

УДК 636.2.034:004

## АНАЛИЗ ИНФРАКРАСНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЫМЕНИ КОРОВ

**И.И. Гируцкий,**

профессор каф. автоматизированных систем управления производством БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

**В.И. Передня,**

гл. науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», докт. техн. наук, профессор

**Ю.А. Ракевич,**

аспирант каф. автоматизированных систем управления производством БГАТУ

*В статье описано преимущество использования инфракрасного изображения вымени коров с существующими методами и способами для определения мастита, а также факторы, влияющие на проведение исследований. Определена методика проведения экспериментального исследования, инфракрасного изображения вымени коров.*

**Ключевые слова:** инфракрасное изображение, мастит, вымя, температура.

*The article describes the advantage of using the infrared image of the udder of cows with existing methods and methods for determining mastitis, as well as the factors that influence the conduct of research. The technique of carrying out the experimental research, the infrared image of the udder of cows has been determined.*

**Keywords:** infrared image, mastitis, udder, temperature.

### Введение

Мастит является наиболее распространенным инфекционным заболеванием у молочного скота. Раннее выявление мастита очень важно для снижения экономических потерь молочной промышленности. Автоматические методы раннего и надежного обнаружения мастита в настоящее время находятся на стадии разработки. Температура поверхности кожи является важным показателем для диагностики болезней коровы и для оценки их физиологического статуса.

Инфракрасная термография (IRT) представляет собой простой, эффективный, неинвазивный метод, который обнаруживает поверхностное тепло, излучаемое как инфракрасное излучение, и генерирует графические изображения, не вызывая радиационного облучения.

В сельском хозяйстве IRT можно использовать как диагностический инструмент для оценки нормального и физиологического состояния животного с целью раннего выявления субклинического мастита [1], выявления хромоты [2], оценки эффективности использования кормов [3] и воздействия доильного оборудования на вымя и соски животного [4].

Цель настоящей работы – провести экспериментально сравнительный анализ инфракрасного изображения вымени и сосков у здоровых коров и с заболеванием маститом в процессе доения доильным аппаратом марки GEA Westfalia Classic 300 с помощью тепловизора марки DT – 9875.

### Основная часть

Крупный рогатый скот – гомоотермы, т.е. они могут поддерживать постоянную температуру тела в пределах определенного температурного диапазона.

Терморегуляция происходит в гипоталамусе, где обрабатываются афферентные сигналы от рецепторов температуры кожи, спинного мозга и гипоталамуса.

Тепловыделение осуществляется через физические процессы проводимости, конвекции, испарения и излучения (рис. 1).

При проведении исследований регистрировались возможные влияющие факторы на измерение температуры поверхности с помощью IRT: температура доильного зала, температура окружающей среды, влажность воздуха, факторы окружающей среды (скорость воздуха), загрязнения животных, время суток, возраст и период лактации.

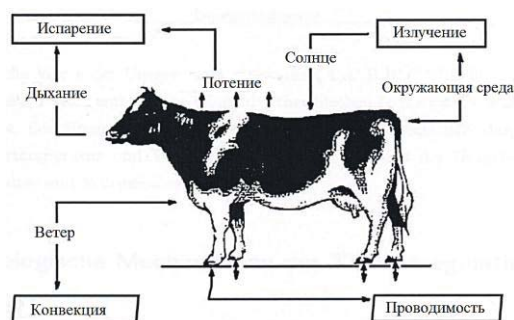


Рис. 1. Структура тепловыделений крупного рогатого скота

Температура доильного зала при проведении экспериментальных исследований была в пределах 20...25 °С. Перед тем, как взять изображение IRT, животные были адаптированы к температурному режиму, нарушение которого может быть вызвано стрессовой ситуацией, либо пребыванием животного в температур-

ных условиях, резко несовпадающих с температурой доильного зала, в котором происходит исследование. Период адаптации длился 15...20 минут (наличие фаз сужения и расширения кожных сосудов) [5]. Животные находились в стоячем положении, в спокойном состоянии, без попадания солнечных лучей и отсутствия движения воздуха (холодных потоков).

Затем чистым полотенцем вытералось вымя от загрязнений. После вытирания вымени, животному давали отдохнуть в течение 10-15 минут до того, как были сделаны снимки.

Изображения снимались в положении стоя на расстоянии 0,6-1 м [6]. Изображения передней части брались с боковой стороны животного, а задние части с задней стороны. При изучении инфракрасных изображений самая теплая область выглядит белой, а самая холодная синей.

Экспериментальное исследование проводилось на молочно-товарной ферме «Павлово – Агро», СПК филиал ОАО «Слонимский мясокомбинат» Слонимского района, Гродненской области системой автоматизированной диагностики, тепловизором марки DT – 9875 доильных аппаратов марки GEA Westfalia Classic 300, на основе оперативного анализа инфракрасных изображений вымени (рис. 2).



*Рис. 2. Доильный аппарат марки GEA Westfalia Classic 300 с тепловизором марки DT – 9875*

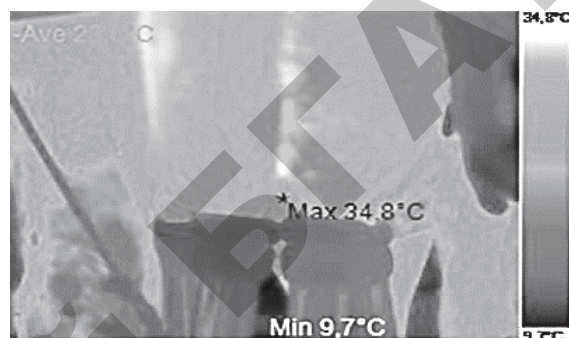
Термографию осуществляли с помощью тепловизора марки DT – 9875, установленного на штативе на заданном расстоянии (0,6 метра), в процессе доения. Время сканирования – 3 сек. Измерения проводились с точностью до 0,02°C. Прибор позволяет создавать цифровые снимки – термограммы, что дает возможность их последующего анализа с использованием ПК. Основные параметры, при которых проводились экспериментальные исследования, представлены в таблице 1.

Для термографии отбирали высокоудойных, полностью здоровых коров без патологии молочной

**Таблица 1. Основные параметры, при которых проводились экспериментальные исследования**

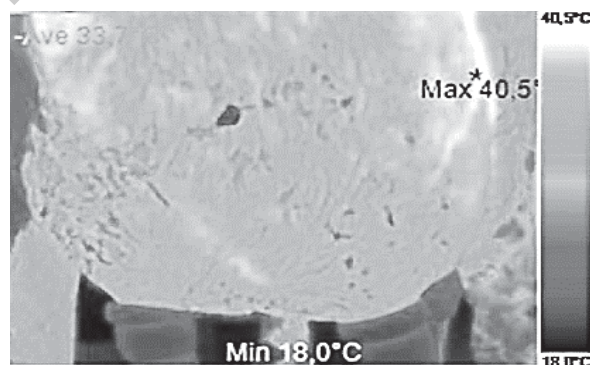
Коэффициент теплового излучения	0,98
Температура в доильном зале, °C	22
Влажность воздуха, %	60
Расстояние до объекта, м	0,6
Вакуумметрическое давление, кПа	40

железы и заболевания маститом. На рисунке 3 представлено инфракрасное изображение вымени коровы без патологии молочной железы. Максимальная температура в области вымени составляет 34,8 °C.



*Рис. 3. Инфракрасное изображение вымени коровы без патологии молочной железы в процессе доения*

На рисунке 4 представлено инфракрасное изображение вымени коровы с заболеванием маститом. Максимальная температура в области вымени составляет 40,5 °C.



*Рис. 4. Инфракрасное изображение вымени коровы с заболеванием маститом в процессе доения*

При анализе термограмм молочной железы хорошо видно, что самая высокая температура отмечается в паховой области и в центральной части, вблизи соприкосновения с конечностями. Это связано с наличием большего количества соединительной ткани по сравнению с другими областями молочной железы. Повышенная температура вымени с заболеванием маститом удерживалась на протяжении всего процесса доения.

Далее стояла задача установить, как изменится температура сосков после доения у здоровых коров и с маститом. На рисунке 5 представлено инфракрасное изображение вымени сосков без патологии молочной железы после доения.

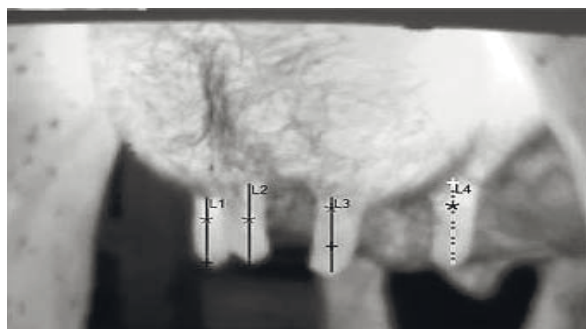


Рис. 5. Инфракрасное изображение вымени сосков без патологии молочной железы после доения: L1 – длина левого переднего соска; L2 – длина левого заднего соска; L3 – длина заднего правого соска; L4 – длина переднего правого соска

С помощью программного обеспечения тепловизора были получены значения показателей распределения температуры по длине сосков без патологии молочной железы после доения (табл. 2).

**Таблица 2. Значение показателей распределения температуры по длине сосков после доения**

№ длины сосков	Минимальная температура сосков, °С	Средняя температура сосков, °С	Максимальная температура сосков, °С
L1	27,4	32,9	34,5
L2	29,2	32,5	34,8
L3	27,2	32,7	33,7
L4	27,9	32,1	33,8

На основании полученных данных, приведенных в таблице 2, были построены графики распределения температуры по длине сосков без патологии молочной железы после доения с помощью программного обеспечения тепловизора (рис. 6).

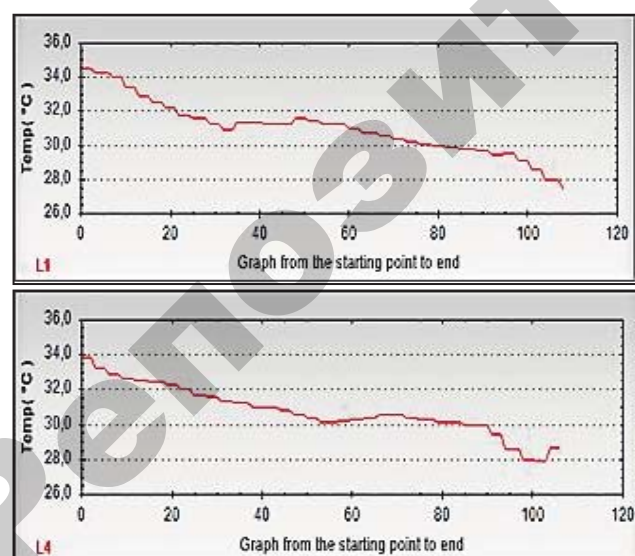


Рис. 6. Графики распределения температуры по длине сосков без патологии молочной железы после доения

Анализируя графики, можно видеть, что распределение температуры по длине сосков происходит равномерно по всей длине сосков. Максимальная температура наблюдалась в верхушке сосков и составляла 34,8 °С.

Далее был получен снимок инфракрасного изображения вымени сосков с заболеванием маститом после доения (рис. 7).

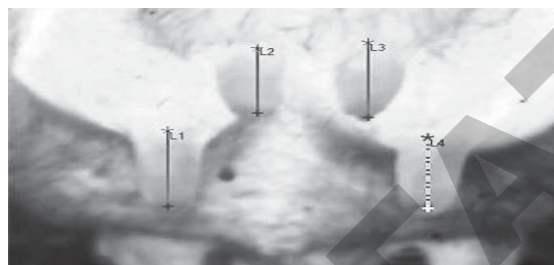
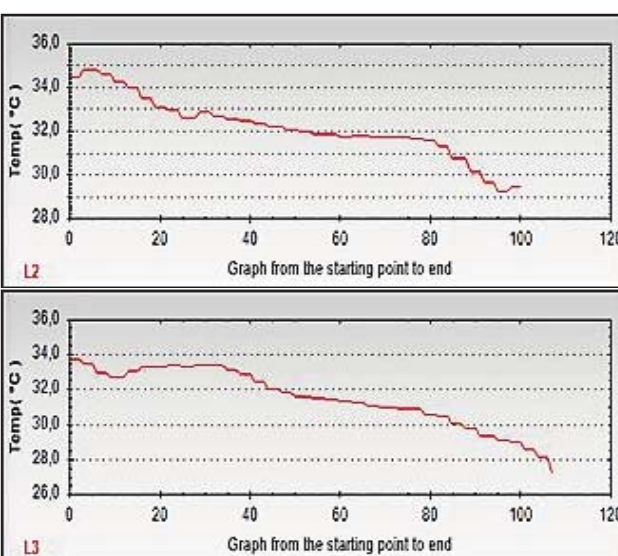


Рис. 7. Инфракрасное изображение вымени сосков с заболеванием маститом после доения: L1 – длина левого переднего соска; L2 – длина левого заднего соска; L3 – длина заднего правого соска; L4 – длина переднего правого соска

С помощью программного обеспечения тепловизора были получены значения показателей распределения температуры по длине сосков с заболеванием маститом после доения (табл. 3).

На основании полученных данных, приведенных в таблице 3, были построены графики распределения температуры по длине сосков с заболеванием маститом, после доения с помощью программного обеспечения тепловизора (рис. 8).

Анализируя графики, можно видеть, что распределение температуры по длине сосков происходит неравномерно в начале верхушки сосков. Максимальная температура наблюдалась в верхушке сосков и составляла 36,2 °С. Основными достоинствами метода теп-



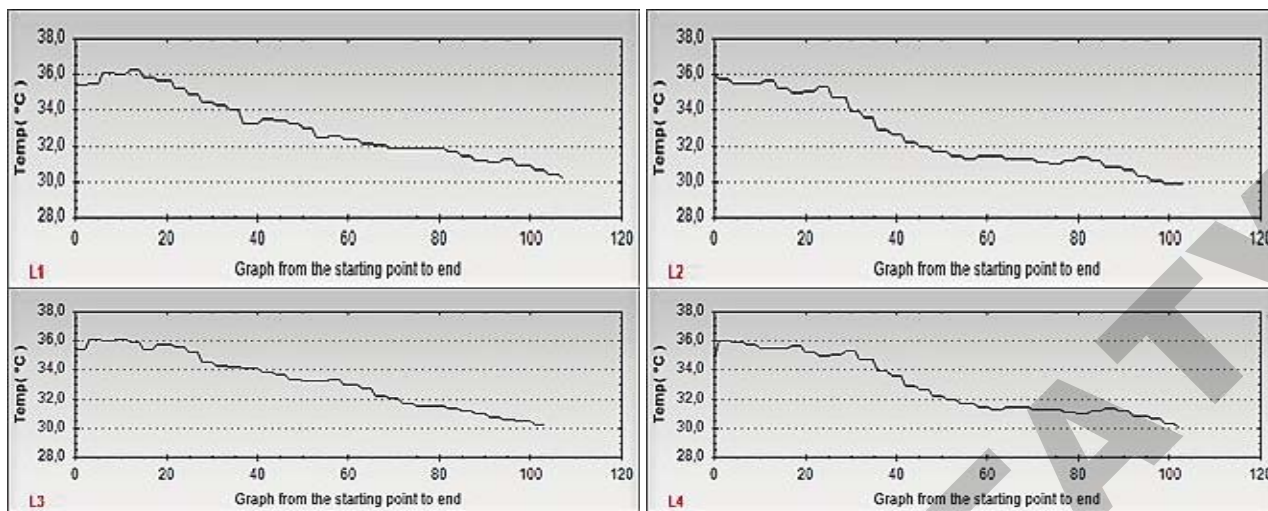


Рис. 8 Графики распределения температуры по длине сосков с заболеванием маститом после доения

**Таблица 3. Значение показателей распределения температуры по длине сосков после доения с заболеванием маститом**

№ длины сосков	Минимальная температура сосков, °С	Средняя температура сосков, °С	Максимальная температура сосков, °С
L1	30,2	33,2	36,2
L2	29,9	32,9	35,9
L3	30,2	33,1	36
L4	30,1	30	35,9

ловидения по сравнению с существующими методами и способами для определения мастита являются:

- возможность быстрого (скорость сканирования не более 3 секунд) бесконтактного получения изображения зон аномальной температуры молочной железы;
- безопасность, возможность применения в любом возрасте и физиологическом состоянии, при этом метод может быть использован на большом количестве животных;
- бесконтактность, снимает все возможные санитарно-эпидемические требования и ограничения;
- ранняя диагностика скрытых и доклинических форм заболеваний;
- простота использования;
- скрининговые термографические исследования позволяют обнаружить скрытые поражения и во время их устранить, что предотвращает серьезные, иногда необратимые заболевания, ведущие к преждевременной выбраковке животных.

**Заключение**

На основании проведенных исследований установлено, что во время доения температура вымени с заболеванием маститом выше на 5,7 °С, а температура сосков после доения выше на 1,4 °С, чем у здоровых коров. Поэтому данный способ для определения мастита можно применять как диагностический инструмент.

Таким образом, возможность неинвазивно определить величину воспалительного процесса делает термографию и сам метод инфракрасной термодиагностики идеальным диагностическим инструментом, помогающим в своевременной диагностике для определения мастита.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Poikalainen, V. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming / V. Poikalainen, J. Praks, I. Veermae, and E. Kokin // *Agronomy Research*. – V. 10. – 2012. – P. 187-194.
2. Nikkhah, A. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation / A. Nikkhah, J.C. Plaizier, M.S. Einarson, R.J. Berry, S.L Scott and A.D. Kennedy // *Journal of Dairy Science*. – V. 88. – 2005. – P. 2749-2753.
3. Montanholi, Y.R. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids / Y.R. Montanholi, K.C. Swanson, R. Palme, F.S. Schenke, B.W. McBride, D. Lu, and S.P. Miller // *Animal*. – V. 4. – 2010. – P. 692-701.
4. Alejandro, M. Infrared thermography as a tool to determine teat tissue changes caused by machine milking in MurcianoGranadina goats. *Livestock Science / Alejandro, M. G. Romero, J.M. Sabater and J.R. Diaz*. – V. 160. – 2014. – P.178-185.
5. Макаровская, З.В. Технологические основы повышения эффективности работы доильных аппаратов: дис. ...докт. техн. наук: 05.20.01 / З.В. Макаровская. – Оренбург, 2004 – С. 229-231.
6. Sathiyabarathi, M. Thermographic imaging: A potential non-invasive technique for early detection of sub-clinical mastitis in crossbred cows / M. Sathiyabarathi, S., Jeyekumar, A., Manimaran, A., Heartwin, A., Sivaram, D.N. Das, and K.P. Ramesh // *44th Dairy Industry Conference, NDRI, Karnal, 2016*. – P. 37-38.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28.09.2018