

Научная статья
УДК 637.116.5

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

¹Андрей Владимирович Волженцев, ¹Денис Игоревич Лихошерстов, ¹Юрий Алексеевич Кузнецов, ¹Наталья Александровна Березина, ²Игорь Николаевич Кравченко, ³Сергей Александрович Феськов

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина», Орел, Россия,

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия,

³ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Целью работы является разработка конструкции доильной установки и доильного стакана выжимающего принципа действия. Известные на данный момент доильные системы не в полной мере удовлетворяют физиологической особенности животных. Классические доильные аппараты приводят к травмированию мягких тканей вымени коровы. Это происходит за счет жесткой работы сосковой резины под вакуумом, повреждению кровеносных сосудов соска и как следствие последующим заболеваниям (мастит). Экспериментальные исследования проводились в научно-учебной лаборатории Орловского ГАУ. Программа включает проверку теоретических положений, определение длительности переходных фаз доения и проверку работоспособности усовершенствованного аппарата с пульсатором на основе линейного двигателя. Соотношение вакуума и давления в камерах доильного стакана регистрировали электронным измерительным прибором PulsoTest компании Westfalia Surge. Детали конструкции доильного аппарата изготовлены на 3D-принтере методом послойного наплавления: доильные стаканы – из пластика REC RELAX, сосковая резина – из эластичного материала REC Soft Flex с твердостью по Шору А70 и прочностью при растяжении 5,95 МПа. Полученная индикаторная диаграмма зафиксировала двухтактный рабочий цикл длительностью 0,621 с, состоящий из такта отжима продолжительностью 0,402 с и такта отдыха 0,219 с. Применение разработанного доильного аппарата способствовало росту молочной продуктивности коров на 6,7%, повышению производительности труда оператора в 1,2–1,3 раза за счет сокращения времени подготовительных операций, а также снижению заболеваемости вымени маститом на 14–17%.

Ключевые слова: доильный аппарат; доильный стакан; доильная установка; пульсатор; коллектор.

Для цитирования: Применение аддитивных технологий при изготовлении экспериментального доильного аппарата / А.В. Волженцев, Д.И. Лихошерстов, Ю.А. Кузнецов и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 59-64.

Original article

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURE OF AN EXPERIMENTAL MILKING DEVICE

¹Andrey V. Volzhentsev, ¹Denis I. Lihosherstov, ¹Yury A. Kuznetsov, ¹Natal'ya A. Berezina, ²Igor' N. Kravchenko, ³Sergei A. Fes'kov

¹Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia,

²Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia,

³Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The aim of this study is to develop a milking unit and a milking cup design based on the squeezing principle. Currently available milking systems do not fully address the physiological needs of cows. Traditional milking machines cause trauma to the soft tissues of the cow's udder. This occurs due to the harsh action of the liner under vacuum, damaging the blood vessels of the teat, and consequently leading to subsequent diseases (mastitis). Experimental studies were conducted in the research and educational laboratory of the Oryol State Agricultural University. The program included testing theoretical principles, determining the duration of transitional milking phases, and testing the performance of an improved unit with a pulsator based on a linear motor. The vacuum and pressure ratio in the milking cup chambers was recorded using a PulsoTest electronic measuring device from Westfalia Surge. The milking machine components were 3D printed using fused deposition molding (FDM): the teat cups are made of REC RELAX plastic, and the liner is made of REC Soft Flex, an elastic material with a Shore A70 hardness and a tensile strength of 5.95 MPa. The resulting indicator diagram recorded a two-stroke work cycle lasting 0.621 s, consisting of a

0.402-s extraction stroke and a 0.219-s resting stroke. The use of the developed milking machine contributed to a 6.7% increase in milk production in cows, a 1.2-1.3-fold increase in operator productivity due to a reduction in preparatory time and the elimination of machine milking, and a 14-17% decrease in the incidence of udder mastitis.

Keywords. *milking apparatus; teat cup; milking installation; pulsator; claw.*

For citation: *Application of Additive Technologies in the Manufacture of an Experimental Milking Machine / A.V. Volzhentsev, D.I. Likhoshesterov, Yu.A. Kuznetsov et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 5 (117). pp. 59–64.*

Введение. Анализ научных трудов, авторских свидетельств говорит о том, что над оптимальной конструкцией доильного аппарата выжимающего принципа работали много лет. Проектировались разнообразные конструкции таких доильных аппаратов. Однако, все разработанные доильные аппараты выжимающего принципа действия очень сложны в изготовлении, имеют громоздкую конструкцию и по этим причинам в настоящее время промышленностью не выпускаются [1, 2]. В результате проведенного исследования можно заключить, что одним из многообещающих направлений в разработке доильных аппаратов является использование волнообразного пережатия соска в конструкции, с минимальным вакуумом в подсосковой камере [3, 4]. Такой вакуум достаточен для надежного удержания доильного аппарата на вымени и эффективной транспортировки молока. Поэтому создание доильного аппарата нового поколения с отжимающим принципом действия является актуальным.

Цель работы. Целью работы является разработка конструкции доильной установки и доильного стакана выжимающего принципа действия.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в научно-учебной лаборатории кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» факультета «Агротехники и энергообеспечения» Орловского ГАУ.

Программой эксперимента предусматривалась проверка теоретических положений с целью определения длительности переходных фаз доения, а также проведения проверки работоспособности усовершенствованного доильного аппарата. В связи с этим определены следующие задачи экспериментальных исследований:

- получить осциллограммы изменения давления в межстенных камерах доильных стаканов усовершенствованного доильного аппарата;
- определить длительность переходных процессов в межстенных камерах доильных стаканов;
- проверить работоспособность усовершенствованного доильного аппарата с пульсатором на основе линейного двигателя [5, 6].

Доильный аппарат отжимающего действия можно оценить по следующим параметрам: длительность тактов отжима и отдыха, величина давления в камерах доильного стакана, частота пульсаций [7, 8].

Основным исполнительным органом в доильной установке является доильный аппарат. Он непосредственно воздействует на ткани вымени, влияет на активность процесса молокоотдачи и полноту выдаивания [9].

Разработанный доильный аппарат соответствует техническим и нормативным требованиям, что подтверждается расшифровкой индикаторных диаграмм давлений в камерах доильного стакана.

Соотношение давлений в камерах доильного стакана измерялось с помощью специализированного прибора Pulso Test Westfalia, информацию с которого передается и анализируется на ПК.



Рисунок 1 – Доильный аппарат выжимающего принципа действия
1 – электронный блок управления; 2 – доильный аппарат; 3 – молочный шланг; 4 – воздушный шланг

Собранный доильный аппарат представлен на рисунке 1 и состоит из доильного аппарата 2, молочного шланга 3, воздушного шланга 4, блока управления 1.

Результаты и их обсуждение. Разработка конструкции нового аппарата велась в направлении создания незначительного вакуума в подсосковой камере с целью транспортировки молока, а также определенного давления в межстенной камере стакана с целью недопущения травмы соска. На рисунке 2 приведена технологическая схема доильной системы с доильными аппаратами выжимающего принципа действия.

Технологическая схема доильного аппарата выжимающего принципа действия представлена на рисунке 3.

Пульсоколлектор лабораторного образца доильного аппарата выжимающего принципа представлен на рисунке 4.

Лабораторный образец стакана доильного аппарата выжимающего действия представлен на рисунке 5.

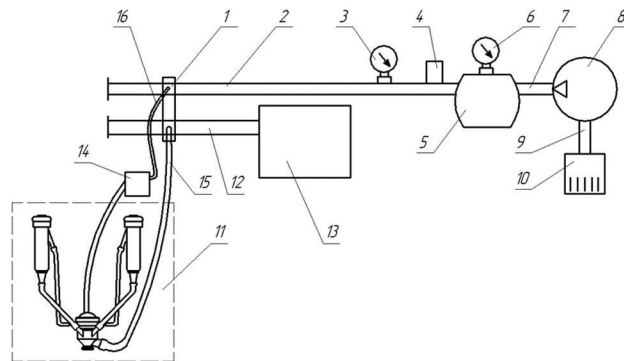


Рисунок 2 – Доильная установка с аппаратом выжимающего принципа действия

1 – соединительное устройство; 2 – магистральный трубопровод; 3, 6 – манометр; 4 – регулятор давления; 5 – ресивер; 7 – нагнетательный трубопровод; 8 – компрессор; 9 – всасывающий трубопровод; 10 – фильтр-воздухоприемник; 11 – доильный аппарат; 12 – молокопровод; 13 – молокосорбник; 14 – пульсатор; 15 – молочный шланг; 16 – воздушный шланг

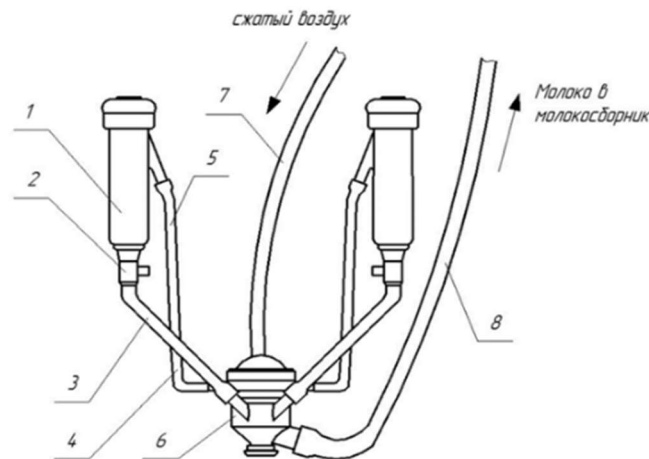


Рисунок 3 – Технологическая схема доильного аппарата выжимающего принципа действия

1 – доильный стакан (4 шт.); 2 – смотровая вставка (4 шт.); 3 – молочная трубка (4 шт.); 4 – воздушная трубка эжектора (4 шт.); 5 – воздушная трубка подключения (4 шт.); 6 – коллектор; 7 – воздушный шланг; 8 – молочный шланг

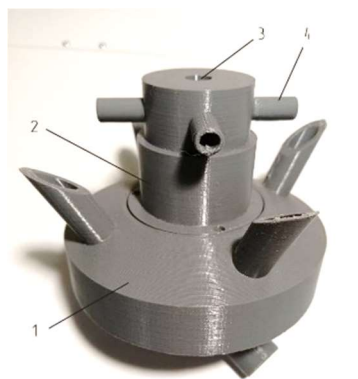


Рисунок 4 – Пульсоколлектор лабораторного образца доильного аппарата выжимающего принципа действия

1 – коллектор; 2 – пульсатор; 3 – атмосферный клапан; 4 – патрубки подсоединения воздушных шлангов

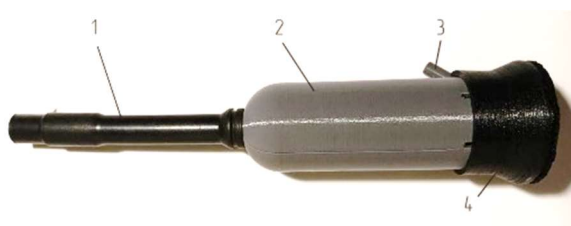


Рисунок 5 – Лабораторный образец стакана доильного аппарата выжимающего действия

1 – молочный шланг; 2 – доильный стакан; 3 – патрубок подключения воздушного шланга; 4 – сосковая резина

Детали конструкции доильного аппарата изготовлены методом послойного наплавления (FDM) на 3D принтере Vector X3. Доильные стаканы изготовлены из материала REC RELAX с диаметром нити 1,75 мм. Параметры печати: температура сопла – 230 °С, температура стола – 80 °С, обдув – 20%, диаметр сопла – 0,2 мм. Характеристики полученного изделия: плотность – 1,3 г/см³, температура эксплуатации – до +55 °С, температура размягчения – 80 °С.

Сосковая резина изготовлена из эластичного и износостойкого материала REC Soft Flex с диаметром нити филамента 1,75 мм. Параметры печати: температура сопла – 225 °С, температура стола – 60 °С, обдув – 35%, диаметр сопла – 0,2 мм. Характеристики полученного изделия: плотность – 1,16 г/см³, твердость по Шору – А70, прочность при растяжении вдоль слоев – 5,95 МПа.

Рабочий цикл экспериментального доильного аппарата представлен в виде индикаторной диаграммы по результатам измерений с помощью измерительного электронного прибора PulsoTest (рисунок 6). Данная диаграмма показывает в каждый данный момент давление воздуха в подсосковой и межстенной камерах доильного стакана.

На диаграмме отмечено время t , с, вакуум h , кПа, по осям абсцисс и ординат соответственно.

Нулевой вакуум на диаграмме проходит по оси абсцисс и равен атмосферному давлению. Вакуум в подсосковой камере h откладывался по оси ординат вниз, а в межстенной камере – вверх от нулевой линии.

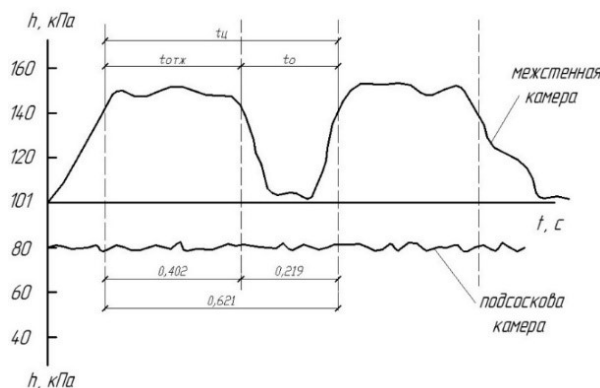


Рисунок 6 – Индикаторная диаграмма работы доильного аппарата выжимающего принципа действия

Рабочий цикл $t_{ц}$ состоит из тактов отжима $t_{отж}$ и отдыха $t_{о}$. Таким образом данный доильный аппарат является двухтактным с продолжительностью такта отжима 0,402 с и отдыха – 0,219 с, длительность цикла – 0,621 с.

Выводы.

1. Предлагаемый доильный аппарат стимулирует рефлекс молокоотдачи у коров. Рост молочной продуктивности коров составит 6,7%.
2. Сокращение времени подготовительных операций при доении экспериментальным доильным аппаратом, исключение потребности в машинном додое обеспечивают рост производительности труда оператора в 1,2... 1,3 раза.
3. Уровень заболеваемости вымени коров маститом при применении экспериментального доильного аппарата ниже на 14... 17%, чем при доении АДУ-1.

Список источников

1. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. Совершенствование доильных аппаратов непрерывного доения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 4. С. 84-93.
2. Бондарев С.Н. Совершенствование доильного аппарата изменением вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана // Агропанорама. 2023. № 2. С. 7-12.
3. Волженцев А.В., Лихошерстов Д.И. Совершенствование конструкции доильного аппарата // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (Орел, 03–04 декабря 2024 года). Орел: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2024. С. 249–255.
4. К вопросу разработки доильного аппарата выдавливающего типа / И.Н. Краснов, А.Ю. Краснова, В.В. Мирошникова и др. // Донской аграрный научный вестник. 2025. № 1 (69). С. 19-33.
5. Ужик В.Ф., Кокарев П.Ю. Выжимающий доильный аппарат для коров // Вестник ВНИИ механизации животноводства. 2024. № 1. С. 67-70.
6. Яшин А.В., Бадов В.Д. Результаты экспериментальных исследований в лабораторных условиях доильного аппарата с сосковыми трубками, обеспечивающими такт сжатия с выжиманием // Электронный научный журнал. 2025. №2.
7. Westfalia Surge. Прибор проверки для доильных установок PulsoTest Syncro 1.2.1: инструкция по эксплуатации. 2020. 50 с.
8. Чехунов О.А., Мартынов Е.А. Доильный аппарат с управляемым режимом // Вестник Белгородского ГАУ. 2020. № 2. С. 78-82.
9. Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н. Разработка адаптивного доильного аппарата с механическим пульсатором // Техника и оборудование для села. 2023. № 5. С. 21-25.
10. Курак А.С., Шалак М.В., Муравьева М.И. Повышение стимулирующей способности доильного аппарата // Животноводство и ветеринарная медицина. 2017 № 1. С. 17-20.

Информация об авторах:

А.В. Волженцев – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механизации технологических процессов в агропромышленном комплексе, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, a.voljentssev@yandex.ru.

Д.И. Лихошерстов – аспирант 1 года обучения кафедры механизации технологических процессов в агропромышленном комплексе, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ivan.ustimenko00@mail.ru.

Ю.А. Кузнецов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Н.А. Березина – доктор технических наук, проректор по цифровизации, научной и инновационной деятельности, профессор, профессор кафедры земледелия, селекции и растениеводства ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

И.Н. Кравченко – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева.

С.А. Феськов – кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

A.V. Volzhentsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, a.voljentssev@yandex.ru.

D. I. Lihosherstov – first-year PhD student, Department of Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, ivan.ustimenko00@mail.ru.

Yu.A. Kuznetsov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Reliability and Repair of Machines, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

N.A. Berezina – Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Digitalization, Research, and Innovation, Professor in the Department of Agriculture, Breeding, and Crop Production, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

I.N. Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Service of Machines and Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

S.A. Fes'kov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.09.2026, одобрена после рецензирования 28.09.2026, принята к публикации 13.10.2026.

The article was submitted 16.09.2026, approved after reviewing 28.09.2026; accepted for publication 13.10.2026.

© Волженцев А.В., Лихошерстов Д.И., Кузнецов Ю.А., Березина Н.А., Кравченко И.Н., Феськов С.А.