

И.И. Гируцкий, Ю.А. Ракевич
*Белорусский государственный агротехнический университет
Минск, пр. Независимости 99*

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА ДОЙНЫХ КОРОВ В КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СТАДОМ

Модельный прогноз удоя при разной кратности доения. Широкое внедрение автоматических систем доения снижает стоимость процесса доения и прежде всего за счет сокращения ручного труда. Естественно возникает вопрос о необходимости разработать новый подход к организации труда в производстве молока.

Ключевые слова: термографический метод, диагностика мастита, дойные коровы, компьютеризированная система, управление стадом.

I.I. Girutsky, Y.A. Rakevich

*Belarusian State Agrotechnical University
Minsk, Nezavisimosti ave 99*

SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF THERMAGRAPHIC METHOD FOR DIAGNOSING MASTITIS OF MILK COWS IN A COMPUTERIZED HERD MANAGEMENT SYSTEM

Model prediction of milk yield at different multiplicity of milking. The widespread introduction of automatic milking systems, reduces the cost of the milking process, primarily by reducing the manual labor. Naturally the question arises whether, normal for this time half board optimal milking, or is it necessary to develop a new approach to the organization of labor in milk production.

Keywords: thermographic method, diagnosis of mastitis, dairy cows, computerized system, herd management.

Введение

В информационном обеспечении молочного скотоводства актуальной задачей является определение мастита в реальном масштабе времени [1,2]. Поэтому из многочисленных методов диагностики мастита у дойных коров особую значимость приобретают методы диагностики мастита легко интегрируемые в систему управления стадом (СУС) крупнорогатого скота (рис.1)



Рис. 1. Классификация методов диагностики мастита

Особый интерес и актуальность среди автоматизированных методов диагностики мастита у коров представляет термографический (см. рис.1), в силу своей бесконтактности и многофункциональности [3–8].

Цель настоящей работы – провести экспериментально сравнительную лабораторную и термографическую диагностику (*IRT*) для определения мастита коров с помощью тепловизора марки *DT – 9875* на основе оперативного анализа инфракрасных изображений вымени.

Экспериментальное исследование проводилось на молочно-товарной ферме Дружба-Агро, Слонимского района, Гродненской области. Исследования проводились в два этапа. Было обследовано 580 коров дойного стада. Для определения мастита в хозяйстве используют кенотест фирмы *Inter Clean* (контроль). На первом этапе животные подвергались комплексному клиническому обследованию, а далее по кенотесту были определены 4 группы по 30 коров с разными уровнями заболевания.

В первой группе были здоровые животные с отрицательной пробой по кенотесту (-). Вторая группа – коровы с сомнительной пробой по кенотесту (+). Третья группа включала животных с субклинической стадией мастита (++) . Четвертая – с клинической выраженной стадией мастита (+++).

На втором этапе проводились измерения температуры вымени с помощью ручного тепловизора марки – *DT 9875* (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. – **Выборка экспериментальных данных на примере 40 голов дойного стада полученная максимальная температура вымени в процессе доения в зависимости от оценки кенотеста**

№ выбо рки	Отрицательная проба с кенотестом (-)	Сомнительная проба с кенотестом (+)	Субклиническая стадия мастита (++)	Клиническая выраженная стадия мастита (+++)
1	35,3	37,8	38,6	40,5
2	36,4	37,4	38,5	39,2
3	37,2	36,2	37,8	39,1
4	35,8	37,6	38,7	39,6
5	37	37,1	38,2	39,8
6	36,2	37,9	38,1	39,7
7	35,2	36,5	38,8	40,1
8	36,2	37,1	37,5	40
9	35,8	37	38,6	39
10	36,6	37,4	38	39,6

Ранее была определена методика проведения экспериментального исследования инфракрасного изображения вымени коров [9].

После проведения опытов важнейшим является обработка результатов экспериментальных исследований методом математической статистики [10]:

- оценка параметров генеральной совокупности по выборке;
- проверка выборки случайных величин на промахи;
- проверка соответствия случайных величин выборки нормальному закону распределения;
- проверка дисперсий на однородность по критерию Кохрена.

Генеральная совокупность, подчиняющаяся нормальному закону распределения, характеризуется следующими параметрами:

μ - генеральное среднее; σ^2 - генеральная дисперсия; σ - генеральное стандартное отклонение. Выборка объёмом n , состоящая из n случайных величин: Y_1, \dots, Y_n ($i = 1, \dots, n$), характеризуется выборочными параметрами:

Выборочное среднее \bar{Y} :

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + \dots + Y_i + \dots + Y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (1)$$

Выборочная дисперсия S^2 :

$$S^2 = \frac{(Y_1 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_i - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_n - \bar{Y})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (2)$$

Выборочное стандартное отклонение S :

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Число степеней свободы выборочной дисперсии и выборочного стандартного отклонения f_s :

$$f_s = n - 1 \quad (4)$$

Для того чтобы использовать выборочные параметры для оценки параметров генеральной совокупности, необходимо убедиться в том, что в выборке нет промаха (грубой ошибки), а случайные значения выборки подчиняются нормальному закону распределения.

Анализ случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n на промах по критерию Смирнова – Граббса.

Экспериментальное значение критерия Смирнова – Граббса:

$$\tau_s = \frac{\max |Y_i - \bar{Y}|}{S} \quad (5)$$

Анализ случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n на принадлежность их к нормальному закону распределения по критерию среднего абсолютного отклонения (САО).

Экспериментальное значение критерия CAO:

$$\theta_3 = \left| \frac{CAO}{S} - 0.7979 \right| = \left| \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \bar{Y}|}{nS} - 0.7979 \right| \quad (6)$$

Табличное значение критерия CAO:

$$\theta_n = \frac{0.4}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Критерий принадлежности случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n к нормальному закону распределения: если $\theta_3 < \theta_n$, то случайные значения выборки Y_1, \dots, Y_n принадлежат к нормальному закону распределения; если $\theta_3 > \theta_n$, то не принадлежат. В случае, когда все выборки имеют одинаковый объем n , проверка дисперсий на однородность производится по критерию Кохрена.

Экспериментальное значение критерия Кохрена G_3 :

$$G_3 = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} \quad (8)$$

В результате обработки экспериментальных данных методом математической статистики были получены следующие данные, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – **Обработанные экспериментальные данные методом математической статистики, полученные при доверительной вероятности $p = 0,95\%$**

Показатели	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
n	30	30	30	30
\bar{Y}	36,2	37,3	38,5	39,6
S^2	0,650	0,217	0,198	0,209
S	0,806	0,466	0,445	0,457
f_s	29	29	29	29
τ_3	2,005	2,556	2,533	1,895
θ_3	0,0081	0,0462	0,011	0,009
θ_n	0,073	0,073	0,073	0,073
G_3	0,076	0,076	0,076	0,076
G_m	0,159	0,159	0,159	0,159

После анализа данных было установлено, что плотность вероятности распределения температур у всех групп животных описывается нормальным законом и получена связь между калифорнийским тестом на мастит (CMT) и средней максимальной температурой вымени коров определяемой инфракрасной термографией (IRT) (рис. 2).

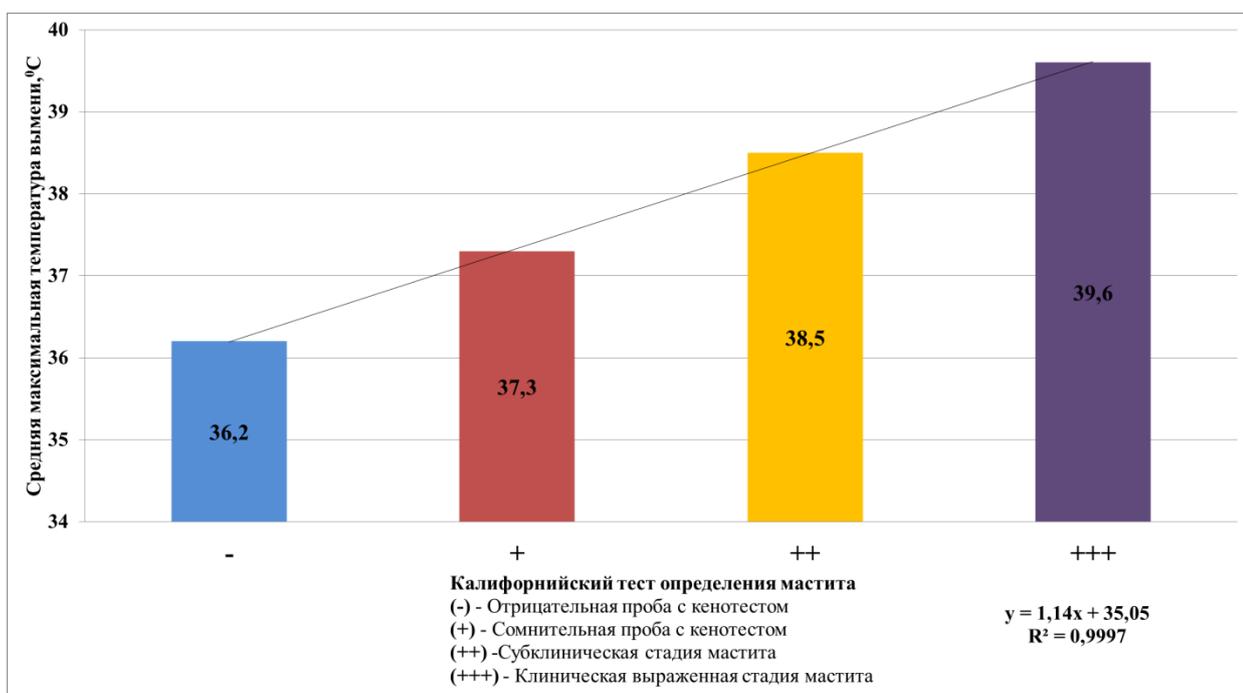


Рис. 2. Связь между калифорнийским тестом на мастит и средней максимальной температурой вымени коров определяемой инфракрасной термографией

Линейное уравнение регрессии: $y = 1,14x + 35,05$; где y – средняя максимальная температура вымени коров; x – оценка состояния здоровья по кенотесту ($x=1,2,3,4$); При этом точность аппроксимации достаточна, высока – $R^2 = 0,9997$.

Заключение

1. Среди классифицированных методов диагностики мастита, преимущества термографии заключаются в бесконтактности, низких затратах труда и времени, возможности интеграции с автоматизированной системой управления стадом.

2. Проведены экспериментальные измерения температуры вымени термографическим методом у 4-х групп животных, распределенных по степени заболевания маститом в соответствии с кенотестом. Плотность вероятности распределения температур у всех групп животных описывается нормальным законом. Средняя максимальная температура вымени в процессе доения составила у здоровых коров – 36,2 °C, при субклинической стадий мастита – 38,5 °C, а для клинической выраженной стадий мастита – 39,6 °C.

Список использованной литературы

1. Гируцкий, И.И. Перспективы развития средств механизации и автоматизации доильного оборудования/ И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков// 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, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», – Минск, 2018. – С. 91–96.
2. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // УО БГАТУ, 2014. – 212 с.
3. Klimienė, I., Ružauskas, M., Špakauskas, V., Mockeliūnas, R., Pereckiene, A., Butrimaitė-Ambrozevičienė, Č. Prevalence of gram positive bacteria in cow mastitis and theirsusceptibility to beta-Lactam antibiotics. Veterinarija ir Zootechnika – Veterinary Medicine and Zootechnics, Vol. 56, Issue 78, – 2011. – P. 65–72.
4. Zecconi, A., Hahn, G. Staphylococcus aureus in raw milk and human health risk. Bulletin of the International Dairy Federation, Vol. 345, – 2000. – P. 15–18.
5. Sathiyabarathi, M., Jeyakumar, S., Manimaran, A., Jayaprakash, G. Infrared thermography: A potential noninvasive tool to monitor udder health status in dairy cows, Vol.9, – 2016, – P. 1075–1080.

6. Viguier, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K., O'kenedy, R. Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in Biotechnology*, Vol. 27, Issue 8, – 2009. – P. 486–493.
7. Pyorala, S. Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. *Veterinary Research*, Vol. 34, – 2000. – P. 565–578.
8. Schalm O. W., Noorlander D. O. Experiments and observations leading to development of the California mastitis test. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Vol. 130, – 1957. – P. 199–204.
9. Гируцкий, И.И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И.И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю.А. Ракевич // *Агропанорама*, – 2018. – №6 (130). – С. 9–12.
10. Основы научных исследований и моделирования : учебно-методический комплекс / А.И. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск : БГАТУ, 2010. – С. 11–59.