

## Список использованных источников

1. Казаровец, Н. В. Технично-экономическое обоснование применения автоматизированных систем доения (доильных роботов) в Республике Беларусь / Н. В. Казаровец, А. А. Тимошенко, А. А. Музыка // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: доклады Междунар. научно-практич. конф., Минск, 14–15 апреля 2011 г.: В 2 ч. Ч. 1. – Минск: БГАТУ, 2011. – С. 21–26.
2. Применение доильных роботов в регионе / Е. А. Скворцов [и др.] // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 1. – С. 249–260.
3. К 2023 году в мире объем рынка установленных доильных роботов вырастет до \$8 млрд [Электронный ресурс] // RoboNews. – Режим доступа: <https://robonews.su/20572-K-2023-godu-v-mire-ob-em-rynka-ustanovlennyh-doil-nyh-robotov-vyragastet-do-8-mlrd.html>. – Дата доступа: 18.10.2022.
4. Сравнительная оценка доильных установок [Электронный ресурс] // Библиотека по животноводству. – Режим доступа: <http://animalialib.ru/books/item/f00/s00/z0000041/st060.shtml> – Дата доступа: 18.10.2022.
5. Экономика сельского хозяйства : учебник для СПО / под ред. Н. Я. Коваленко. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 406 с. – (Серия : Профессиональное образование).

УДК 636.2:636.034:004

Поступила в редакцию 31.10.2022

Received 31.10.2022

**И. И. Гируцкий<sup>1</sup>, Ю. А. Ракевич<sup>1</sup>, В. К. Клыбик<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: gir\_50@mail.ru

<sup>2</sup> РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: labts@mail.ru

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЩАДЯЩЕГО ДОЕНИЯ КОРОВ И СРЕДСТВА ИХ ДИАГНОСТИКИ

*Аннотация.* В статье проведен анализ существующих режимов работы доильных аппаратов, их достоинств и недостатков. Рассмотрен пример совершенствования конструкции доильных аппаратов, работающих в режиме щадящего доения. Предложен один из наиболее перспективных методов физиологической оценки доильных аппаратов на основе тепловизионного контроля. Приведены экспериментальные исследования влияния доильного аппарата на состояние сосков вымени коров по термографическому снимку.

*Ключевые слова:* доильный аппарат, модернизация, диагностика, термографический снимок, температура, молочная железа, щадящее доение.

**I. I. Girutsky, Yu. A. Rakevich, V. K. Klybik**

<sup>1</sup> EI “Belarusian State Agrarian Technical University”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: gir\_50@mail.ru

<sup>2</sup> RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: labts@mail.ru

## IMPROVEMENT OF MILKING MACHINES FOR GENTLE MILKING OF COWS AND MEANS OF THEIR DIAGNOSTICS

*Abstract.* The article analyzes the existing operating modes of milking machines, their advantages and disadvantages. The issues of improving the design of milking machines operating in the gentle milking mode are considered. When choosing milking equipment, it is necessary to take into account the biological characteristics of the animals. One of the most promising methods of physiological assessment of milking machines is thermal imaging.

Experimental studies of the influence of the milking machine on the condition of the udder teats of cows according to a thermographic image are given.

*Keywords:* milking machine, modernization, diagnostics, thermographic image, temperature, mammary gland, gentle milking.

## Введение

Задача модернизации и диагностики доильного оборудования является одной из первоочередных в животноводстве республики. Дальнейшее развитие технологии доения коров должно идти по пути освоения производства оборудования нового поколения и его компонентов, одним из важных элементов которого является доильный аппарат. Совершенствование конструкции доильного аппарата является одним из направлений в решении важной народнохозяйственной задачи – сохранении продуктивного долголетия коров.

В настоящее время на молочно-товарных фермах используется большое многообразие доильных аппаратов как импортного, так и отечественного производства, а их влияние на соски вымени животного до сих пор не исследовано. При этом отдать предпочтение тому или иному доильному аппарату без тщательной оценки довольно трудно.

## Основная часть

Доильные аппараты по принципу работы делятся на аппараты непрерывного отсоса, двухтактные, трехтактные, четырехтактные [1, 2].

В двухтактных доильных аппаратах используются такт сосания и такт сжатия, в трехтактных – сосания, сжатия и отдыха, в четырехтактных – сжатие, сосание, сжатие, отдых. По характеру силы, используемой для извлечения молока, доильные аппараты подразделяются на отсасывающие, выжимающие, выжимающе-отсасывающие. По приводу исполнительного органа они делятся на аппараты почетвертного, попарного и синхронного действия. По режиму работы доильные аппараты бывают с постоянными и регулируемыми параметрами.

Хоть двухтактные доильные аппараты и нашли широкое распространение, им присущи серьезные недостатки. Во время работы есть вероятность возникновения опасности быстрого опорожнения молочной цистерны и распространения вакуума на внутреннюю область соска и в полость вымени, что может послужить причиной воспалительных явлений (мастит). В конце доения стаканы нередко наползают на вымя, в результате чего соски втягиваются глубоко внутрь, и тем самым ухудшаются условия как извлечения последних порций молока, так и восстановления нормального кровообращения в сосках. Такие аппараты требуют более высокой классификации операторов машинного доения и строгого соблюдения правил машинного доения.

Трехтактный режим работы в большей степени отвечает физиологическим особенностям животного, нежели двухтактный: наличие такта отдыха способствует нормальному кровообращению в сосках и вымени коровы и притоку молока из вышерасположенных частей емкостной системы вымени; доильные стаканы к концу доения почти не наползают на основание сосков; незначительная передержка доильных стаканов на сосках вымени коровы не причиняет заметного вреда животному.

Несмотря на положительные стороны, трехтактные доильные аппараты имеют серьезные недостатки, среди которых: увеличение времени доения из-за меньшей скорости выдаивания (по сравнению с двухтактными доильными аппаратами); возможное загрязнение молока из-за подсоса воздуха под соски в такте отдыха; увеличение расхода энергии из-за дополнительного расхода воздуха. При работе трехтактных аппаратов наблюдается «мокрое» доение, т.е. обмывание сосков молоком, что может спровоцировать возникновение мастита у коров.

Эффективность производства в молочном животноводстве за последние годы значительно возросла. Достижения в области разработки доильных технологий сократили затраты труда, но в меньшей степени были ориентированы на улучшение здоровья вымени коров. Дальнейшее совершенствование техники доения должно способствовать улучшению благополучия животных, основой которого является создание физиологически щадящего процесса машинного доения.

Основным направлением для увеличения продолжительности хозяйственного использования коров является щадящий режим доения, который позволит сохранить здоровье и благополучие животных [3–5]

По данным ISO 5707 вакуумметрическое давление должно быть в пределах от 32 до 42 кПа для обеспечения быстрого, полного и щадящего доения. Такой диапазон вакуумного давления обеспечивает адекватное движение сосковой резины и необходимое давление на сосок, но не позволяет решить проблему наползания доильных стаканов на соски вымени [6, 7]. От этого сообщение соска с выменем нарушается и доение прерывается преждевременно, что обуславливает нечистое выдаивание коров. В связи с этим наиболее трудная и важная практическая задача заключается в устранении наползания доильных стаканов, так как из-за этого нарушается процесс доения, возрастает трудоемкость и снижается продуктивность животных [8].

В качестве аппарата для щадящего режима доения предлагается прототип, запатентованный в Германии (DE 102012103560), целью которого является обеспечить режим щадящего доения с отдельно регулируемыми функциями доения и удержания. Доильный стакан имеет кольцевые уплотнения с двумя надувными камерами, куда подается сжатый воздух (рис. 1) [9].



Рис. 1. Доильный стакан с надувными кольцами

Надувные кольца, установленные в доильном стакане, прижимают сосок при подаче сжатого воздуха, обеспечивая тем самым удержание доильного стакана на соске. В результате функция удержания значительно улучшается, когда вакуум уменьшается или выключается. Новый доильный стакан идеально подходит для систем индивидуального доения для каждой четверти вымени в отдельности, позволяет устранить такой недостаток, как наползание доильного стакана.

В настоящее время для щадящего режима доения на рынке есть несколько доильных аппаратов. Это модели AktivPuls, Bovi 60/B60, Swiftflo, Uniflow 3 flex, IQ (Individual Quarter) (табл. 1).

Таблица 1. Модели зарубежных доильных аппаратов, работающих в режиме щадящего доения

Производитель	System Happel	Boventis	Dairymaster	SAC	GEA-Farm Technologies
Модель	AktivPuls	Bovi 60/B60	Swiftflo	Uniflow 3 flex	IQ (Individual Quarter)
Вакуумметрическое давление, кПа	37-45	25-35	12-42	36-46	36-42





При выборе доильного оборудования необходимо учитывать не только технические параметры, но и биологические характеристики животных. В частности, при оценке доильной техники приходится учитывать в первую очередь интенсивность и полноту рефлекса молокоотдачи и другие физиологические параметры.

Одним из наиболее перспективных в настоящее время методов физиологической оценки доильных аппаратов является тепловизионный контроль. Данный метод позволяет определить физи-

ологические показатели животного до и после доения, а также дать оценку изменения этих показателей. При помощи тепловизора у исследуемого животного дистанционно измеряют и фиксируют температурные поля контрольных точек на вымени и сосках до и после доения, а оценку работы доильного аппарата осуществляют путем сравнения полученных цифровых данных. Причем измерения температуры проводят с точностью до 0,02°С [10–12].

В молочном животноводстве тепловизионный метод на основе ИРТ-камер можно использовать как диагностический инструмент для оценки состояния здоровья вымени коров (табл. 2).

*Таблица 2. Модели ИРТ-камер, используемые в различных исследованиях для оценки состояния здоровья вымени коров*

Название ИРТ камеры	Применение	Вид
FLIR Inframetrics 600/740/760	Используется для измерения суточной вариации молочных коров по отношению к маститу	
ThermaCam545	Используется для определения изменений температуры сосков при машинном доении	
ThermaCamP25	Используется для раннего выявления мастита у молочных коров	
IRI 4010	Используется для определения кишечной внутримышечной инфузии кишечной палочки в поздней лактации	

Перспективность данного направления подтверждается активным развитием оптико-электронных методов и средств, которым свойственны многофункциональность и бесконтактность, что является очень важным при контроле состояния биологического объекта, каким является дойная корова. Причем состояние доильного оборудования, образующего вместе с дойной коровой биотехническую систему, важно определять по степени его воздействия на биологический объект – дойную корову [13–15].

Для апробации данного метода на молочно-товарной ферме было проведено экспериментальное исследование: дистанционно измеряли и фиксировали 12 контрольных точек в области основания, середины и верхушки сосков, для каждой четверти вымени в отдельности до надевания доильных стаканов и после доения (рис. 2) [16].

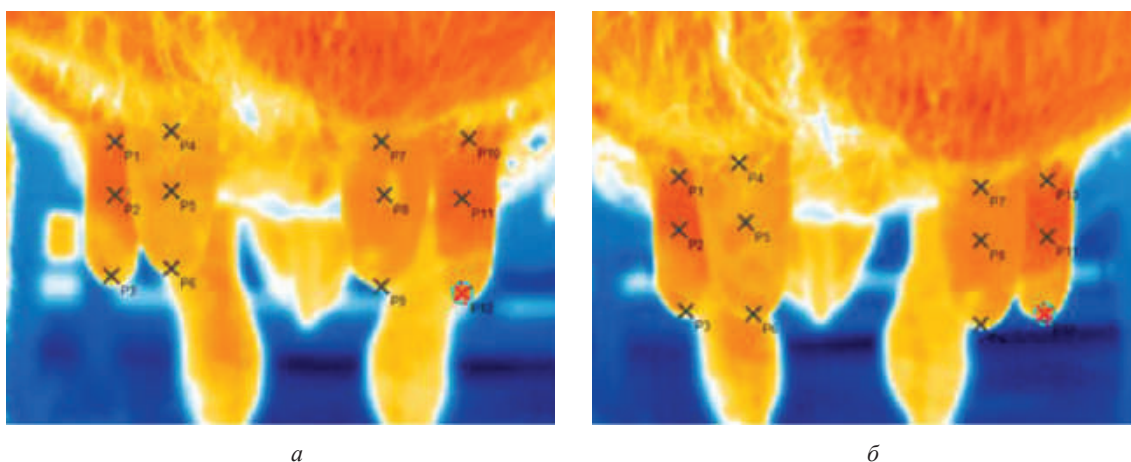


Рис. 2. Термографические снимки вымени сосков: *а* – до надевания доильных стаканов; *б* – после доения

Полученные термографические снимки коров были проанализированы с помощью программного обеспечения тепловизора, были обработаны показатели температур и в результате построен график показателей температур до надевания доильных стаканов и после доения (рис. 3).

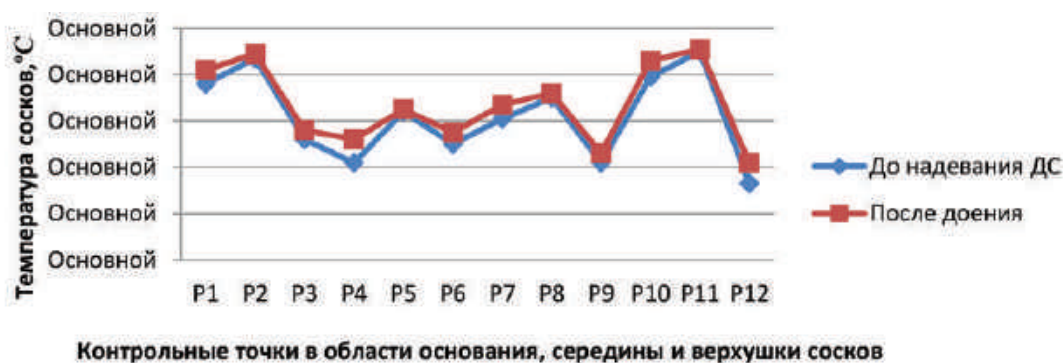


Рис. 3. График показателей температуры до надевания доильных стаканов и после доения в 12 контрольных точках: в области основания – P1, P4, P7, P10; середины – P2, P5, P8, P11; верхушки сосков – P3, P6, P9, P12

На графике видно, что увеличение температуры наблюдалось в области основания и на верхушке сосков. Увеличение температуры поверхности сосков после доения обусловлено механическим воздействием доильного аппарата, что приводит к изменению кровообращения. Чем более щадящий доильный аппарат и лучшее соблюдение технологии машинного доения, тем меньше происходит нарушение кровообращения в соске, что проявляется уменьшением температуры в конце доения [17–20].

### Заключение

Анализ существующих доильных аппаратов показал, что несовершенство конструкции аппаратов снижает продуктивность коров, качество молока. Создание безвредной для здоровья животного доильной машины, обеспечивающей критерии физиологически щадящего процесса машинного доения путем полного извлечения молока из вымени без проведения машинного додаивания и защищающей вымя от вредного воздействия вакуума после окончания доения, является актуальной задачей.

Полученные экспериментальные результаты при использовании метода тепловизионного контроля свидетельствуют о том, что показатели температуры сосков вымени коров во время доения, до и после на термографических снимках позволяют дать оценку влияния доильного аппарата на молочную железу, а соски вымени могут быть использованы как индикаторы качества работы доильных аппаратов.

## Список использованных источников

1. Ракевич, Ю. А. Анализ конструкций доильных аппаратов / Ю. А. Ракевич // Научный поиск молодежи XXI века: сб. науч. ст.: в 3 ч., Ч.1: материалы XVII Международной научной конференции студентов и магистрантов, Горки, 22–24 ноября 2016 г. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 371–374.
2. Романович, А. А. Анализ доильных стаканов / А. А. Романович, Ю. А. Ракевич // Инновационная деятельность в модернизации АПК : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 7–9 декабря 2016 г., ч. 1 –Курск: Изд-во Курск.гос.с.-х.ак.,2017. – С. 330–333.
3. Китиков, В. О. Научные основы создания технологического оборудования и физиологически щадящего процесса машинного доения коров: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / В. О. Китиков ; Белорус. гос. аграр. техн. ун-т, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2015. – 45 с.
4. Китиков, В. О. Модернизация процесса машинного доения коров / В. О. Китиков, А. Н. Леонов // Вестн. Всерос. науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2016. – № 3 (23). – С. 171–177.
5. Трубников В. В. Сравнительная оценка современных доильных аппаратов: дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01 / В. В. Трубников. – Оренбург, 2011. – С. 90–113.
6. Ракевич, Ю. А. Выбор оптимального вакуумметрического давления для доения коров / Ю. А. Ракевич, В. И. Передня // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21–23 ноября 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 465–468.
7. Ракевич, Ю. А. Динамика изменения вакуума во время доения коров / Ю. А. Ракевич, В. И. Передня // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21–23 ноября 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 462–465.
8. Романович, А. А. Применение механических фиксаторов для предотвращения наползания доильных стаканов / А. А. Романович, Ю. А. Ракевич // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь : збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції, Житомир, 29–30 березня 2017 р. – Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2017. – С. 146–149.
9. Гируцкий, И. И. Перспективы развития средств механизации и автоматизации доильного оборудования / И. И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю. А. Ракевич // Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока: материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2018. – С. 91–96.
10. Ракецкий, П. П. Обоснование методов физиологических и биологических исследований по оценке параметров работы доильного аппарата / П. П. Ракецкий, И. Н. Казаровец, В. В. Захаров // Агропанорама. – 2017. – № 1. – С. 13–15
11. Жилич, Е. Л. Применение метода термографии для идентификации заболевания молочной железы коров / Е. Л. Жилич, Ю. Н. Рогальская, Д. Н. Колоско // Вестник ВНИИМЖ. – 2022. – № 2 (46). – С. 108–112.
12. Термография как метод биометрической идентификации / Д. И. Комлач [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посв. 100-летию со дня рождения М. М. Севернева, Минск, 21–22 окт. 2021 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2021. – С. 3–5.
13. Гируцкий, И. И. Экспериментальные исследования термографического метода диагностики мастита дойных коров / И. И. Гируцкий, Ю. А. Ракевич, А. Г. Сеньков // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2020. – Вып. 54. – С.204–211.
14. Гируцкий, И. И. Обоснование применения термографического метода диагностики мастита дойных коров в компьютеризированной системе управления стадом / И. И. Гируцкий, Ю. А. Ракевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Науч.-практ. Центр Нац. акад. Наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2020. – Вып. – 54. – С.226–231.
15. Ракевич, Ю. А. Использование инфракрасной термографии для выявления мастита коров / Ю. А. Ракевич // Агропанорама. – 2020. – № 5. – С. 19–22.
16. Гируцкий, И. И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И. И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю. А. Ракевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 9–12.
17. Липчинская, А. К. Роль патологии сосков молочной железы в развитии маститов у коров при машинном доении: дис. ... канд. тех. наук : 06.02.06 / А. К. Липчинская. – Екатеринбург, 2010. – С. 64–115.
18. Механизированная установка для бесконтактной тепловизионной видеоцифровой диагностики заболеваний животных: пат. RU 2668674 / В. Е. Любимов, Ю. А. Цой, А. Ю. Измайлов, Л. Д. Сагинов, В. В. Кирсанов, С. А. Соловьев. – Оpubл. 02.10.2018.
19. Hirutski, I. Selection of the information parameter for the thermography method of diagnostics of dairy cows mastitis / I. I. Hirutski, Y. A. Rakevich, A. G. Stankov // Mechanization in agriculture & conserving of the resources: – Bulgaria, 2021 – P. 14–18.
20. Hirutski, I. Selection of the information parameter for the thermography method of diagnostics of dairy cows mastitis / I. I. Hirutski, Y. A. Rakevich, A. G. Stankov // IX International scientific congress: Agricultural machinery 2021, Varna, Bulgaria, 23–23 June 2021. – Bulgaria, 2021 – P. 48–52.