



ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 636.034

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-4-4-9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВЫМЕНИ КОРОВ МАСТИТОМ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ , *д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом*
kirvv2014@mail.ru 

ПАВКИН ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ, *канд. техн. наук, заведующий лабораторией*
dimqaqa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

ДОВЛАТОВ ИГОРЬ МАМЕДЯРЕВИЧ, *канд. техн. наук, научный сотрудник*
dovlatovim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

ЮРОЧКА СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, *младший научный сотрудник*
yurochkasr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

ХАКИМОВ АРТЕМ РУСТАМОВИЧ, *аспирант, младший научный сотрудник*
arty.hv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

Аннотация. Мастит – одно из наиболее распространенных заболеваний дойных коров, влияющее на состояние здоровья вымени, количество и качество получаемого молока. Раннее обнаружение заболевания позволяет снизить затраты на лечение, сохранить здоровье и молочную продуктивность животных. С целью диагностики субклинических и клинических форм мастита и изучения их влияния на продуктивность проведено исследование температуры поверхности вымени у здоровых и больных животных. В исследованиях задействовано около 200 дойных чистопородных коров ярославской породы, среди которых были подобраны пары-аналоги в соответствии с требованиями ОСТ 70.20.2-80 «Установки доильные для коров, Программа и методы испытаний». Одно животное из пары находилось в опытной группе, а другое – в контрольной. Продуктивность животных в парах не различалась более чем на $\pm 5\%$ (в здоровом состоянии). Животные в исследуемых группах находились на третьем-четвертом месяцах лактации. Оценка продуктивности животных осуществлялась один раз в месяц путем проведения контрольных доек. Тепловизионные исследования проводились в условиях действующей молочно-товарной фермы с помощью тепловизора Guide C400M, работающего в ИК-диапазоне с разрешением изображения 384×288 . В результате исследований проанализированы термограммы температуры поверхности вымени у заболевших животных и их здоровых аналогов и выявлены следующие диапазоны температуры вымени: $32...35^\circ\text{C}$ – у здоровых животных с отрицательным тестом на мастит; $36...37^\circ\text{C}$ – у животных с субклинической формой мастита; $38...39^\circ\text{C}$ – у животных с клинической формой мастита. Для больных животных крайне высокая зависимость между критическим повышением температуры поверхности вымени и удоями подтверждена линейным коэффициентом корреляции Пирсона. Сделан вывод о том, что применение инфракрасной термографии для определения пороговых значений температуры вымени является быстрым и неинвазивным способом получения достоверной информации о состоянии здоровья и продуктивности животного.

Ключевые слова: молочное животноводство, мастит, инфракрасная термография, доение, контролируемые параметры.



Формат цитирования: Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Юрочка С.С., Хакимов А.Р. Определение методом инфракрасной термографии заболеваний вымени коров маститом и их влияния на продуктивность // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 4. С. 4-9. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-4-9>.

© Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Юрочка С.С., Хакимов А.Р., 2022



ORIGINAL PAPER

USING INFRARED THERMOGRAPHY TO DETERMINE UDDER MASTITIS AND ITS INFLUENCE ON COW PRODUCTIVITY

VLADIMIR V. KIRSANOV , *DSc (Eng), Professor, Head of Department*
kirvv2014@mail.ru 

DMITRIY YU. PAVKIN, *PhD (Eng), Head of Laboratory*
dimqaqa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

IGOR M. DOVLATOV, PhD (Eng), Research Engineer

dovlatovim@mail.ru

SERGEY S. YUROCHKA, Junior Research Engineer

yurochkasr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

ARTEM R. KHAKIMOV, postgraduate student

arty.hv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 5, 1st Institutskiy Proezd Str., Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract. Mastitis is one of the most common diseases of dairy cows, affecting the udder health, the quantity and quality of milk produced. Early detection of the disease can reduce the cost of treatment, maintain the health and milk production of animals. To diagnose subclinical and clinical forms of mastitis and study their effect on productivity, the authors monitored the udder surface temperature in healthy and sick animals. The research involved about 200 milking purebred cows of the Yaroslavl breed, among which pairs-analogues were selected in accordance with the requirements of OST 70.20.2-80 "Milking installations for cows. Program and test methods". One animal from the pair was in the experimental group, and the other was in the control group. The productivity of animals in pairs did not differ by more than + 5% (in a healthy state). Animals in the studied groups were in the third or fourth month of lactation. Animal productivity was assessed once a month by conducting control milkings. Thermal imaging studies were carried out on a working dairy farm using a Guide C400M thermal imager operating in the infrared range with an image resolution of 384×288 . As a result of the studies, thermograms of the udder surface temperature in diseased animals and their healthy counterparts were analyzed and the following udder temperature ranges were identified: $32...35^{\circ}\text{C}$ – in healthy animals with a negative test for mastitis; $36...37^{\circ}\text{C}$ – in animals with a subclinical form of mastitis; $38...39^{\circ}\text{C}$ – in animals with a clinical form of mastitis. For sick animals, the extremely high relationship between the critical increase in udder surface temperature and milk yields was confirmed by the linear Pearson correlation coefficient. The conclusion was made that the use of infrared thermography to determine the temperature thresholds of the udder is a fast and non-invasive way to obtain reliable information about an animal's health and productivity.

Key words: dairy farming, mastitis, infrared thermography, milking, controlled parameters.

For citation: Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Khakimov A.R. Using infrared thermography to determine udder mastitis and its influence on cow productivity. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022; 24(4): 4-9. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-4-9>.

Введение. Повышение уровня автоматизации и интеллектуализации молочного животноводства предполагает создание соответствующих технологий и аппаратно-программных средств контроля физиологического состояния животных [1-3]. Мастит является одним из наиболее распространенных заболеваний, влияющих на состояние здоровья вымени, количество и качество получаемого молока. Раннее обнаружение заболевания позволяет обеспечить снижение затрат на лечение, сохранить здоровье и молочную продуктивность животных [4]. Наряду с тепловым стрессом и физическим воздействием мастит приводит к повышению температуры вымени [5-7], которое следует отличать от обычных колебаний температуры в связи с изменением биоритмов животного, опорожнением вымени при машинном доении, а также возможными суточными и сезонными изменениями температуры воздуха в помещении [8-10].

Оптические дистанционные методы могут повысить качество диагностики продуктивных органов животного и обеспечить более рациональное и эффективное применение лекарственных препаратов [11]. При этом важно оценить степень поражения контролируемого органа для постановки точного диагноза и назначения соответствующих процедур лечения [12]. Традиционные методы диагностики и лечения мастита у коров достаточно трудоемки, предполагают отбор проб молока из соответствующих четвертей вымени и проведение их лабораторного анализа.

Измерение температуры локальных участков вымени с помощью спектрального оборудования является быстрым автоматизированным и эффективным способом для диагностирования физиологического состояния животных [13].

Применение инфракрасной термографии для определения пороговых значений температуры вымени является

быстрым и неинвазивным способом получения достоверной информации о состоянии здоровья и продуктивности животного [14].

Цель исследований: анализ температуры поверхности вымени здоровых и больных животных для диагностики субклинических и клинических форм мастита и их влияния на продуктивность (удой).

Материалы и методы. Тепловизионные исследования проводили в условиях действующей молочно-товарной фермы с помощью тепловизора Guide C400M, работающего в ИК-диапазоне с разрешением изображения 384×288 . Диапазон измерения тепловизором составлял $20...60^{\circ}\text{C}$, погрешность измерения в диапазоне температур – $32...38^{\circ}\text{C} \leq \pm 0,4^{\circ}\text{C}$. Коэффициент излучения как заводская настройка прибора, применяющегося при исследовании биологических объектов, составлял 0,98.

Исследования проводились в ноябре 2021 г., было задействовано около 200 дойных коров ярославской породы на ферме с общим поголовьем 560 фуражных коров. Ферма расположена в Ярославской области. Использовались чистопородные животные (кровность – от 75% и выше). Вымя – преимущественно чашеобразное с нормально расположенными сосками. Заболеваемость маститом животных составляла порядка 7%.

Животные содержались в одном помещении при одинаковых условиях. Способ содержания – привязный. Кормление производится с кормового стола, смешанным рационом в соответствии со стадией лактации. Температура воды для поения составляла 14°C .

Выгул животных производится один раз в сутки, с 12 до 16 ч, на выгульном дворе. В это время производятся полное проветривание и уборка помещения, смена подстилки,

замена воды в поилках. Утром, с 3:00 до 5:00, проводились проветривание помещения и уборка. Утренняя дойка проводилась с 5:00 до 8:00 утра, вечерняя дойка – с 17:00 до 19:00.

Ежедневно, два раза в сутки, за 1 ч до проведения доения и в момент проведения исследований, оценивалось состояние микроклимата в помещении. Установлено, что концентрация газовой среды была в норме и соответствовала «Ветеринарным правилам содержания рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации», утвержденным приказом Минсельхоза России от 21 октября 2020 г. № 622. Посредством газового анализатора Геолан-1П оценивалась концентрация вредных газов в воздухе (аммиак – до 20 мг/м³, углекислый газ – до 0,25%). С помощью прибора Тесто 400 и соответствующих зондов на расстоянии 0,5 м от коров оценивалась скорость движения воздуха. Скорость движения воздуха около коровы не превышала 1 м/с. Во время исследований температура внутри коровника колебалась в пределах от 2 до 6°С. Освещенность составляла 50...75 лк.

Исследуемые животные были подобраны парами-аналогами в соответствии с требованиями ОСТ 70.20.2-80

«Установки доильные для коров, Программа и методы испытаний». При этом одно животное из пары находилось в опытной группе, а другое – в контрольной. Продуктивность животных в парах не различалась более чем на ±5% (в здоровом состоянии).

Ранее исследуемые животные не имели заболеваний маститом и других заболеваний, которые могли повлиять на изменение продуктивности. Животные в исследуемых группах находились на третьем-четвертом месяцах лактации. Оценка продуктивности животных осуществлялась один раз в месяц путем проведения контрольных доек.

Доение исследуемых коров производилось в доильные ведра (рис. 1). Для каждой группы коров использовалось отдельное ведро. Были соблюдены все правила машинного доения – такие, как очистка вымени, массаж, сдавливание первых струй и др. [15]. Вакуумметрическое давление в молокопроводе составляло 47 ± 1 кПа. Во время доения ведро было установлено на автоматических весах. Доение двух групп проводилось двумя доярками в течение 3 ч, кратность доения – 2 раза в сутки.



Рис. 1. Проведение натурального исследования на ферме ФГУП «Григорьевское» в ноябре 2021 г.
Fig. 1. Conducting a field study on the FSUE Grigorievskoe farm in November 2021

Практический опыт показал наличие заболеваемости маститом разной степени тяжести у 5...7% животных в течение 30 дней. В этот период был диагностирован мастит у 12 животных. В пары им были поставлены 12 здоровых животных с аналогичным удоем, который имел место у больных животных до их заболевания (разница среднего разового удоя не превышала 5%).

Отбор проб молока, анализ проб молока и определение состояния здоровья вымени. За 4 дня до проведения исследования проводилась оценка всего стада на наличие заболевания маститом путем оценки проб молока из каждой железы тестом Димастин. Субклинический мастит был диагностирован в случае ненормального цвета, вязкости или консистенции молока из одной или нескольких желез, не характерных для здорового животного, и сопутствующих признаков: жара, боли, покраснения или без них. С вымени исследуемых животных производилось постоянное удаление волос, которые могли повлиять на измерение.

По вышеописанным требованиям была сформирована опытная группа из заболевших коров, имеющих субклиническую стадию мастита.

Сбор термографических изображений. Процесс получения массива данных по вымени с использованием инфракрасной камеры Guide S400M представлен на рисунке 2. Перед получением изображения производились калибровка

тепловизора и сравнение полученного снимка с эталоном. В качестве эталона выступал участок на шее исследователя с температурой 36,7 ± 0,2°С.

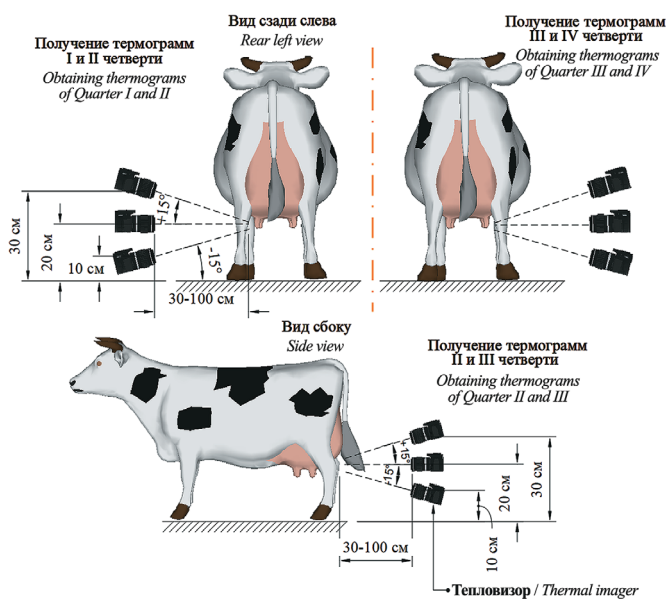


Рис. 2. Процесс получения термограмм вымени
Fig. 2. Obtaining thermograms of the udder

Съемка вымени производилась с трех ракурсов. Каждая железа вымени была сфотографирована не менее трех раз для исключения некачественного снимка. Каждый ракурс имеет диапазон расстояния и диапазон угла наклона (рис. 2). В зависимости от строения вымени, положения коровы в стойле специалист располагает тепловизор на расстоянии 0,3...1,0 м от вымени и сосков животного и под углом от -15 до +15°. Выбор расстояния и угла наклона тепловизора основывается на характеристиках его камеры, физиологических размерах и неравномерности развития отдельных четвертей вымени с учетом их одновременной доступности [16]. Термографические изображения были получены перед началом и после окончания доения.

Обработка полученных изображений производилась ручным способом с внутреннего программного обеспечения трехмерной камеры. На снимке автоматически определялась самая горячая точка вымени, вручную дополнительно определялась температура пяти точек.

Результаты и их обсуждение. В соответствии с разработанной методикой были собраны термограммы температур поверхности вымени, заболевших животных и их аналогов – здоровых животных (рис. 3).

Подбор контрольной группы осуществлялся сопоставлением разовых удоев с опытной группой (рис. 4).

Изменение разовых удоев в зависимости от средней температуры поверхности вымени представлено на рисунке 5. График строился по массиву, собранному с 200 гол. животных.

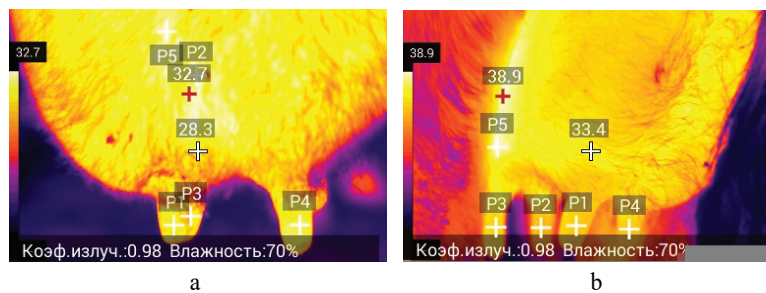


Рис. 3. Термограмма вымени здорового животного (а) и животного с субклиническим маститом (б)
Fig. 3. Thermogram of the udder of a healthy animal (a) and an animal with subclinical mastitis (b)

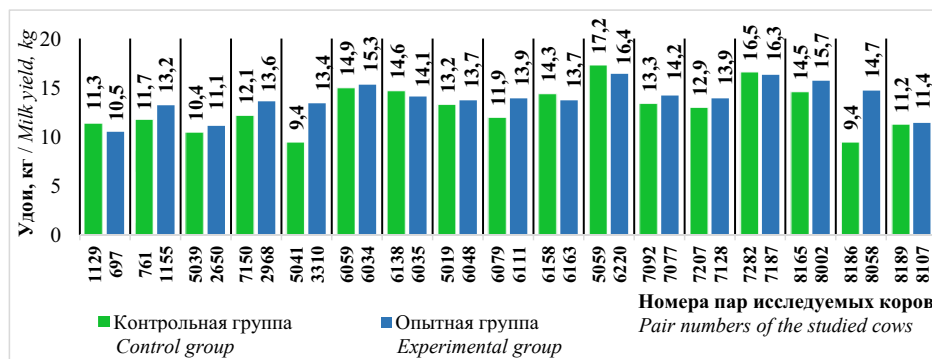


Рис. 4. Удой исследуемых коров в здоровом состоянии
Fig. 4. Milk yields of the studied cows in a healthy condition

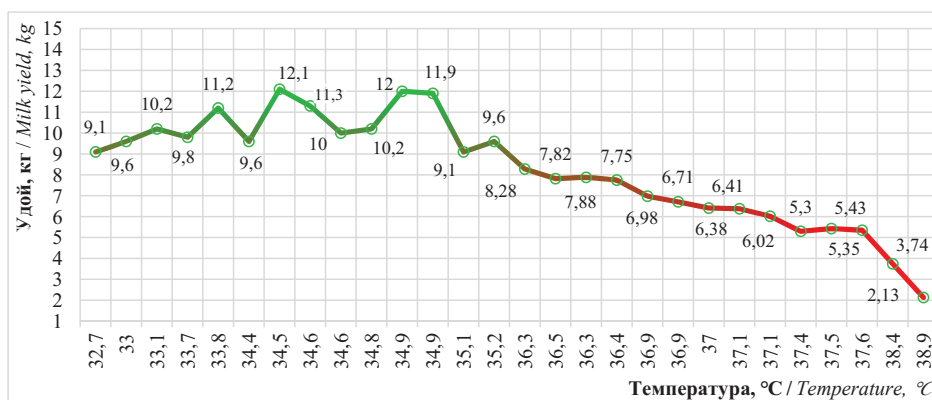


Рис. 5. Значение температур поверхности вымени относительно разовых удоев
Fig. 5. Values of udder surface temperature relative to single milk yields

На основании полученных данных сформированы три группы животных, объединенных по средним разовым

удоям, средним температурам поверхности вымени и заключению ветеринара о степени заболевания маститом (табл.).

Диапазон нормальных температур для «здоровых» животных с отрицательным маститным тестом составил 32...35°C, для «субклинического мастита» – 36...37°C (положительный результат теста на мастит), для «клинического мастита» – 38...39°C (положительный результат теста на мастит).

Для проверки данных об удоях в зависимости от температуры был вычислен линейный коэффициент корреляции

Пирсона. Для здоровых животных положительный линейный коэффициент корреляции Пирсона составил 0,16, что подтверждает слабую зависимость удоев от температуры вымени в диапазоне 32...35°C. Для больных животных в диапазоне 36...39°C аналогичный коэффициент составил 0,96, подтвердив крайне высокую зависимость между критическим повышением температуры поверхности вымени и удоями.

Таблица

Выявление здоровых и больных животных

Table

Identification of healthy and sick animals

Показатель <i>Index</i>	Группа животных / <i>Group of animals</i>		
	Здоровые <i>Healthy</i>	Субклинический мастит <i>Subclinical mastitis</i>	Клинический мастит <i>Clinical mastitis</i>
Средняя температура поверхности вымени, °C <i>Average udder surface temperature, °C</i>	33,7	36,7	38,7
Средний удой, кг / <i>Average milk yield, kg</i>	10,8	7,2	3,1
Оценка ветеринара (тест на мастит) <i>Vet evaluation (Mastitis Test)</i>	Мастит не обнаружен <i>Mastitis not detected</i>	Субклинический мастит <i>Subclinical mastitis</i>	Клинический мастит <i>Clinical mastitis</i>

Анализируя полученные значения, следует отметить, что изменение удоев при температуре от 32 до 36°C является скорее индивидуальной особенностью животных, а не закономерностью. В то же время по достижении 36°C удои начинают снижаться в линейной зависимости от повышения температуры.

В дальнейших исследованиях планируется проанализировать зависимость температуры вымени от количества соматических клеток в молоке.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации на право получения гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук – МК-2513.2022.4.

Библиографический список

- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E. Development and testing of combined germicidal recirculator. *Light & Engineering*, 2021; 29 (3): 43-49.
- Колотушкин А.Н., Юрочка С.С., Васина М.Ю., Довлатов И.М. Устройство автоматического регулирования качества воздуха в животноводческих помещениях // Агротехника и энергообеспечение. 2021. № 3 (32). С. 17-23. EDN: GWBZJK
- Довлатов И.М., Юрочка С.С. Разработка энергоэффективной системы микроклимата для беспривязного содержания дойного стада // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15, № 3. С. 73-80. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-3-73-80>
- Hovinen M., Siivonen J., Taponen S., Hänninen L., Pastell M., Aisla A-M., Pyörälä S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91: 4592-4598. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1218>
- Polat B., Colak A., Cengiz M., Yanmaz L.E., Oral H., Bastan A., Kaya S., Hayirli A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2010; 93 (8): 3525-3532. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2807>
- Colak A., Polat B., Okumus Z., Kaya M., Yanmaz L.E., Hayirli A. Short Communication: Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91 (11): 4244-4248. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1258>

Выводы

1. Термографический метод позволяет с высокой степенью достоверности диагностировать субклинические и клинические формы мастита.

2. У здоровых животных с температурой вымени 32...35°C удои слабо зависят от температуры вымени. У больных животных с температурой вымени 36...39°C зависимость удоев от критического повышения температуры поверхности вымени является крайне высокой.

This work was supported by the Grant Board of the President of the Russian Federation and was considered eligible to apply for the President Grant for State Support of Young Russian Scientists – PhD holders MK-2513.2022.4

References

- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E. Development and testing of combined germicidal recirculator. *Light & Engineering*, 2021; 29 (3): 43-49.
- Kolotushkin A.N., Yurochka S.S., Vasina M.Yu., Dovlatov I.M. Ustroystvo avtomaticheskogo regulirovaniya kachestva vozdukh v zhivotnovodcheskikh pomeshcheniyakh [Device for automatic air supply control in livestock buildings]. *Agrotekhnika i energoobespechenie*, 2021; 3 (32): 17-23. (In Rus.)
- Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Razrabotka energoeffektivnoy sistemy mikroklimate dlya besprivyaznogo soderzhaniya doynogo stada [Development of an energy-efficient microclimate control system for the loose keeping of dairy herds]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2021; 15(3): 73-80. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-3-73-80> (In Rus.)
- Hovinen M., Siivonen J., Taponen S., Hänninen L., Pastell M., Aisla A-M., Pyörälä S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91: 4592-4598. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1218>
- Polat B., Colak A., Cengiz M., Yanmaz L.E., Oral H., Bastan A., Kaya S., Hayirli A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2010; 93 (8): 3525-3532. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2807>
- Colak A., Polat B., Okumus Z., Kaya M., Yanmaz L.E., Hayirli A. Short Communication: Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91 (11): 4244-4248. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1258>

7. Bortolami A., Fiore E., Giancesella M., Corro M., Catania S., Morgante M. Evaluation of the udder health status in subclinical mastitis affected dairy cows through bacteriological culture, somatic cell count and thermographic imaging. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 2015; 18 (4): 799-805. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0104>

8. Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L., Schaefer A.L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*, 2003; 83 (4): 687-693. <https://doi.org/10.4141/A03-012>

9. Wollowski L., Beltulat S., Kossatz A., Heuwieser W Short communication: Diagnosis and classification of clinical and subclinical mastitis utilizing a dynamometer and a handheld infrared thermometer. *Journal of Dairy Science*, 2019; 102 (7): 6532-6539. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15509>

10. Кирсанов В.В., Игнаткин И.Ю. Энергоэффективная автоматизированная система микроклимата // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 6 (76). С. 48-52. EDN: XBGSTR

11. Pampariene I., Veikutis V., Oberauskas V., Zymantiene J., Zelyvte R., Stankevicius A., Marciulionyte D. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test. *Journal of Vibroengineering*, 2016; 18 (1): 511-521.

12. Zaninelli M., Redaelli V., Luzi F., Bronzo V., Mitchell M., Dell'Orto V., Bontempo V., Cattaneo D., Savoini G. First evaluation of infrared thermography as a tool for the monitoring of udder health status in farms of dairy cows. *Sensors (Basel)*, 2018; 18 (3): 862. <https://doi.org/10.3390/s18030862>

13. Hovinen M., Siivonen J., Taponen S., Hänninen L., Pastell M., Aisla A. – M., Pyörälä S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91 (12): 4592-4598.

14. Zaninelli M., Redaelli V., Luzi F., Bronzo V., Tappella A., Mitchell M., Dell'Orto V., Cattaneo D., Savoini G. Development of a software algorithm working with infrared images and useful for the early detection of mastitis in dairy cows. 14th Quantitative infrared thermography conference, 2018; 17-22. <https://doi.org/10.21611/qirt.2018.p5>

15. Кирсанов В.В., Филонов Р.Ф., Тареева О.А. Алгоритм управления доильными установками типа «Карусель» // Техника и оборудование для села. 2012. № 10. С. 20-22. EDN: PFKMDT

16. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Цымбал А.А. Результаты обработки экспериментальных данных с роботов доения по четвертям вымени // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 122-128. EDN: VJKDKL

Критерии авторства

Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Юрочка С.С., Хакимов А.Р. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Довлатов И.М., Юрочка С.С., Хакимов А.Р. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 05.03.2022

Одобрена после рецензирования 30.05.2022

Принята к публикации 17.06.2022

7. Bortolami A., Fiore E., Giancesella M., Corro M., Catania S., Morgante M. Evaluation of the udder health status in subclinical mastitis affected dairy cows through bacteriological culture, somatic cell count and thermographic imaging. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 2015; 18 (4): 799-805. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0104>

8. Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L., Schaefer A.L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*, 2003; 83 (4): 687-693. <https://doi.org/10.4141/A03-012>

9. Wollowski L., Beltulat S., Kossatz A., Heuwieser W Short communication: Diagnosis and classification of clinical and subclinical mastitis utilizing a dynamometer and a handheld infrared thermometer. *Journal of Dairy Science*, 2019; 102 (7): 6532-6539. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15509>

10. Kirsanov V.V., Ignatkin I.Yu. Energoeffektivnaya avtomatizirovannaya sistema mikroklimate [Energy-efficient automated microclimate control system]. *Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University*, 2016; 6 (76): 48-52. (In Rus.)

11. Pampariene I., Veikutis V., Oberauskas V., Zymantiene J., Zelyvte R., Stankevicius A., Marciulionyte D. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test. *Journal of Vibroengineering*, 2016; 18 (1): 511-521.

12. Zaninelli M., Redaelli V., Luzi F., Bronzo V., Mitchell M., Dell'Orto V., Bontempo V., Cattaneo D., Savoini G. First evaluation of infrared thermography as a tool for the monitoring of udder health status in farms of dairy cows. *Sensors (Basel)*, 2018; 18 (3): 862. <https://doi.org/10.3390/s18030862>

13. Hovinen M., Siivonen J., Taponen S., Hänninen L., Pastell M., Aisla A. – M., Pyörälä S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *Journal of Dairy Science*, 2008; 91 (12): 4592-4598.

14. Zaninelli M., Redaelli V., Luzi F., Bronzo V., Tappella A., Mitchell M., Dell'Orto V., Cattaneo D., Savoini G. Development of a software algorithm working with infrared images and useful for the early detection of mastitis in dairy cows. 14th Quantitative infrared thermography conference, 2018; 17-22. <https://doi.org/10.21611/qirt.2018.p5>

15. Kirsanov V.V., Filonov R.F., Tareeva O.A. Algoritm upravleniya doil'nymi ustanovkami tipa "Karusel'" [Algorithm for controlling rotary milking machines of the "Carousel" type]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2012; 10: 20-22. (In Rus.)

16. Kirsanov V.V., Pavkin D.Yu., Tsymbal A.A. Rezul'taty obrabotki eksperimental'nykh dannyykh s robotov doeniya po chetvertyam vymeni [Results of processing experimental data on udder quarters received from milking robots]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2015; 4 (14): 122-128. (In Rus.)

Contribution

V.V. Kirsanov, D.Yu. Pavkin, I.M. Dovlatov, S.S. Yurochka, A.R. Khakimov performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. V.V. Kirsanov, D.Yu. Pavkin, I.M. Dovlatov, S.S. Yurochka, A.R. Khakimov have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The article was received 05.03.2022

Approved after reviewing 30.05.2022

Accepted for publication 17.06.2022