качества молока остается актуальным, и применение доильных роботов повышает данный показатель. Невыполнение первичных операции доения (очистка сосков, сдаивание первых струек и т. д.) зачастую негативно сказываются как на здоровье животного, так и на качественных показателях молока. Доильные роботы оснащены устройствами для автоматизированного выполнения операций подготовки к доению: очистка сосков вымени, стимуляция молокоотдачи, сдаивание первых струек. Доильные роботы компании SAC Futureline Max/Double box и DeLaval VMS дополнительно осуществляют высушивание сосков [12].

Таблица – Технико-экономические показатели доильных залов

Table – Technical and economic indicators of milking parlors

Показатель	«Карусель» VMS на 24 места	«Карусель» DairyPro на 24 места	«Елочка» 2x12
Производительность, гол./час с общим поголовьем 480 гол.	90	90	100
Количество операторов, чел.	1	1	2
Количество одгонщиков, чел.	1	1	1
Стоимость оборудования, млн руб., РФ	91,2	136,8	10,5
Амортизационные расходы руб./гол., год	9235	1340	178,75
Техническое обслуживание руб./гол., год	1804	2670	175,0
Удельные затраты, руб./гол., год	2773,5	4060	428,75

Среди основных недостатков доильных роботов выделяют их высокую стоимость (350–400 тыс. евро). Сравнительно низкая пропускная способность и большие эксплуатационные затраты при их использовании ограничивают применение роботов на наиболее распространенных фермах с численностью коров до 600–800 голов. Фермы данных размеров обеспечивают наиболее комфортные условия для животных, включая возможность использования прифермских пастбищ как важного фактора в повышении продолжительности хозяйственного использования коров и молодняка. Для ферм такого размера с точки зрения эффективности использования инвестиций представляют интерес доильные залы компании «Lemmer Fullwood», пропускная способность которых достигает 80–90 коров в час. Схема их работы схожая с отечественной доильной установкой «Веер» с индивидуальными доильными станками и пропускной способностью 80–100 коров в час [13].

При традиционном доении коров из-за неравномерности развития вымени и менее развитыми его частями (четверти) животные зачастую доятся «всухую», «дожидаясь» окончания молокоотдачи из более развитых долей вымени. Именно «сухое» доение является основной причиной травм вымени и развития мастита – воспаления молочной железы коров. Капиталоемкость роботизации данной операции доения достаточно велика, на ее долю приходится 25 % стоимости доильного робота. Более половины стоимости доильного робота приходится на систему поиска и надевания доильных стаканов, включая подготовительные операции. Затраты времени на надевание доильных стаканов оператором составляют на «Елочке» 0,15 мин, а в одноместном роботе – 0,5–1,56 мин [14].

Наибольшее применение на фермах с беспривязным содержанием коров получили установки типа «Елочка», «Параллель». В этой связи особую актуальность приобретает разработка унифицированного автоматизированного доильного модуля, обеспечивающего такое же качество молока, как доильный робот. Автоматизированный доильный модуль должен выполнять почетвертное выдаивание и отключение доильных стаканов с переходом на пониженный вакуум, затем снятие доильных стаканов после выдаивания всех сосков, а также мониторинг состояния каждой доли вымени и качества молока. Такой модуль должен иметь возможность установки на любом типе доильной установки («Тандем», «Елочка», «Параллель» и «Карусель»). Основным конкурентом разработанной установки является система доения MilproP4C. Данная система не может внедряться в уже существующие доильные установки, а существенны-

ми недостатками являются высокая ее стоимость и необходимость качественной промывки дефлектора находящегося внутри коллектора [15; 16].

Цель данной работы – увеличение эффективности доения коров на основе разработки и внедрения отечественной автоматизированной доильной установки с элементами роботизации и системы для управления процессом доения с раздельным отключением доильных стаканов каждой четверти вымени по окончании молокоотдачи, обеспечивающей более полное выдаивание молока.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

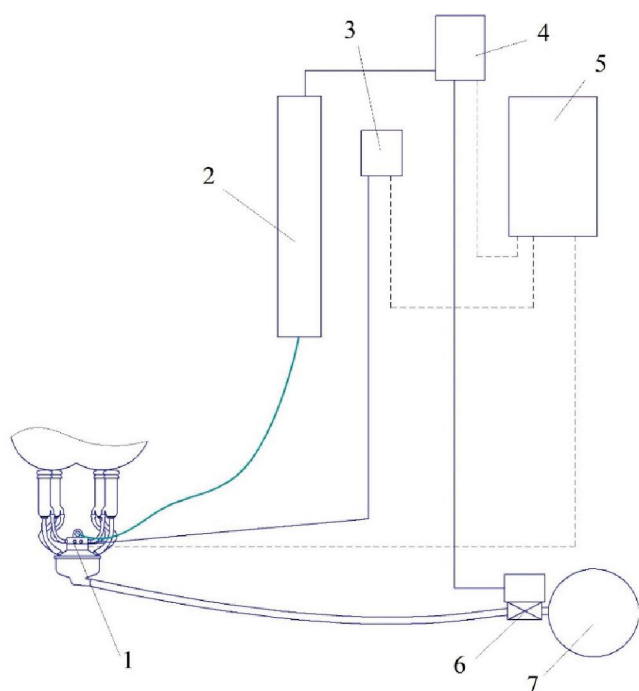
- обосновать основные конструктивно-технологические параметры автоматизированной доильной установки с элементами роботизации и разработать ее эскизный проект;

- изготовить экспериментальный образец автоматизированной доильной установки с элементами роботизации и исследовать его в лабораторных условиях.

Материалы и методы. С целью проведения экспериментальных исследований на кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ была разработана автоматизированная доильная установка почетвертного доения коров, которая обладает технической новизной (патенты России RU 2768038; RU 2773053). Установка легко внедряется и быстро монтируется в существующие доильные залы типа «Елочка», «Тандем» которые получили широкое распространение в нашей стране по причине своей универсальности и низкой стоимости по сравнению с аналогами.

Предлагается система для управления процессом доения и раздельного отключения доильных стаканов каждой четверти по окончании молокоотдачи из нее. Система состоит из нескольких ключевых элементов: 4 клапанов отключения доильных стаканов с датчиками наличия молока, устройства для объединения потоков молока (коллектора), пневмоцилиндра для автоматического съема подвесной части доильного аппарата и блока управления процессом. Остальные элементы системы, такие как доильные стаканы и сосковая резина, могут применяться любые. Разработанная в Казанском ГАУ автоматизированная доильная установка почетвертного доения предназначена для ферм с беспривязным содержанием поголовья до 800 коров. Унифицированный доильный модуль может быть использован для технического переоснащения действующих доильных установок «Елочка», «Параллель», «Карусель», «Тандем» и передвижных доильных установок. Состав унифицированного доильного модуля с почетвертным доением и мониторингом качества молока от каждой доли (рисунок 1): коллектор 1 с почетвертным управлением доения, датчиками потока молока

и определения электропроводности от каждой доли с клапанным механизмом отключения доильного стакана и перевода его на пониженный вакуум 25 кПа; пневмоцилиндр 2 манипулятора доения, обеспечивающий снятие доильных стаканов, после выдаивания каждой доли; электромагнитный пульсатор 3; электромагнитный клапан для управления пневмоцилиндром 4 для своевременного снятия подвесной части после окончания доения; встроенный блок управления манипулятором 5, сопряженный с компьютером; счетчик индивидуального удоя коровы 7.



- 1 – коллектор с почетвертным управлением доения и датчиками потока молока;
2 – пневмоцилиндр манипулятора доения;
3 – электромагнитный пульсатор;
4 – электромагнитный клапан управления пневмоцилиндром; 5 – блок управления;
6 – клапан снятия; 7 – счетчик индивидуального удоя

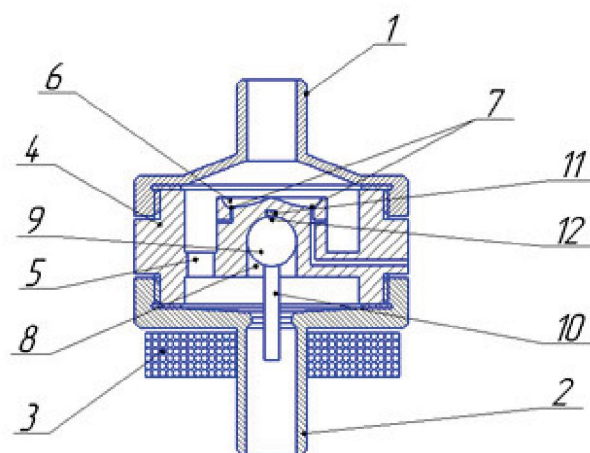
Рисунок 1 – Автоматизированная доильная установка почетвертного доения

1 – collector with udder quarter milking control and milk flow sensors; 2 – pneumatic cylinder of the milking manipulator; 3 – electromagnetic pulsator; 4 – solenoid valve for controlling the pneumatic cylinder; 5 – control unit; 6 – removal valve; 7 – individual milk yield counter

Figure 1 – Automated udder quarter milking machine

Конструкция унифицированного доильного модуля обеспечивает возможность его монтажа и эксплуатации на всех используемых типах станочных доильных установок. В системе управления доильным модулем должна быть предусмотре-

трена программа автоматического преддоильного самотестирования и самодиагностики с выдачей информации о готовности к работе. На каждом молочном патрубке доильного стакана расположен управляемый клапанный механизм, состоящий из входного патрубка 1, соединенного с доильным стаканом, выходного патрубка 2 с установленной на нем ЭМ катушкой 3 и расположенного между патрубками корпуса 4 кольцеобразной формы, на периферийной части которого закреплены оба патрубка (рисунок 2).



- 1 – патрубок входной; 2 – патрубок выходной;
3 – электромагнитная катушка;
4 – корпус; 5 – отверстия для прохода молока;
6 – чашеобразное углубление;
7 – определения электропроводности и наличия молока; 8 – шарообразный купол;
9 – шарообразный клапан;
10, 11 – неодимовый магнит;
12 – элемент из магнитопроводящего материала

Рисунок 2 – Схема коллектора с почетвертным управлением доения по четвертям вымени

1 – inlet pipe; 2 – outlet pipe; 3 – electromagnetic coil; 4 – casing; 5 – holes for milk passage; 6 – cup-shaped depression; 7 – determination of electrical conductivity and presence of milk; 8 – spherical dome; 9 – spherical valve; 10, 11 – neodymium magnet; 12 – part of magnetically conductive material

Figure 2 – Diagram of a collector with udder quarter control milking by quarters of the udder

В средней части корпуса расположены отверстия для прохода молока 5, в центральной части корпуса сверху расположено открытое чашеобразное углубление 6 с закрепленными в нем двумя электродами 7 для определения электропроводности и наличия молока. Внизу центральной части корпуса расположена цилиндрическая направляющая ниша с шарообразным куполом 8 для размещения подвижного шарообразного кла-

пана 9, выполненного из немагнитного материала (рисунок 3).

К нижней части клапана прикреплен неодимовый магнит 10 в форме стержня, выполненный с возможностью втягивания его магнитодвижущей силой электромагнитной катушки в седловую часть выходного патрубка и выталкивания под купол цилиндрической направляющей ниши при смене полярности питающего катушку напряжения.



Рисунок 3 – Общий вид клапана коллектора
Figure 3 – General view of the manifold valve

На вершине купола ниши установлен неодимовый магнит 11, а на вершине шарообразного клапана – элемент из магнитопроводящего материала 12, сила сцепления которых меньше магнитодвижущей силы электромагнитной катушки, действующей на неодимовый магнит клапана при подаче напряжения соответствующей полярности.

Катушка, электроды, электронный коммутатор подключены к блоку управления через

разъем для электропитания напряжением 12 В. Лабораторные исследования проводились при стандартной величине вакуума для доения коров и температуре окружающей среды 22 °С. Для имитации выдаиваемого молока использовалась вода с различной степенью минерализации (0,8–2,0 г/дм³), что позволило проверить работоспособность электродов для определения наличия молока. Минимальная степень минерализации при котором срабатывали электроды составила 0,8–1,1 г/дм³. Лабораторные исследования проводились в пятикратной повторности для обеспечения точности и достоверности результатов. Статистическую обработку данных выполнили с использованием t-критерия Стьюдента и дисперсионного анализа (ANOVA) при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. При проведении исследования было установлено влияние диаметра калиброванного отверстия на время истечения молока (рисунок 4). Для этого в чашеобразном углублении просверлены отверстия диаметрами $D = 0,75; 1; 1,25; 1,5; 2$ мм. В результате определено, что с увеличением диаметра калиброванных отверстий скорость истечения молока возрастает. Статистическая обработка полученных результатов подтвердила достоверность различий между группами. Среднее время истечения составило: для $D = 0,75$ мм – 8 с; $D = 1,0$ мм – 5 с; $D = 1,25$ мм – 4 с; $D = 1,5$ мм – 2 с; $D = 2,0$ мм – 1,5 с.

Выявлено, что скорость истечения молока через диаметры калиброванных отверстий 1,5 мм и 2 мм была слишком высокой, из-за чего электроды часто срабатывали на отключение доильных стаканов (частота ложных срабатываний

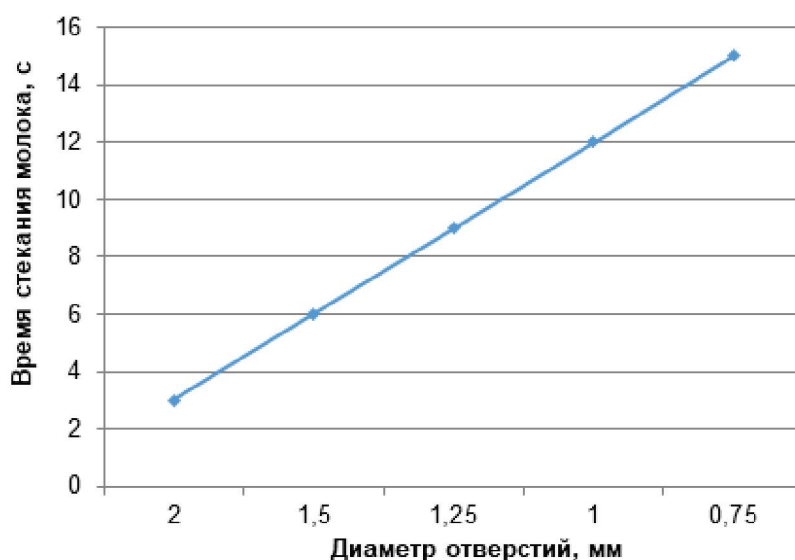


Рисунок 4 – Зависимость влияния диаметра калиброванного отверстия на время истечения молока
Figure 4 – Dependence of the influence of the calibrated hole diameter on the milk ejection time

составила 18 % и 34 % соответственно). Через калиброванные отверстия диаметром 0,75 мм и 1 мм молоко истекало очень медленно, что могло привести к затяжному срабатыванию датчиков потока молока (время задержки срабатывания превышало 2,5 с). Поэтому было предложено использовать калиброванные отверстия диаметром 1,25 мм, для которых частота ложных срабатываний не превышала $2,5 \pm 1,2$ %. По данным, представленным на графике, видно, что с уменьшением диаметра отверстий время стекания молока увеличивается. Коэффициент детерминации аппроксимации зависимости степенной функцией составил $R^2 = 0,97$.

Были проведены исследования по влиянию площади сечения обмоток ЭМ катушки на магнитодвижущую силу (Рмдс), необходимую для отрыва клапана. Для этого нами подобраны гири с различными массами и ЭМ катушки с различными площадями сечения обмоток $S = 0,14; 0,2; 0,25; 0,3$ мм² (рисунок 5).

При проведении эксперимента на ЭМ катушку подавался постоянный ток, а на стержень навешивался груз с постепенным его увеличением до момента отрыва стержня от ЭМ катушки. Процесс повторялся отдельно для каждой катушки. Было установлено, что с увеличением площади сечения обмоток ЭМ катушки магнитодвижущая сила (Рмдс), необходимая для отрыва клапана, увеличивалась (рисунок 6). Средние значения Рмдс составили: для $S = 0,14$ мм² – 1,8 Н; $S = 0,20$ мм² – 2,4 Н; $S = 0,25$ мм² – 3,0 Н; $S = 0,30$ мм² – 3,6 Н. Различия между группами

были статистически значимы (t-критерий Стьюдента, $p < 0,05$ для всех парных сравнений). При этом катушка с площадью сечения 0,3 мм² приводит к увеличению потребляемого тока на 28 % по сравнению с катушкой 0,25 мм², а катушки с площадью сечения 0,14 и 0,2 мм² обеспечивают недостаточную силу для надежного отрыва шарообразного клапана (вероятность несрабатывания составила 12 % и 5 % соответственно). Для дальнейших исследований была принята ЭМ катушка с площадью сечения обмоток 0,25 мм².

Были проведены исследования влияния напряжения, подаваемого на ЭМ катушки, на удерживающую способность груза (рисунок 6).

На ЭМ катушку с площадью сечения обмоток 0,25 мм² подавался постоянный ток с напряжением более 12 В и навешивался груз массой 50 г. Постепенно снижали величину напряжения до момента пока груз со стержнем не оторвался с ЭМ катушки. Каждый опыт повторяли 5 раз. Было выявлено, что отрыв сердечника с массой гири 50 г произошел при величине напряжения 4,8 В, 100 г – 6,2 В, 150 г – 8,6 В, 200 г – 12,3 В. Полученная зависимость является линейной ($R^2 = 0,99$). Для безотказной работы клапана на открывание и закрывание достаточно напряжение 12 В.

Авторами проведены исследования влияния диаметра винта из магнитного материала на удерживающую способность груза (рисунок 7).

Для этого были подобраны гири различных масс и винты с различными диаметрами (1,0; 1,6; 2,0; 2,2 мм), имеющие различную величину магнитной проницаемости. Винты закручиваются

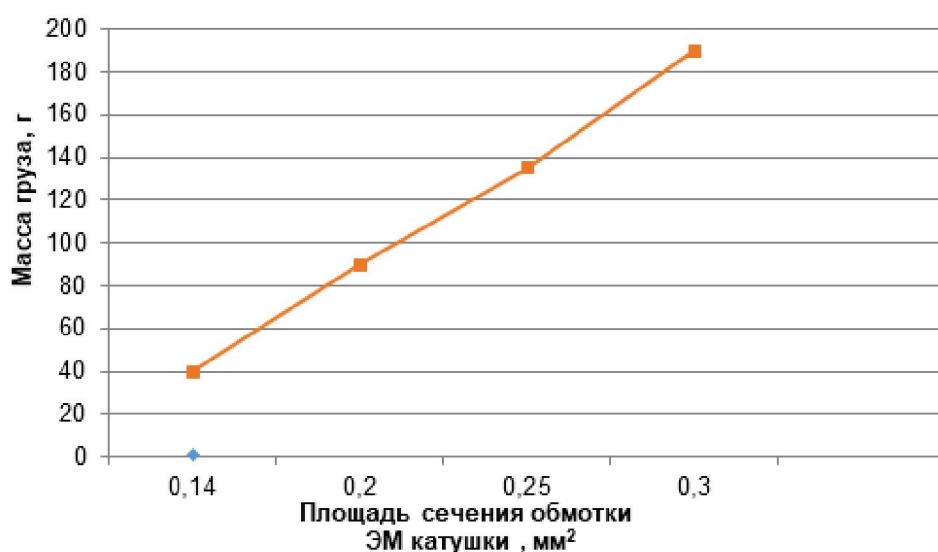


Рисунок 5 – Зависимость влияния площади сечения обмоток ЭМ катушки на магнитодвижущую силу (Рмдс) необходимую для отрыва клапана
Figure 5 – Dependence of the influence of the cross-sectional area of the EM coil winding on the magnetomotive force (Рмдс) necessary to detach the valve

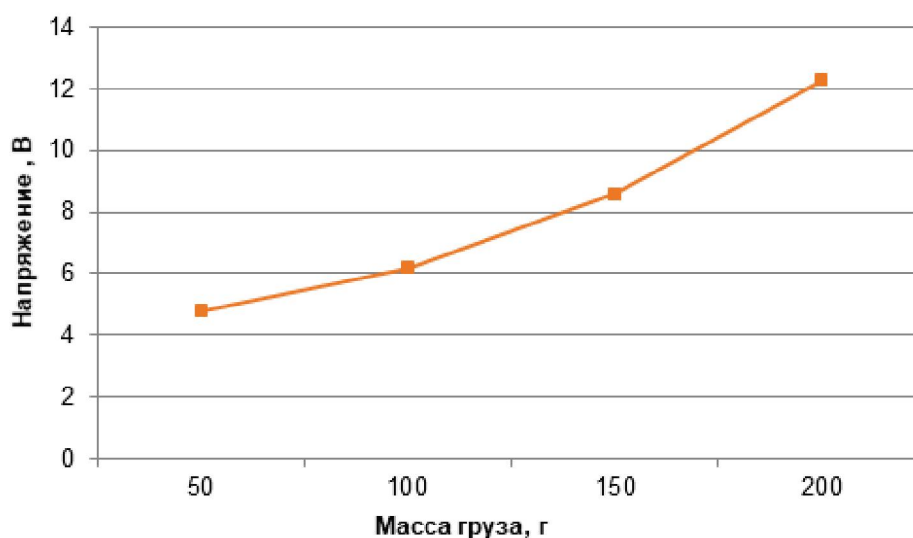


Рисунок 6 – Зависимость влияния напряжения, подаваемого на ЭМ катушки, на удерживающую способность груза

Figure 6 – Dependence of the influence of the voltage applied to the EM coils on the load holding capacity

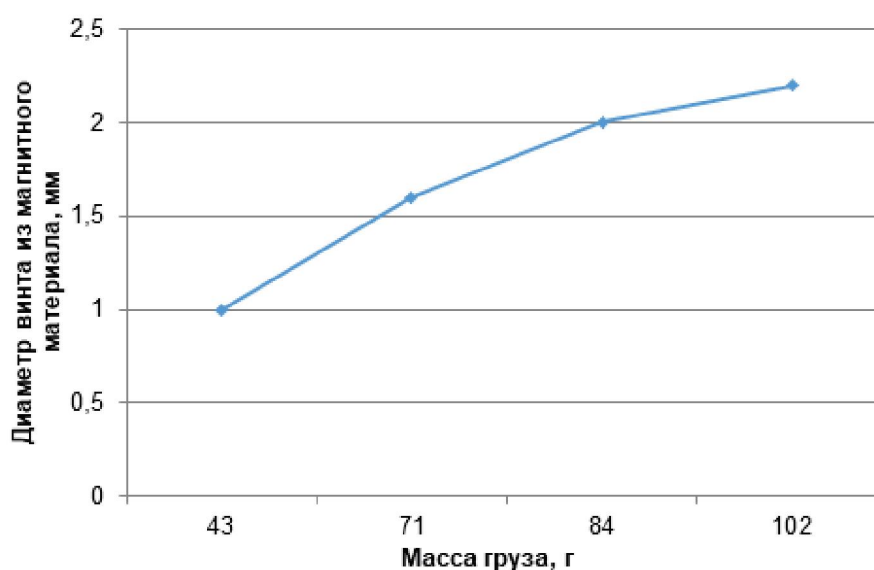


Рисунок 7 – Зависимость влияния диаметра винта из магнитного материала на удерживающую способность груза

Figure 7 – Dependence of the influence of the diameter of the screw made of magnetic material on the load holding capacity

в верхней части шарового клапана отключения доильных стаканов, который удерживается в верхней части купола с помощью магнитного диска. На клапан навешивался груз с постепенным увеличением массы до момента отрыва его от купола ($n = 5$ для каждого диаметра). Было выявлено, что при диаметре винта 1 мм отрыв груза произошел при массе 43 г, $\varnothing$ 1,6 мм – 71 г, $\varnothing$ 2 мм – 84 г, $\varnothing$ 2,2 – 102 г. Различия между всеми парами диаметров были статистически значимы (t -критерий Стьюдента, $p < 0,01$). С учетом массы клапана, которая составляет 80 г, для его удержания было

достаточно использование винта из магнитного материала $\varnothing$ 2 мм.

Заключение. В результате проведенных экспериментальных исследований были выявлены оптимальные параметры разработанной автоматизированной доильной установки почётвертного доения. Проведена проверка работоспособности узлов доильной системы на стенде: по исследованию влияния диаметра калиброванного отверстия на время истечения молока предлагается использовать калиброванные отверстия диаметром 1,25 мм; согласно исследованию влияния площа-

ди сечения обмоток ЭМ катушки на магнитодвижущую силу (Рмдс), необходимую для отрыва клапана, принята ЭМ катушка с площадью сечения обмоток 0,25 мм²; исследования влияния напряжения, подаваемого на ЭМ катушки, на удерживающую способность груза позволили выявить, что для безотказной работы клапана на открывание и закрывание достаточно напряжение 12 В; проведенные исследования влияния диаметра винта из магнитного материала на удерживающую способность груза показали, что для удержания клапана достаточно применение винта $\varnothing$ 2 мм. Использование разработанной автоматизированной доильной установки с элементами роботизации, обеспечивающей управление режимом доения по четвертям вымени, позволит повысить молочную продуктивность на 3...5 % и снизить заболеваемость вымени коров маститом на 25–30 %.

Список источников

1. Разработка и исследование многофункциональных доильных аппаратов на основе датчика почетвертного контроля интенсивности молоковыведения / П.А. Савиных [и др.] // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 2 (50). С. 4-10. DOI: 10.22314/27132064-2023-2-4. EDN: XTYMSH.
2. Рылов А.А., Савиных П.А., Шулятьев В.Н. Дифференцированный учет молока при доении в молокопровод // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 1. С. 68-75. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.1.68-75. EDN: ZAXWVF.
3. Обоснование параметров вакуум-откачных средств с пульсирующим активным потоком / И.Р. Нафиков [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1 (65). С. 67-72. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-67-72. EDN: MEVLİY.
4. Хисамов Р.Р., Загидуллин Л.Р., Садертдинова И.Т. Оценка и отбор коров по интенсивности процесса доения для системы роботизированного доения // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 252. № 4. С. 262-266. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_4_252_262. EDN: EUVZOZ.
5. Волоконно-оптический датчик жирности молока на основе фотолюминесцентной спектроскопии / А.В. Шкирин [и др.] // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки. 2024. № 1 (112). С. 93-103. DOI: 10.18698/1812-3368-2024-1-93-103. EDN: DTQUFX.
6. Хисамов Р.Р., Загидуллин Л.Р., Каюмов Р.Р. Оценка и отбор коров по выравненности удо-ев // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6 (183). С. 90-94. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-90-94. EDN: MTYFBG.
7. Моделирование влияния проточного устройства анализа качества молока на поток в доильной установке / Д.Ю. Павкин [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.
8. Кислякова Е.М., Исупова Ю.В., Кузнецова М.К. Влияние технологических условий на реализацию геномного прогноза молочной продуктивности // Нива Поволжья. 2023. № 3 (67). DOI: 10.36461/NP.2023.67.3.016. EDN: GXJCHA.
9. К вопросу разработки доильного аппарата выдавливающего типа / И.Н. Краснов [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. 2025. Т. 18. № 1 (69). С. 19-33. DOI: 10.55618/20756704_2025_18_1_19-33. EDN: RPJDUB.
10. Технология бесконтактной оценки физиологического состояния вымени для ранней диагностики заболеваний / С.С. Юрочка [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 83-89. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/83-89. EDN: XGIMFG.
11. Исследование неравномерного развития четвертей вымени животных / И.И. Кашапов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 3 (59). С. 84-87. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-84-87. EDN: IUUUBD.
12. Marzban A., Hayati A., Asoodar M.A. Evaluation of Performance and Cost of Hand and Mechanized Cow Milking Methods // Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences). 2018. No. 49 (1). Pp. 27-34. DOI: 10.22059/ijbse.2017.138776.664695.
13. Health in the rural environment: a postural evaluation of milking workers in Brazil / C. Caldas de Oliveira [et al.] // Journal Cahiers Agricultures. 2018. No. 27 (3). Pp. 35004. DOI: 10.1051/cagri/2018021.
14. Совершенствование аппарата для доения коров с различной степенью развития долей вымени / И.Н. Краснов [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. 2024. Т. 17. № 3 (67). С. 19-33. DOI: 10.55618/20756704_2024_17_3_19-33. EDN: PWNLXI.

15. Корреляция показателей молочной продуктивности у коров с разными генотипами каппа-казеина и диацилглицерол о-ацил-трансферазы / Р.Р. Шайдуллин [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 297-303. DOI: 10.21515/1999-1703-110-297-303. EDN: MHGYFI.

16. Модернизация доильной системы устройством экспресс-анализа качества молока / А.Р. Хакимов [и др.] // Аграрная наука. 2024. № 11. С. 145-149. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-145-149. EDN: SWCFVQ.

References

1. Savinykh P.A. [et al.] Razrabotka i issledovanie mnogofunktsional'nykh doil'nykh apparatov na osnove datchika pochetvertnogo kontrolya intensivnosti molokovyvedeniya [Development and research of multifunctional milking machines based on a quarter-by-quarter sensor for monitoring the intensity of milk flow]. *Machinery and technologies in livestock*. 2023; 2(50): 4-10. DOI: 10.22314/27132064-2023-2-4. EDN: XTYMSH. (In Russ).

2. Rylov A.A., Savinykh P.A., Shulyaev V.N. Differentsirovannyi uchet moloka pri doenii v molokoprovod [Differentiated milk accounting during milking into a milk pipeline]. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; 20(1): 68-75. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.1.68-75. EDN: ZAXWVF. (In Russ).

3. Nafikov I.R. [et al.] Obosnovanie parametrov vakuum-otkachnykh sredstv s pul'siruyushchim aktivnym potokom [Justification of the parameters of vacuum pumping devices with a pulsating active flow]. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2022; 17(1-65): 67-72. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-67-72. EDN: MEVLIY. (In Russ).

4. Khisamov R.R., Zagidullin L.R., Sadertdinova I.T. Otsenka i otbor korov po intensivnosti protsessa doeniya dlya sistemy robotizirovannogo doeniya [Evaluation and selection of cows based on milking intensity for a robotic milking system]. *Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2022; 252(4): 262-266. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_4_252_262. EDN: EUVZOZ. (In Russ).

5. Shkirin A.V. [et al.] Volokonno-opticheskie datchiki zhirnosti moloka na osnove fotoluminescentnoi spektroskopii [Fiber-optic milk fat sensor based on photoluminescence spectroscopy]. *Her-*

ald of the Bauman Moscow state technical university. Series Natural sciences. 2024; 1(112): 93-103. DOI: 10.18698/1812-3368-2024-1-93-103. EDN: DTQUFX. (In Russ).

6. Khisamov R.R., Zagidullin L.R., Kayumov R.R. Otsenka i otbor korov po vyvayennosti udov [Evaluation and selection of cows based on uniform milk yield]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2022; 6(183): 90-94. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-90-94. EDN: MTYFBG. (In Russ).

7. Pavkin D.Yu. [et al.] Modelirovanie vliyaniya protochnogo ustroystva analiza kachestva moloka na potok v doil'noi ustanovke [Modeling the impact of a flow-through milk quality analysis device on the flow in a milking installation]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023; 17(1): 70-75. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-1-70-75. EDN: QOUWDX. (In Russ).

8. Kislyakova E.M., Isupova Yu.V., Kuznetsova M.K. Vliyanie tekhnologicheskikh uslovii na realizatsiyu genomnogo prognoza molochnoi produktivnosti [The influence of technological conditions on the implementation of genomic forecasting of milk productivity]. *Volga Region Farmland*. 2023; 3(67). DOI: 10.36461/NP.2023.67.3.016. EDN: GXJCHA. (In Russ).

9. Krasnov I.N. [et al.] K voprosu razrabotki doil'nogo apparata vydavlivayushchego tipa [On the development of a squeeze-type milking machine]. *Don agrarian science bulletin*. 2025; 18(1-69): 19-33. DOI: 10.55618/20756704_2025_18_1_19-33. EDN: RPJDUB. (In Russ).

10. Yurochka S.S. [et al.] Tekhnologiya beskontaktnoi otsenki fiziologicheskogo sostoyaniya vymeni dlya rannei diagnostiki zabolevaniy [Technology for contactless assessment of the physiological state of the udder for early diagnosis of diseases]. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2023; (5): 83-89. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/83-89. EDN: XGIMFG. (In Russ).

11. Kashapov I.I. [et al.] Issledovanie neravnomernogo razvitiya chetvertei vymeni zhivotnykh [A study of uneven development of the quarters of the udder in animals]. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2020; 15(3-59): 84-87. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-84-87. EDN: IUUUBD. (In Russ).

12. Marzban A., Hayati A., Asoodar M.A. Evaluation of Performance and Cost of Hand and Mechanized Cow Milking Methods. *Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*. 2018; 49(1): 27-34. DOI: 10.22059/ijbse.2017.138776.664695.

13. Caldas de Oliveira C. [et al.] Health in the rural environment: a postural evaluation of milking

workers in Brazil. *Journal Cahiers Ag-ricultures*. 2018; 27(3): 35004. DOI: 10.1051/cagri/2018021.

14. Krasnov I.N. [et al.] Sovershenstvovanie apparata dlya doeniya korov s razlichnoi stepen'yu razvitiya dolei vymeni [Improving the apparatus for milking cows with different degrees of development of udder lobes]. *Don agrarian science bulletin*. 2024; 17(3-67): 19-33. DOI: 10.55618/20756704_2024_17_3_19-33. EDN: PWNLXI. (In Russ).

15. Shaidullin R.R. [etc.] Korrelyatsiya pokazatelei molochnoi produktivnosti u korov s raznymi genotipami kappa-kazeina i diatsilglitserol o-atsiltransferazy [Correlation of milk productivity indicators in cows with different genotypes of kappa-casein and diacylglycerol o-acyltransferase]. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024; (110): 297-303. DOI: 10.21515/1999-1703-110-297-303. EDN: MHGYFI. (In Russ).

16. Khakimov A.R. [et al.] Modernizatsiya doil'noi sistemy ustroistvom ehkspress-analiza kachestva moloka [Modernization of the milking system with a device for express analysis of milk quality]. *Agrarian science*. 2024; (11): 145-149. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-145-149. EDN: SWCFVQ. (In Russ).

ВКЛАД АВТОРОВ

Кашапов И.И. – сбор и анализ данных; идея исследования; обобщение результатов; написание основного текста статьи, итоговые выводы.

Зиганшин Б.Г. – научное руководство и координация работы; формулировка цели и задач исследования; редактирование финальной версии статьи.

Кирсанов В.В. – систематизация теоретической базы; концепция исследования; доработка текста.

Рылов А.А. – статистическая обработка данных; оформление графиков и рисунков; доработка текста.

Сабиров Б.М. – сбор и первичная обработка экспериментальных данных; доработка текста.

AUTHOR CONTRIBUTION

Kashapov, I.I. – data collection and analysis; research idea; generalization of results; writing the main text of the article, final conclusions.

Ziganshin, B.G. – scientific guidance and coordination of work; formulation of research goals and objectives; editing of the final version of the article.

Kirsanov, V.V. – systematization of the theoretical base; research concept; revision of the text.

Rylov, A.A. – statistical data processing; design of graphs and drawings; revision of the text.

Sabirov, B.M. – collection and primary processing of experimental data; revision of the text.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

There are no human or animal studies in the work.

Информация об авторах

И.И. Кашапов – AuthorID 652015.

Б.Г. Зиганшин – доктор технических наук; AuthorID 326952.

В.В. Кирсанов – доктор технических наук, профессор; AuthorID 342616.

А.А. Рылов – кандидат технических наук, доцент; AuthorID 727254.

Б.М. Сабиров – AuthorID 905332.

Information about the author

I.I. Kashapov – AuthorID 652015.

B.G. Ziganshin – Doctor of Technical Sciences; AuthorID 326952.

V.V. Kirsanov – Doctor of Technical Sciences, Professor; AuthorID 342616.

A.A. Rylov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 727254.

B.M. Sabirov – AuthorID 905332.

Статья поступила в редакцию 14.04.2026; одобрена после рецензирования 24.04.2026; принята к публикации 18.06.2026.

The article was submitted 14.04.2026; approved after reviewing 24.04.2026; accepted for publication 18.06.2026.