

И.И. Гируцкий, Ю.А. Ракевич, А.Г. Сеньков
Белорусский государственный агротехнический университет
Минск, пр. Независимости 99
gir_50@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА ДОЙНЫХ КОРОВ

В статье классифицированы методы диагностики мастита коров: лабораторные методы и приборные косвенные методы реального времени. Приведены результаты экспериментальных исследований термографического метода диагностики мастита у коров. Обсуждены перспективы встраивания информации о результатах термографии вымени коровы в систему управления стадом.

Ключевые слова: диагностика, мастит, термография, корова, статистика.

I.I. Girutsky, Yu.A. Rakevich, A.G. Senkov
Belarusian State Agrotechnical University
Minsk, Nezavisimosti pr. 99
gir_50@mail.ru

The article classifies methods for diagnosing cow mastitis: laboratory methods and instrumental indirect methods of real time. The results of experimental studies of the thermographic method for diagnosing mastitis in cows are presented. The prospects for embedding information on the results of udder thermography into the herd management system are discussed.

Keywords: diagnostics, mastitis, thermography, cow, statistics.

Введение

Актуальной задачей информационного обеспечения молочного скотоводства является определение субклинического мастита коров в реальном масштабе времени [1,2]. Диагностика клинических маститов основана на появлении аномального молока. У такого молока изменяется запах, цвет, консистенция, отмечается наличие хлопьев, сгустков или примесей крови. Диагностика субклинических инфекций более проблематична, т.к. молоко продолжает нормально вырабатываться, но имеет повышенное содержание соматических клеток. Диагностирование субклинического мастита может быть осуществлено разными способами, включая прямое измерение уровня содержания соматических клеток (ССК) или косвенное подтверждение диагноза с помощью проведения Калифорнийского мастит-теста (California Mastitis Test – СМТ).

Основная часть

Но в условиях промышленного производства молока с беспривязным содержанием коров необходимо разработка новых и совершенствования существующих технологий и технических средств диагностики мастита, позволяющих определять заболевания в процессе дойки и обеспечивать индивидуальное обслуживание животных с целью предотвращения смешивание молока здоровых и больных животных и своевременным началом их лечения. Поэтому из многочисленных методов диагностики мастита у дойных коров особую значимость приобретают методы диагностики мастита по косвенным показателям, например, проводимость молока или температура вымени, использование которых возможно в реальном масштабе времени и легко интегрируемые по информационным параметрам в систему управления стадом (СУС) крупнорогатого скота (рис.1)



Рис. 1. Классификация методов диагностики мастита коров

Особый интерес и актуальность среди автоматизированных методов диагностики мастита у коров представляет термографический (см. рис.1), в силу своей бесконтактности и многофункциональности [3–8]. Но данный метод является косвенным, поэтому необходимо провести его экспериментальные исследования в условиях действующего производства. 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 предварительно ветеринарам животные подвергались комплексному клиническому обследованию, 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 (-);
- во второй группе коровы с сомнительной пробой по кенотесту (+);
- третья группа включала животных с субклинической стадией мастита (++);
- четвертая – с клинически выраженной стадией мастита (+++).

На втором этапе проводились однократные измерения температуры вымени каждой из 30 коров, принадлежащих к различным группам животным (табл. 10). В качестве информационного параметра использована максимальная температура на термографическом снимке вымени коровы полученного с помощью ручного тепловизора марки – DT 9875. [9].

Т а б л и ц а 1. – Статистика экспериментальных данных максимальной температура вымени коров в зависимости от оценки кенотеста

№ опыта	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	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
11	37	37,2	38,2	40,2
12	36,2	37,9	38	39,1
13	37,1	37	38,9	39,6
14	34,8	37,8	38,7	39,7
15	36,9	37,2	38,4	39
16	35,1	37,9	38,9	40,4
17	36,2	37,1	38	39,3
18	35,1	37,9	38,9	40,2
19	36	37,3	38,6	39,4
20	36,4	37,5	39	39,6
21	37	37,2	38,4	39,7
22	36,2	37	38,7	39,2
23	34,6	37,2	38,1	40,4
24	36,9	37,3	38,9	39
25	37,2	37	39,1	39,8
26	36,8	37,5	38,1	39
27	37	36,1	38,4	40,1
28	34,8	37,2	38,3	39,8
29	37,1	37,8	39,6	39,6
30	36,4	37,6	38,2	39,3

Произведена статистическая обработка экспериментальных результатов по стандартной методике [10]. С увеличением степени заболеваемости маститом наблюдается рост средней по выборке температуры вымени коровы. Анализ случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n на

принадлежность их к нормальному закону распределения по критерию среднего абсолютного отклонения (CAO), показывает на принадлежность к нормальному закону (табл.2).

Экспериментальное значение критерия CAO определены по формуле:

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

А, табличное значение критерия CAO:

$$\theta_n = \frac{0.4}{\sqrt{n}}$$

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. Результаты статистической обработки данных показывают, что для описывания распределения вероятности максимальной температуры вымени коров, для каждой из 4-х групп, можно использовать нормальный закон (см. табл.2)

Т а б л и ц а 2. – Результаты обработки экспериментальных данных по максимальной температуре вымени коров для 4-х групп животных, полученные при доверительной вероятности $p = 0,95\%$

показатели	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
Число коров, n	30	30	30	30
Среднее значение температуры вымени по группе, $^{\circ}\text{C}, \bar{Y}$	36,2	37,3	38,5	39,6
Дисперсия, S^2	0,650	0,217	0,198	0,209
Проверка на нормальный закон распределения	да	да	да	да

Важным результатам статистической обработки экспериментальных данных является вывод о нормальном характере распределения плотности в вероятности максимальной температуры вымени

коровы для всех 4-х групп животных. Это позволяет использовать при дальнейшем анализе развитую теорию для нормального распределения. Кривые распределения плотности вероятности максимальной температуры вымени имеют зоны перекрытия (рис. 2), поэтому возникает задача поиска алгоритма принятия решения об отнесении конкретной коровы к одной из 4-х групп коров по результатам измерения максимальной температуры вымени.

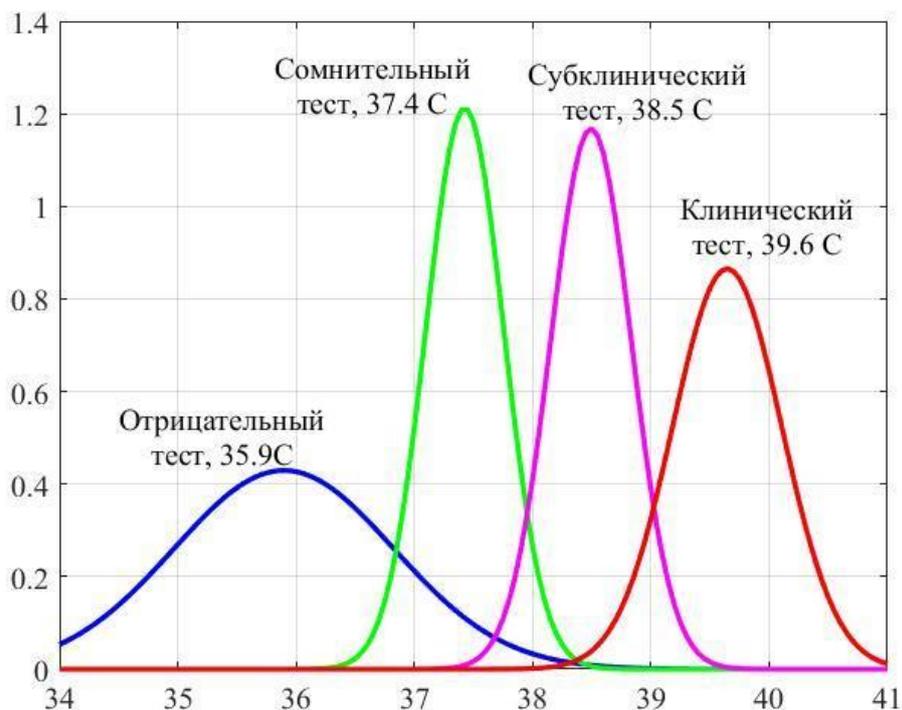


Рис.2. Распределение плотности в вероятности максимальной температуры вымени коровы для 4-х групп животных по степени заболевания маститом.

При принятии решения об отнесении конкретной коровы по результатам анализа термографического снимка возможны 4 варианта:

- правильное обнаружение отсутствия мастита;
- правильное обнаружение стадии мастита;
- пропуск заболевания;
- ложная тревога о заболевании.

Взаимное перекрытие кривых распределения температур вымени для различных групп животных можно объяснить биологической природой объекта контроля и влиянием различных возмущающих факторов, таких как стресс, изменение окружающей температуры, период лактации и т.п. Поэтому необходимо изучить влияние различных возмущающих факторов на результат анализа термографического снимка и возможности снижения дисперсии.

Очевидно, что на температуру вымени будет влиять воздействие доильного аппарата в процессе доения. Поэтому были проведены экспериментальные исследования изменения максимальной температуры вымени коров из разных групп непосредственно в процессе их доения (рис.3).

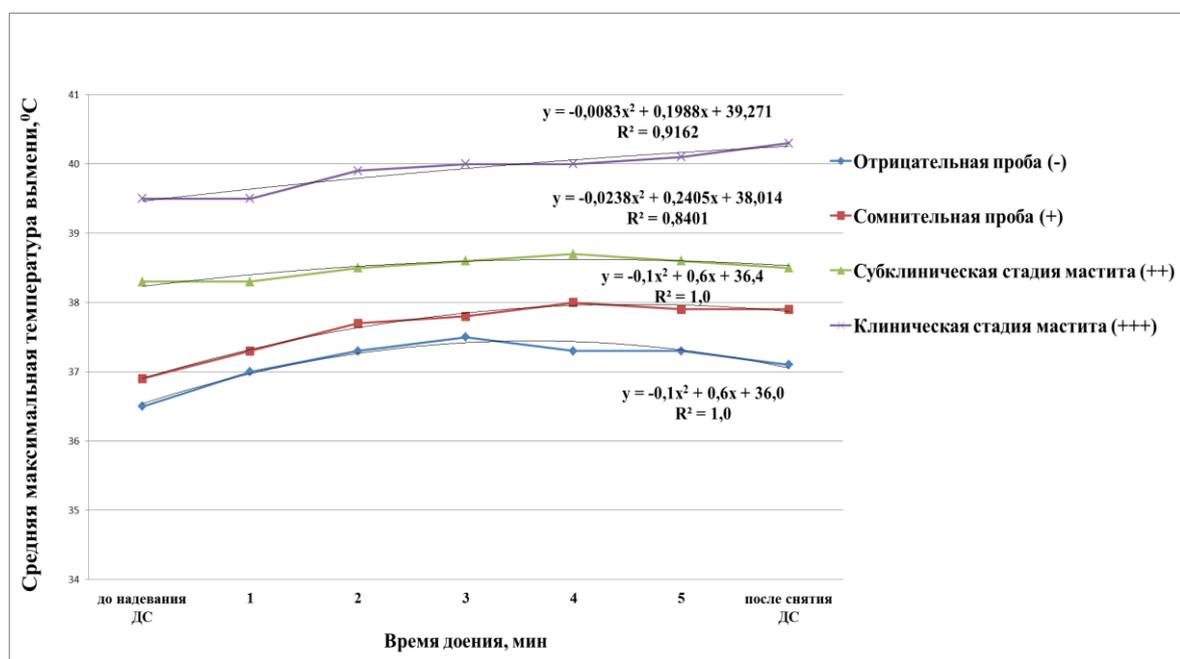


Рис.3. Динамика изменения средней максимальной температуры вымени до надевания доильных стаканов и после снятия через каждую минуту во время доения.

Таким образом (рис.3), в процессе доения температура вымени коровы существенно меняется, что необходимо учитывать момент получения термографического снимка при использовании для диагностики мастита.

Повысить надежность определения заболевания маститом дойных коров можно за счет многократного определения максимальной температуры вымени с последующей статистической обработкой результатов с применением теории принятия решений.

Дисперсия среднего арифметического в n раз меньше дисперсии отсчета. Отсюда следует важнейшее свойство результата многократного измерения: его неопределенность меньше, чем неопределенность результата однократного измерения

$$\sigma_x^2 = \frac{\overline{(\hat{x} - \bar{x})^2}}{n} = \dots = \frac{\sigma_x^2}{n}$$

Для изучения возможности снижения разброса данных путем многократного контроля температуры коровы в течение определенного временного промежутка с последующим усреднением были проведены экспериментальные исследования. Проводились измерения температуры для выбранных 4-х коров из различных групп по степени заболевания маститом. Измерения проводились 2 раза в день в утреннее и вечернее доение (табл.3).

Т а б л и ц а 3. – Результаты статистической обработки температур группы коров за 10-и дневный период

Критерии		Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
Выборочное среднее	У _{ср}	34,5	37,0	38,4	39,8
Выборочная дисперсия	S ²	0,154	0,100	0,031	0,176
Экспериментальное значение критерия САО	Q _э	0,0181	0,0246	0,051	0,012
Табличное значение критерия САО	Q _т	0,1265	0,1265	0,126	0,126
Проверка на нормальный закон распределения	Норма	да	да	да	да

Многочисленные измерения температуры у конкретной коровы позволяют существенно уменьшить разброс данных и, тем самым, при дальнейшей обработке, повысить вероятность правильного принятия решений по степени заболевания маститом. Но, при этом, необходимо находить компромисс между длительностью сбора данных о температуре вымени конкретной коровы и оперативностью принятия решений. При этом, в силу статистического характера распределения температур вымени коров по степени их заболевания маститом актуальной задачей является выбор алгоритмов на основе статистической теории принятия решений [11].

Заключение

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

2. Проведены в условиях действующего производства экспериментальные измерения максимальной температуры вымени коров 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 °С, при субклинической стадий мастита – 38,5 °С, а для клинической выраженной стадий мастита – 39,6 °С.

3. В силу биологической природы объекта контроля, подвергаемого возмущающим факторам, таким как стрессы, окружающая температура, период лактации и т.п. целесообразно осуществлять накопление данных в течение определенного периода с последующим усреднением. Усреднение данных по конкретным коровам из различных групп по степени заболевания маститом позволили значительно снизить разброс данных, что позволит повысить вероятность правильных решений. Кроме того, на температуру вымени коровы оказывает влияние и доильный аппарат, поэтому необходимо учитывать момент получения снимка в процессе доения коровы.

4. Распределение температур вымени коров по степени заболеваемости маститом носит характер нормального распределения, что позволит использовать развитую теорию принятия решений при разработке оптимального алгоритма выбора порога, при котором коровы будут относиться к различным группам заболеваемости маститом.

Список использованных источников

1. 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, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», – Минск, 2018. – С. 91–96.

2. 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.

3. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // УО БГАТУ, 2014. – 212 с.

4. Klimienė, I., Ružauskas, M., Špakauskas, V., Mockeliūnas, R., Pereckienė, A., Butrimaitė-Ambrozevičienė, Č. Prevalence of gram positive bacteria in cow mastitis and their susceptibility to beta-Lactam antibiotics. Veterinarija ir Zootechnika – Veterinary Medicine and Zootechnics, Vol. 56, Issue 78, 2011, – P. 65–72.

5. Zecconi, A., Hahn, G. Staphylococcus aureus in raw milk and human health risk. Bulletin of the International Dairy Federation, Vol. 345, 2000, 15–18 p.

6. 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.

7. Viguier, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K., O'kennedy R. Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in Biotechnology*, Vol. 27, Issue 8, 2009, – P. 486–493.
8. 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.
11. Сосулин, Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов / Ю.Г. Сосулин // М. : Советское радио, 1978 . – 320 с.