

УДК 681.518.5

В.О. Версаль, доц., канд. техн. наук, Ю.В. Версаль, асист., А.О. Богданова, бакал.
Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження функцій температури молока для автоматичної діагностики еструс-періоду у тварин

В статті описано дослідження випадкових функцій ранішньої та вечірньої температури молока корів, а саме: проведено їх реєстрацію та обробку даних. Обробка включала знаходження оцінок для математичних очікувань, дисперсій та середньоквадратичних відхилень функцій. Досліджено функції відхилень ранішньої та вечірньої температури молока тварин від попередніх значень за різницю часу 1...3 дні. Доведено, що найкраща стратегія діагностики еструс-періоду – якщо відхилення значення ранішньої температури молока від середнього за три попередні дні $\geq 0,2$ °C, вечірньої - $\geq 0,5$ °C.

еструс-період, діагностика, температура молока, випадкова функція, оцінка, математичне очікування, дисперсія, середньоквадратичне відхилення, функція відхилення

Одна з найважливіших умов розвитку молочнопромислового підкомплексу АПК в Україні - раціонально організоване відтворення стада. Сьогодні, з метою прискорення темпів відтворення, на фермах використовується штучне осіміння, основним фактором при організації якого є вибір строків осіміння корів. Оптимальним строком вважається еструс-період, що настає через 16...28 днів після отелення корови, триває в середньому 13...17 годин і в подальшому, якщо тварина не запліднена, повторюється через кожні 21-22 дні [1]. Неточна або невірна діагностика еструс-періоду спричинює значні збитки, пов'язані зі зниженням рівня запліднюваності, збільшенням затрат на лікування відтворювальних здатностей тварин, подовженням інтервалів між отеленнями і недоотриманням телят та молока [2].

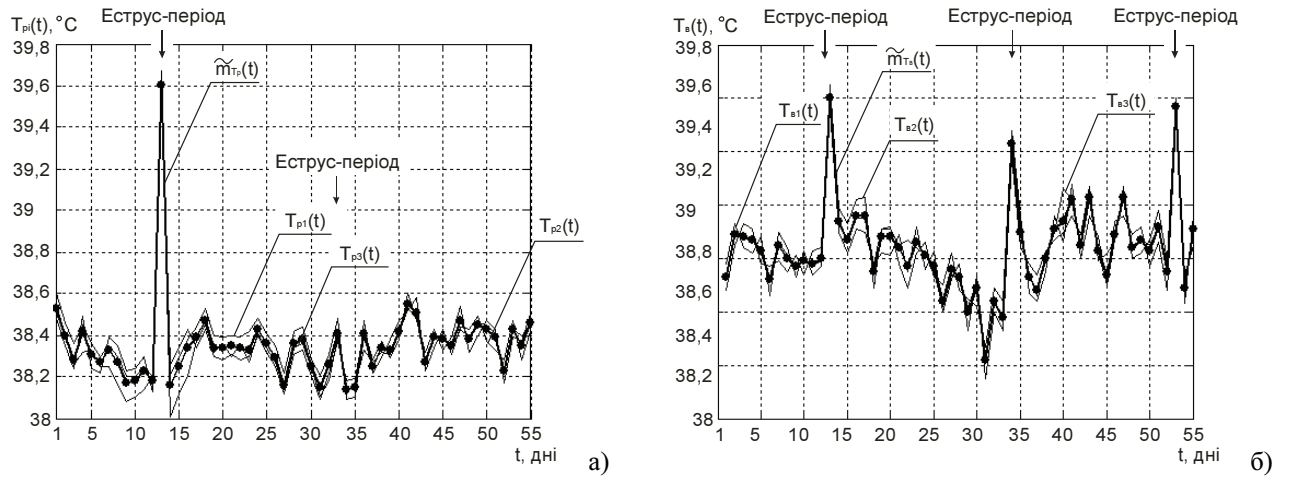
В сучасному тваринництві найпоширенішим способом виявлення еструс-періоду у корів і телиць є візуальний, проте, даний спосіб часто допускає пропуски еструс-періоду, особливо взимку, коли помилка може становити 83,3 % [3]. З метою зниження помилки і працезатрат розроблені способи автоматичної діагностики еструс-періоду [4, 5, 6] на основі реєстрації зміни параметрів тварин, а саме: підвищення активності тварини [4], зниження разового надою молока за день до настання еструсу [5], підвищення температури тіла тварини [6].

Їх недоліками є висока вартість, складність використання та значні часові затрати. Тому мета даної роботи - підвищення точності та своєчасності діагностики еструс-періоду, для досягнення якої пропонується стратегія здійснення автоматичної діагностики еструсу-періоду у тварин на основі досліджень функцій температури молока.

Для проведення досліджень використано функції температури молока корів, що вимірювалися в активному режимі під час ранішнього та вечірнього доїнь датчиками температури СТ1-19. Функції ранішньої $T_p(t)$ та вечірньої $T_e(t)$ температури молока є випадковими [7]. В результаті проведення над ними $n=3$ дослідів (спостережень) отримано $n=3$ реалізації функцій.

Для цього розглянуто ряд розрізів випадкових функцій для моментів часу $t_1, t_2, \dots, t_m, m=55$ і зареєстровано значення, прийняті функціями $T_{pi}(t)$ і $T_{ei}(t)$, $i=1...n$ в ці моменти часу (рис. 1). Кожному з моментів буде відповідати $n=3$ значення випадкових функцій. Значення $t_1, t_2, \dots, t_m, m=55$ задані як рівно відстаючі; величина

інтервалу між сусідніми значеннями $\Delta t = 1$ день [8].



а) – реалізації випадкової функції $T_{pi}(t)$; б) – реалізації випадкової функції $T_{ei}(t)$

Рисунок 1 - Реалізації випадкових функцій температури молока тварин

Обробка отриманих даних включає знаходження оцінок для математичних очікувань, дисперсій та середньоквадратичних відхилень.

Оцінки для математичних очікувань випадкових функцій $T_p(t)$ і $T_e(t)$ обчислюються за формулами (1) і (2) відповідно [7]:

$$\tilde{m}_{T_p}(t_k) = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi}(t_k)}{n}; \quad (1)$$

$$\tilde{m}_{T_e}(t_k) = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ei}(t_k)}{n}, \quad (2)$$

де $T_{pi}(t_k)$ і $T_{ei}(t_k)$ – значення, що відповідає i -й реалізації в момент t_k .

За змістом математичне очікування випадкової функції – деяка середня функція, біля якої різним чином варіюються конкретні реалізації випадкової функції.

Характеристики $\tilde{m}_{T_p}(t)$ і $\tilde{m}_{T_e}(t)$ зображені на рис. 1 жирною лінією.

Оцінки для дисперсій та середньоквадратичних відхилень випадкових функцій $T_p(t)$ і $T_e(t)$ обчислюються за формулами (3) і (5), (4) і (6) відповідно [7] (рис. 2):

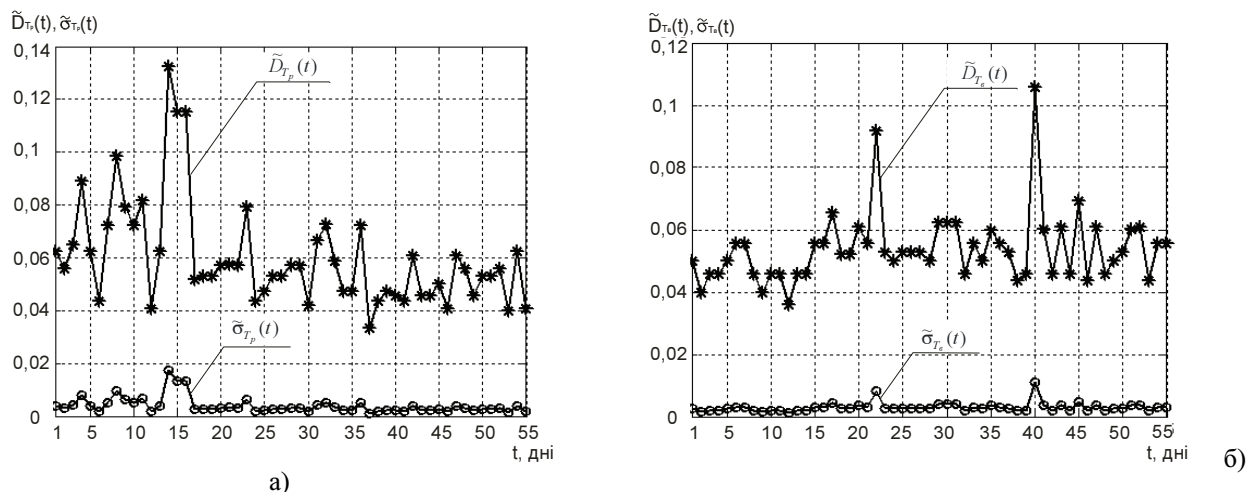
$$\tilde{D}_{T_p}(t_k) = \frac{\sum_{i=1}^n [T_{pi}(t_k) - \tilde{m}_{T_p}(t_k)]^2}{n-1}; \quad (3)$$

$$\tilde{D}_{T_e}(t_k) = \frac{\sum_{i=1}^n [T_{ei}(t_k) - \tilde{m}_{T_e}(t_k)]^2}{n-1}; \quad (4)$$

$$\tilde{\sigma}_{T_p}(t_k) = \sqrt{\tilde{D}_{T_p}(t_k)}; \quad (5)$$

$$\tilde{\sigma}_{T_e}(t_k) = \sqrt{\tilde{D}_{T_e}(t_k)}. \quad (6)$$

Дисперсія випадкової функції при кожному t характеризує розкид можливих реалізацій випадкової функції відносно середнього, іншими словами, степінь «випадковості» величини.



а) - характеристики дисперсії та середньоквадратичного відхилення функції $T_p(t)$; б – характеристики дисперсії та середньоквадратичного відхилення функції $T_e(t)$

Рисунок 2 – Характеристики дисперсій та середньоквадратичних відхилень випадкових функцій температури молока

Аналіз отриманих характеристик доводить, що всі три реалізації $T_p(t)$ і $T_e(t)$ мають невеликий розкид, тому отримані усереднені характеристики $\tilde{m}_{T_p}(t)$ і $\tilde{m}_{T_e}(t)$ добре описують закономірність зміни ранішньої та вечірньої температури молока тварин. При цьому, вранці наявні два еструс-періоди, один з яких – явний, другий – тихий, ввечері - три явних еструс-періоди.

Через вплив багатьох факторів на температуру молока тварин, для діагностики еструс-періоду недостатньо характеристик функцій ранішньої та вечірньої температури молока тварин. Необхідно визначити функції їх відхилень за проміжок часу Δt_h , $h = 3$. Проведемо дослідження функцій відхилень температури молока тварин від їх попередніх значень за $\Delta t_1 = 1$ день, $\Delta t_2 = 2$ дні, $\Delta t_3 = 3$ дні. Для визначення відхилень ранішньої ΔT_p та вечірньої ΔT_e температури молока за різницю часу $\Delta t_1 = 1$ день для k -го дня застосовано формули (7) та (8) відповідно:

$$\Delta T_p(\Delta t_1) = \tilde{m}_{T_p}(t_k) - \tilde{m}_{T_p}(t_{k-1}); \quad (7)$$

$$\Delta T_e(\Delta t_1) = \tilde{m}_{T_e}(t_k) - \tilde{m}_{T_e}(t_{k-1}), \quad (8)$$

де $\tilde{m}_{T_p}(t_k)$ та $\tilde{m}_{T_e}(t_k)$ - оцінки для математичних очікувань функцій $T_p(t)$ і $T_e(t)$ для k -го дня відповідно;

$\tilde{m}_{T_p}(t_{k-1})$ та $\tilde{m}_{T_e}(t_{k-1})$ - те ж саме для $k-1$ -го дня відповідно.

Для визначення відхилень ранішньої ΔT_p та вечірньої ΔT_e температури молока за різницю часу $\Delta t_2 = 2$ дні для k -го дня застосовано формули (9) та (10) відповідно:

$$\Delta T_p(\Delta t_2) = \tilde{m}_{T_p}(t_k) - \frac{\tilde{m}_{T_p}(t_{k-1}) + \tilde{m}_{T_p}(t_{k-2})}{2}; \quad (9)$$

$$\Delta T_g(\Delta t_2) = \tilde{m}_{T_g}(t_k) - \frac{\tilde{m}_{T_g}(t_{k-1}) + \tilde{m}_{T_g}(t_{k-2})}{2}, \quad (10)$$

де $\tilde{m}_{T_p}(t_{k-2})$ та $\tilde{m}_{T_g}(t_{k-2})$ - оцінки для математичних очікувань функцій $T_p(t)$ і $T_g(t)$ для $k-2$ -го дня відповідно.

Для визначення відхилень ранішньої ΔT_p та вечірньої ΔT_g температури молока за різницю часу $\Delta t_3 = 3$ дні для k -го дня застосовано формули (11) та (12) відповідно:

$$\Delta T_p(\Delta t_3) = \tilde{m}_{T_p}(t_k) - \frac{\tilde{m}_{T_p}(t_{k-1}) + \tilde{m}_{T_p}(t_{k-2}) + \tilde{m}_{T_p}(t_{k-3})}{3}; \quad (11)$$

$$\Delta T_g(\Delta t_3) = \tilde{m}_{T_g}(t_k) - \frac{\tilde{m}_{T_g}(t_{k-1}) + \tilde{m}_{T_g}(t_{k-2}) + \tilde{m}_{T_g}(t_{k-3})}{3}, \quad (12)$$

де $\tilde{m}_{T_p}(t_{k-3})$ та $\tilde{m}_{T_g}(t_{k-3})$ - оцінки для математичних очікувань функцій $T_p(t)$ і $T_g(t)$ для $k-3$ -го дня відповідно.

Фрагмент результатів обчислень за формулами (7)-(12) зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати обчислень функцій $\Delta T_p(\Delta t)$ і $\Delta T_g(\Delta t)$

Час t, дні	Різниця температури молока $\Delta T_p(\Delta t_h)$, °C			Різниця температури молока $\Delta T_g(\Delta t_h)$, °C		
	Інтервал часу Δt_h , дні			Інтервал часу Δt_h , дні		
	$\Delta t_1 = 1$	$\Delta t_2 = 2$	$\Delta t_3 = 3$	$\Delta t_1 = 1$	$\Delta t_2 = 2$	$\Delta t_3 = 3$
2	-0,13			0,16		
3	-0,12	-0,185		-0,01	0,07	
4	0,14	0,08	0,017	-0,01	-0,015	0,037
5	-0,11	-0,04	-0,057	-0,04	-0,045	-0,05
...	...	...	...	...	...	...
12	-0,05	-0,025	-0,013	0,02	0,015	0,02
13	1,42	1,395	1,403	0,6	0,61	0,61
14	-1,44	-0,73	-0,51	-0,46	-0,16	-0,053
...	...	...	...	...	...	...
32	0,11	0,06	0	0,22	0,085	0,07
33	0,15	0,205	0,2	-0,06	0,05	-0,003
34	-0,27	-0,195	-0,13	0,65	0,62	0,68
35	0,01	-0,125	-0,12	-0,33	-0,005	0,083

Продовження таблиці 1

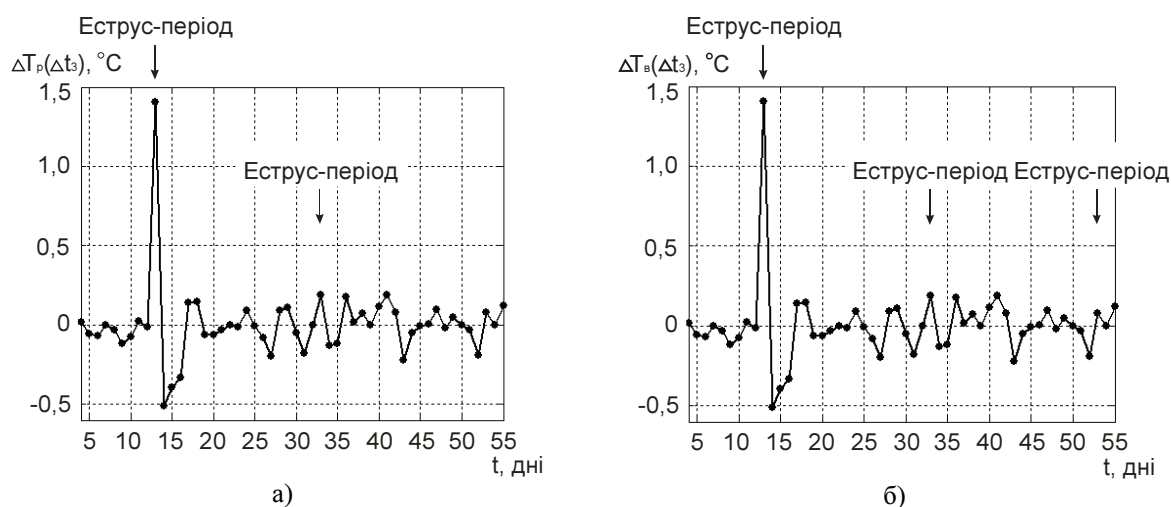
Час t, дні	Різниця температури молока $\Delta T_p(\Delta t_h), ^\circ\text{C}$			Різниця температури молока $\Delta T_e(\Delta t_h), ^\circ\text{C}$		
	Інтервал часу Δt_h , дні			Інтервал часу Δt_h , дні		
	$\Delta t_1 = 1$	$\Delta t_2 = 2$	$\Delta t_3 = 3$	$\Delta t_1 = 1$	$\Delta t_2 = 2$	$\Delta t_3 = 3$
36	0,26	0,265	0,177	-0,17	-0,335	-0,173
37	-0,16	-0,03	0,017	-0,05	-0,135	-0,273
...	...	...	...	...	...	...
47	0,12	0,105	0,097	0,14	0,215	0,18
...	...	...	...	...	...	...
52	-0,16	-0,18	-0,193	-0,17	-0,125	-0,12333
53	0,2	0,12	0,08	0,62	0,535	0,536667
54	-0,08	0,02	0	-0,68	-0,37	-0,323
55	0,11	0,07	0,123	0,22	-0,12	-0,027

Провівши аналіз даних з табл. 1, можна зробити наступні висновки:

1. Для визначення еструс-періоду за ранішньою температурою молока тварини недостатньо відхилень від її попередніх значень за $\Delta t_1 = 1$ день та $\Delta t_2 = 2$ дні, оскільки, крім точно встановлених еструс-періодів (13-й та 33-й дні), такі дані вказують на ще один псевдо-еструс-період (36-й день). Тому необхідно враховувати відхилення температури молока за $\Delta t_3 = 3$ дні, при цьому чітко видно еструс-періоди, при яких $\Delta T_p(\Delta t_3) \geq 0,2^\circ\text{C}$.

2. Для визначення еструс-періоду за вечірньою температурою молока тварини недостатньо відхилень від її попередніх значень за $\Delta t_1 = 1$ день та $\Delta t_2 = 2$ дні, оскільки, крім точно встановлених еструс-періодів (13-й, 34-й та 53-й дні), такі дані вказують на інші псевдо-еструс періоди (32-й та 55-й дні при $\Delta t_1 = 1$ день та 47-й день при $\Delta t_2 = 2$ дні). Тому необхідно враховувати відхилення температури молока за $\Delta t_3 = 3$ дні, при цьому чітко видно еструс-періоди, при яких $\Delta T_e(\Delta t_3) \geq 0,5^\circ\text{C}$.

Функції $\Delta T_p(\Delta t_3)$ та $\Delta T_e(\Delta t_3)$ зображені на рис. 3.



а) - характеристика функції $\Delta T_p(\Delta t_3)$; б) - характеристика функції $\Delta T_e(\Delta t_3)$

Рисунок 3 – характеристики функцій відхилень ранішньої та вечірньої температури молока тварин за різницю часу $\Delta t_3=3$ дні

Проведені в роботі дослідження показують, що температура молока – точний та достовірний індикатор для діагностики еструс-періоду у тварин, вимірювання якого не потребує складної апаратури та легко вписується в технологічний процес доїння на молочних фермах. Аналіз функцій ранішньої та вечірньої температури молока тварин та функцій їх відхилень за проміжок часу 1...3 дні встановив, що оптимальною стратегією діагностики еструс-періоду є наступна: якщо відхилення ранішньої температури молока від її середнього значення за 3 попередні дні $\geq 0,2$ °C, вечірньої – $\geq 0,5$ °C.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на визначення впливу факторів навколишнього середовища на функції температури молока тварин.

Список літератури

1. Яблонський В.А. Біотехнологія відтворення тварин: Підручник / В.А. Яблонський – К.: Арістей, 2004. – 296 с.
2. Кирьянов В.А. Воспроизводство стада крупного рогатого скота / Кирьянов В.А., Ключников М.Т., Коровко В.И. – Владивосток: Издательство дальневосточного университета, 1991. - 158с.
3. Макеев В. Проблема виявлення охоти у корів / В. Макеев // Ветеринарна медицина України. – 1999. - № 1. – С. 34-35.
4. ALPRO™ - профессиональный инструмент управления стадом [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.delaval.com.ua/Dairy_Knowledge/EfficientDairyHerdMgmt/ALPRO_A_Professional_Herd_Management_Tool.htm?wbc_purpose=BasicAb. – 15.06.2009 р. – Назва з титул. екрана.
5. Walton S. Indicators of Estrus in Holstein Cows Housed in Tie Stalls / S. Walton, G.J. King // Journal of Dairy Science. – 1986. - № 69. – P. 2966-2973.
6. Fordham D.P. Oestrus detection in dairy cows by milk temperature measurement / D.P. Fordham, P. Rowlinson, T.T. McCarthy // Veterinary Research Communications. – 1988. - № 44. – P. 366-374.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – издание четвертое, стереотипное. - М.: Наука. – 1969. – 576 с.
8. Fordham D.P. An evaluation of milk temperature measurement for detecting oestrus in dairy cattle. II Variations in body and milk temperature associated with oestrus / D.P. Fordham, P. Rowlinson, T.T. McCarthy // Veterinary Research Communications. – 1987. – № 11. – P. 381-391.

В. Версаль, Ю. Версаль, А. Богданова

Исследование функций температуры молока для автоматической диагностики эструс-периода у животных

В статье описаны исследования случайных функций утренней и вечерней температуры молока коров, а именно: проведена их регистрация и обработка данных. Обработка состояла из нахождения оценок для математических ожиданий, дисперсий и среднеквадратических отклонений функций. Исследованы функции отклонений утренней и вечерней температуры молока животных от предыдущих значений за разницу времени 1...3 дня. Доказано, что наилучшая стратегия диагностики эструс-периода – если отклонение значения утренней температуры молока от среднего за три предыдущих дня $\geq 0,2$ °C, вечерней – $\geq 0,5$ °C.

V. Versal, J. Versal, A. Bohdanova

Researching of milk temperature's functions for automatical diagnostics of estrus in animals

In article the reseaches of random a.m. and p.m. cows' milk temperature's functions are described, viz their registration and data processing were carried out. The processing was consisted from finding of estimations for mathematical expectations, dispersions and standard deviations of functions. The functions of deviations of a.m. and p.m. animals' milk temperature from previous values at the time difference of 1...3 days are researched. It's proved, that the best strategy of estrus diagnostics is if the deviation of a.m. and p.m. milk temperature values from the mean one for three previous days $\geq 0,2$ °C, p.m. - $\geq 0,5$ °C.

Одержано 31.03.11