

OCENA FUNKCJONALNA NOWYCH CZUJNIKÓW TEMPERATURY MLEKA

Streszczenie

W Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu opracowano komputerowy system diagnostyki temperaturowej krów. Na podstawie badań dokonano oceny funkcjonalnej nowych czujników temperatury mleka zamontowanych w kubkach udojowych z użyciem specjalnego programu komputerowego. Na podstawie zarejestrowanych w czasie badań oborowych termografów sływu mleka z ćwiartek wymion krów określono częstotliwość występowania poszczególnych komunikatów działania termistorów.

Słowa kluczowe: czujnik temperatury, dój maszynowy, termograf

Wprowadzenie

W latach 2011-2014 w Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu opracowano komputerowy system diagnostyki temperaturowej krów [5]. Istotą działania nowego aparatu jest możliwość wykrywania w czasie doju maszynowego rui krów, wczesnej ciąży, stanów zapalnych ćwiartek wymienia oraz w ograniczonym stopniu innych schorzeń. Sygnałem diagnostycznym są wartości temperatur mleka sływającego z ćwiartek wymion krów rejestrowane automatycznie w czasie doju, przetwarzane programowo z użyciem algorytmu hodowania diagnostycznego (opracowanego w Katedrze Hodowli Bydła Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie). Komputerowy system diagnostyki temperaturowej krów składa się z następujących podzespołów:

- aparatu udojowego Classic 300 firmy GEA Farm Technologies,
- czterech termistorowych czujników temperatury TT4-5KC3-25-3500-UPP zamontowanych w kubkach udojowych,
- modułu mikroprocesorowego zawierającego m.in. blok zasilania termistorów, sześciokanałowy blok automatycznej rejestracji sygnałów pomiarowych z 16 bitowym przetwornik A/C delta-sigma oraz pamięcią półprzewodnikową, blok ekspozycji wyników z wyświetlaczem LCD alfanumerycznym 16x2 zgodnym ze sterownikiem HD 44780 oraz akumulator,
- wyposażenia udojowego i dodatkowego: wieszaka ze stali kwasoodpornej, złącza zintegrowanego, pulsatora, węża mlecznego, podciśnieniowego i innych,
- interfejsu USB, komputera PC z specjalnym programem komputerowym.

Program komputerowy zawiera cztery podprogramy: *Rejestrator*, *Baza danych*, *Analiza danych* oraz *Diagnostyka*. W podprogramie *Analiza danych* stosowanych jest sześć algorytmów: cztery algorytmy diagnostyczne (*Wykrywanie rui*, *Wykrywanie wczesnej ciąży*, *Stany Podkliniczne*, *Stany ostre*) oraz dwa algorytmy pomiarowe (*Analiza temperaturowa*, *Działanie czujników*). Algorytmy diagnostyczne wykorzystywane są dla celów temperaturowej diagnostyki wybranych stanów fizjologicznych i zdrowotności gruczołów mlekowych krów, z kolei algorytmy pomiarowe wykorzystywane są w celu analizy kształtowania się temperatury mleka w czasie doju maszynowego krów oraz oceny działania czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych [5].

Wiarygodność diagnostyki stanów fizjologicznych i zdrowotności wymion krów w oparciu o rejestrowane automatycznie w czasie doju wartości temperatur mleka sływającego z ćwiartek wymion krów w pierwszej kolejności uzależniona jest od poprawności wskazań czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych [2, 7, 8]. W trakcie doju maszynowego krów mogą pojawiać się zakłócenia wpływające na warunki pomiaru temperatury mleka w kubku udojowym [6]. Analiza rejestrowanych w czasie doju wartości temperatur mleka w celach diagnostycznych wymaga prawidłowej interpretacji termografów, co jest zagadnieniem bardzo złożonym. Nie wszystkie rejestrowane zakłócenia przebiegów sływu mleka z ćwiartek wymion krów mogą być traktowane jak błędy grube, gdyż przyczyną pojawiających się w czasie doju nieprawidłowości mogą być cechy fizjologiczne krów, struktura morfologiczna poszczególnych gruczołów mlekowych, stosowane w oborach procedury udojowe i inne [1, 5, 6].

Na podstawie badań dokonano oceny funkcjonalnej termistorowych czujników temperatury mleka z użyciem specjalistycznego programu komputerowego.

Materiał i metody

Badania z zastosowaniem komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów przeprowadzono w trzech oborach uwięziowych, wyposażonych w dojarki rurociągowe, w województwach wielkopolskim (obora A i B) i kujawsko-pomorskim (obora C). Łącznie w trakcie badań doju 70 krów wysokowydajnych rasy hf, w trakcie których zarejestrowano około 3500 termografów sływu mleka z płatów wymion krów.

Ocenę funkcjonalną czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych dokonano analizując termografy sływu mleka z ćwiartek wymion krów z użyciem programu komputerowego zawierającego algorytm *Działanie czujników*. Na etapie tworzenia algorytmu zdefiniowano trzy rodzaje komunikatów: *Działanie prawidłowe*, *Zakłócenie* oraz *Brak połączenia*. Ponieważ w literaturze nie istnieje pojęcie wzorcowej temperatury mleka, jak również wzorcowego termografu sływu mleka, przyjęto, na podstawie wartości uzyskiwanych w innych badaniach [1] temperaturę nominalną mleka w zakresie od 37,5°C do 41,0°C. Nie analizowano początkowych 60-sekund przebiegów doju, ze względu na występowanie stanu nieustalonego pracy czujników temperatury [5]. W przypadku przerw w sływie mleka z ćwiartek wymion krów (występowaniu fluktuacji) przyjęto działanie czujnika jako prawidłowe, o ile temperatura w analizowanym

przedziale czasu nie będzie niższaniż 28°C. Termografy spełniające powyższe warunki analizowano jako działanie prawidłowe termistorów zamontowanych w kubkach udojowych.

Przypadki fizycznego przerwania połączenia pomiędzy źródłami zasilania a czujnikami temperatury zamontowanymi w kubkach udojowych traktowano jako brak połączenia (przerwa w obwodzie) pomiędzy czujnikiem temperatury a źródłem jego zasilania.

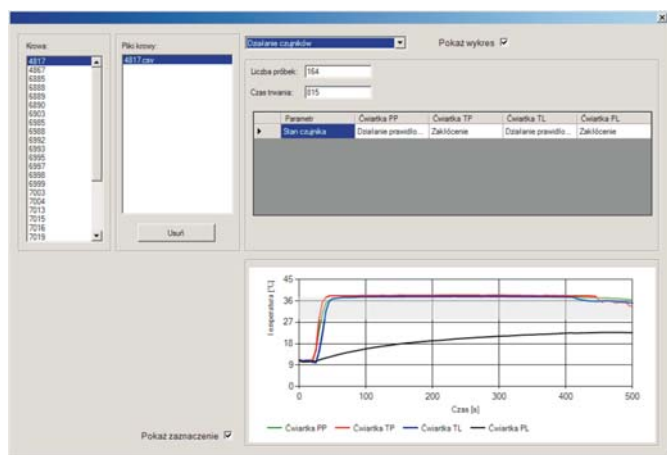
W innych przypadkach niż działanie prawidłowe lub brak połączenia program komputerowy analizował termografy jako zakłócenie.

Analizowano surowe wyniki pomiarów bez wstępnej obróbki danych w plikach cvs. Obliczano liczbę generowanych komunikatów: działanie prawidłowe, zakłócenie i brak połączenia. Brano pod uwagę przebiegi rejestrowane w czasie badań diagnostycznych w oborach A, B i C.

Wyniki badań

W tab. 1 zestawiono wyniki oceny funkcjonalnej termistorów zamontowanych w kubkach udojowych.

Przykładowe wyniki analiz z użyciem programu komputerowego przedstawiono na rys. 1.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 1. Przykładowe wyniki oceny działania termistorów zamontowanych w kubkach udojowych

Fig. 1. Exemplary results of work assessment of thermistors mounted in the teat cups

Wyniki analizy termografów wykazały, że w ponad 83% przypadków czujniki temperatury zamontowane w kubkach udojowych działały prawidłowo. Awaryjne wynikające z przerwania połączenia termistora ze źródłem zasilania występowały bardzo rzadko (mniej niż 1% analizowanych termografów). Z kolei prawidłowa interpretacja komunikatów sygnalizujących pojawianie się zakłóceń przebiegów doju wymagała w pierwszej kolejności uwzględnienia specyfiki dojonego stada krów, jak i czasookresu przeprowadzania badań w oborach.

Na podstawie analizy termografów splywu mleka z ćwiartek wymion krów wyodrębniono trzy typy zakłóceń.

- Zakłócenia typu 1 obejmowały przypadki, gdzie w czasie całego doju rejestrowano wartości temperatur poniżej 37,5°C. Przyczyną zakłóceń był brak wypływu mleka z ćwiartek wymion krów. W zależności od obory odsetek krów z nieczynnymi ćwiartkami może być bardzo różny. W badaniach diagnostycznych największy odsetek takich krów zarejestrowano w oborze C, z kolei w oborze B była ona najmniejsza.

- Zakłócenia typu 2 dotyczyły przypadków występowania w czasie doju wartości temperatur powyżej 41,0°C. Teoretycznie mogły być one wynikiem występowania ostrego stanu chorobowego u krów, jednak w czasie badań diagnostycznych w żadnej oborze takie przypadki nie pojawiały się. Zakłócenia typu 2, mimo stosunkowo dużej liczby przypadków, wystąpiły tylko w gospodarstwie A i były one wynikiem nieprawidłowej pracy rejestratora sygnałów pomiarowych. Opracowanie nowej płytki elektronicznej i zastosowanie ulepszonych rozwiązań konstrukcyjnych definitywnie wyeliminowało problem nieprawidłowego działania rejestratora sygnałów pomiarowych. Przykład badań w oborze A ukazuje problem wpływu stosowanych technologii produkcji na niezawodność działania urządzeń elektronicznych pracujących w warunkach oborowych [4].

- Zakłócenia typu 3 obejmowały przypadki występowania w czasie doju wartości temperatur poniżej 28,0°C, ale pod warunkiem, że w trakcie doju zarejestrowano co najmniej jedną wartość temperatury w zakresie od 37,5°C do 41,0°C. Wyniki wcześniejszych badań wykazały, że różnice temperatur wynoszące około 10°C, w odniesieniu do temperatury mleka 38,6°C (temperatura mleka jest cechą osobniczą krów [1]), pojawiały się przy co najmniej 60-sekundowych przerwach w splywie mleka [3]. Pojawianie się w czasie doju krów temperatur w kubkach udojowych poniżej 28,0°C teoretycznie mogło być wynikiem długotrwałych zaników splywu mleka z ćwiartek wymion krów (fluktuacjami w rozumieniu teoretycznego algorytmu wnioskowania diagnostycznego), będących wynikiem stanu chorobowego dojonych zwierząt [1]. Ważnym parametrem jest czas występowania fluktuacji w czasie doju, gdyż podczas analizy termografów pod kątem diagnostyki zdrowotności gruczołów mlekowych nie uwzględnia się początkowej i końcowej fazy doju [5].

W przypadku zakłóceń typu 3 największa liczba komunikatów (ponad 98%) dotyczyła przebiegów w końcowej fazie doju krów. Przyczyną znacznego ochładzania termistorów zamontowanych w kubkach udojowych były w pierwszej kolejności pustodoje fizjologiczne lub organizacyjne płatów wymion krów. W przypadku zaniku splywu mleka z płata wymienia krowy termistor ochładza się do temperatury występującej w kubku udojowym. Przy dużej nierównomierności rozdziału mleka w wymieniu czas pustodoju ćwiartki wymienia bardzo często był większy niż 1 min, co doprowadzało do wychłodzenia czujników do temperatury poniżej 28°C. Podobne zjawisko zaobserwowano w przypadku pustodojów organizacyjnych.

Innymi przyczynami występowania zakłóceń typu 3 zarejestrowanymi w czasie badań oborowych były m.in.: opóźnione rozpoczęcie doju po załączeniu rejestratora (po

Tab. 1. Wyniki oceny funkcjonalnej nowych czujników temperatury mleka

Table 1. The results of functional assessment of new milk temperature sensors

Gospodarstwo	Liczba analizowanych termografów	Komunikaty					
		Działanie prawidłowe		Zakłócenia		Brak połączenia	
		n	%	n	%	n	%
A	2576	2102	81,6	466	18,1	8	0,3
B	728	672	92,3	56	7,7	0	0,0
C	144	100	69,4	39	27,1	5	3,5
Razem	3448	2874	83,4	561	16,2	13	0,4

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Tab. 2. Wyniki analizy termografów z zakłóceniami
Table 2. The results of thermographs analysis with disturbances

Gospodarstwo	Liczba termografów z zakłóceniami	Rejestrowane zakłócenia					
		Typ 1		Typ 2		Typ3	
		n	%	n	%	n	%
A	466	34	1,3	146	5,7	286	11,1
B	56	21	2,9	0	0,0	35	4,8
C	39	21	14,6	0	0,0	18	12,5
Razem	561	76	2,2	146	4,2	339	9,8

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

upływie 60 sekund temperatura początkowa termistora była analizowana jako zakłócenie, w czasie badań oborowych zarejestrowano tylko jeden przypadek opóźnionego doju), zrzucanie przez krowy aparatu udojowego, co powodowało natychmiastowe ochłodzenie czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych, długi czas rozdajania krów, jak i zaniki spływu mleka po rozpoczęciu dojów będących cechą osobniczą krów. Powyższe przypadki występowały sporadycznie.

W tab. 2 zestawiono wyniki analizy termografów z zakłóceniami oraz określono częstotliwość występowania poszczególnych typów zakłóceń.

Występowanie długotrwałych pustodojów płatów wymion krów nie wynika z nieprawidłowej pracy czujników temperatury lub modułu mikroprocesorowego. Po wykluczeniu innych zakłóceń, przebiegi z zarejestrowanym pustodojem klasyfikowano jako termografy prawidłowe i wykorzystywano w analizach diagnostycznych. Pozostałe zakłócenia, jak i przypadki przerwania połączenia pomiędzy czujnikami temperatury a źródłem zasilania traktowano jako błędy grube i nie były one przedmiotem analiz diagnostycznych.

Uzyskane wyniki oceny funkcjonalnej termistorów zamontowanych w kubkach udojowych mogą posłużyć do modyfikacji części programowej komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów.

Podsumowanie

W trakcie badań w oborach wystąpiły wszystkie zdefiniowane przypadki działania czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych. Największa liczba komunikatów dotyczyła prawidłowego działania termistorów.

Na podstawie analizy termografów spływu mleka z ćwiartek wymion krów wyodrębniono trzy typy zakłóceń.

Uzyskane wyniki oceny funkcjonalnej czujników temperatury mogą posłużyć do modyfikacji algorytmu *Działanie czujników* w celu bardziej szczegółowej identyfikacji typu zakłóceń pojawiających się w czasie doju krów.

Bibliografia

- [1] Gil Z., Szarek, J., Felińczak, A., Nowak, C.: Wykorzystanie pomiaru temperatury mleka jako niekonwencjonalnej metody wykrywania rui, schorzeń gruczołu mlekowego i innych chorób oraz ciąży u krów. *Medycyna Weterynaryjna*, 1993, 49, 82-85.
- [2] Gryśka M.: Ocena funkcjonalna czujników temperatury zamontowanych w diagnostycznym aparacie udojowy. Praca magisterska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2011.
- [3] Jędrus A.: Analiza porównawcza czujników temperatury zamontowanych w kubku udojowym. *Inżynieria Rolnicza*, 2013, Z. 3 (146), T. 2, 103-111.
- [4] Jędrus A.: Ocena funkcjonalna mikroprocesorowego modułu diagnostycznego nowego aparatu udojowego. W: Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Red. W. Romaniuk. Falenty: Wyd. ITP, 2013, 98-101. ISBN: 978-83-62416-61-5.
- [5] Jędrus A.: Diagnostyka stanów fizjologicznych i zdrowotności krów z wykorzystaniem inteligentnych czujników temperatury mleka. Sprawozdanie merytoryczne MNiSW nr N N313 787040, 2014
- [6] Jędrus A.: Właściwości funkcjonalne komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów. *Inżynieria Rolnicza*, 2014, Z. 1(149).
- [7] Jędrus A., Szeremeta K.: Ocena funkcjonalna czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych w warunkach laboratoryjnych. Część 1. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2014, 4, 24-26.
- [8] Jędrus A., Szeremeta K.: Ocena funkcjonalna czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych w warunkach laboratoryjnych. Część 2. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2014, 5, 11-13.

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N313 787040 „Diagnostyka stanów fizjologicznych i zdrowotności krów z wykorzystaniem inteligentnych czujników temperatury mleka”.

FUNCTIONAL ASSESSMENT OF NEW MILK TEMPERATURE SENSORS

Summary

In the Institute of Biosystems Engineering at Poznan University of Life Sciences the computer system for temperature diagnosis of cows was built. The objective of the study was to assess the functionality of new temperature sensors mounted in teat cups with the use of a special computer programme. The analysis of thermographs of milk flow out of udder quarters obtained during the cowshed tests made it possible to determine the frequency of occurrences of individual work reports of thermistors.

Key words: temperature sensor, milking machine, thermograph