



WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE KOMPUTEROWEGO SYSTEMU DIAGNOSTYKI TEMPERATUROWEJ KRÓW¹

Aleksander Jędrus

Instytut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

* Adres do korespondencji: ul. Wojska Polskiego 50, 60-627 Poznań, e-mail: aljed@up.poznan.pl

INFORMACJE O ARTYKULE

Historia artykułu:
Wpłynął: grudzień 2013
Zrecenzowany: luty 2014
Zaakceptowany: marzec 2014

Słowa kluczowe:
diagnostyka krów
system udojowy
temperatura
zakłócenia

STRESZCZENIE

Celem pracy była analiza termogramów splywu mleka z ćwiartek wymion krów pod kątem wstępnego wyodrębnienia czynników zakłócających wpływających na warunki pomiaru temperatury mleka w czasie doju maszynowego krów. Badania przeprowadzono w warunkach oborowych z wykorzystaniem specjalnego urządzenia udojowego, wyposażonego w termistorowe czujniki temperatury zamontowane w kubkach udojowych oraz mikroprocesorowy rejestrator sygnałów pomiarowych. Na podstawie analizy termogramów uzyskanych w trakcie badań oborowych stwierdzono wpływ stanu zdrowotnego płatów wymion krów, osobniczej fizjologii oddawania mleka przez krowy, fazy doju krów, poprawności działania czujnika na kształtowanie się temperatury w kubku udojowym dojarki mechanicznej.

Wstęp

Podjęte w Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, wraz z Katedrą Hodowli Bydła Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie prace badawczo-konstrukcyjne, w tym w ramach projektu MNiSW nr N N313 787040 „Diagnostyka stanów fizjologicznych i zdrowotności krów z wykorzystaniem inteligentnych czujników temperatury mleka”, doprowadziły do budowy nowoczesnego systemu udojowego z funkcjami diagnostycznymi. W konstrukcji nowego urządzenia zastosowano cztery czujniki temperatury, które zamontowano w kubkach udojowych. Na podstawie rejestrowanych automatycznie w czasie doju wartości temperatur mleka, spływającego z poszczególnych płatów wymion krów oraz wykorzystaniu algorytmu wnioskowania diagnostycznego istnieje możliwość wykrywania u krów rui, wczesnej ciąży oraz określa-

¹ Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N313 787040 „Diagnostyka stanów fizjologicznych i zdrowotności krów z wykorzystaniem inteligentnych czujników temperatury mleka”

nia zdrowotności ćwiartek wymion krów (Jędrus i Gil, 2011). Szczegółową budowę oraz wybrane parametry techniczne i metrologiczne podzespołów komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów opisano w literaturze (Beba, 2013; Jędrus, 2013a,b).

Jak już sygnalizował Jędrus (2013c) zagadnienie pomiarów temperatury w czasie doju maszynowego krów jest w literaturze zagadnieniem słabo rozpoznany. Jak dotąd nie analizowano wpływu zakłóceń pojawiających się w czasie doju na kształtowanie się temperatury w kubkach udojowych. Jedynie Gil (1988) podaje, że występująca podczas doju fluktuacja temperatury mleka jest bezpośrednio wynikiem nieprawidłowości zachodzących w splywie mleka z gruczołu mlekowego krowy.

Celem pracy była analiza termogramów splywu mleka z ćwiartek wymion krów pod kątem wstępnego wyodrębnienia czynników zakłócających wpływających na warunki pomiaru temperatury mleka w czasie doju maszynowego krów.

Metodyka badań

Badania z zastosowaniem komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów przeprowadzono w warunkach oborowych w miejscowości Wławie w powiecie kościańskim województwa wielkopolskiego. Obora wyposażona była w dojkarkę rurociągową, będącą hybrydą rozwiązań konstrukcyjnych firm DeLaval i Polanes. Stado mleczne liczyło około 20 krów wysokowydajnych rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, dojonych na co dzień przy użyciu czterech aparatów udojowych. W oborze stosowano pulsatory elektroniczne o przemiennym systemie pulsacji gum strzykowych (2x2), znamionowej częstotliwości pulsacji 60 taktów na minutę i znamionowym procentowym stosunku taktu ssania do masażu 60:40%. Wartość podciśnienia roboczego w instalacji udojowej wynosi około 50 kPa.

Stosowane w trakcie badań oborowych nowe urządzenia udojowe składało się z następujących części i podzespołów (rysunek 1):

- aparatu udojowy Classic 300 firmy GEA wyposażonego w cztery termistorowe czujniki temperatury TT4-5KC3-25-3500-UPP wyposażone w dodatkowy materiał osłonowy ze stali kwasoodpornej o grubości ścianki około 0,2 mm. Dokładność termistorów w osłonach wynosi $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ w zakresie temperatur 30-45°C. Czujniki temperatury zamontowane w przezroczystych wziernikach będących częścią kubków udojowych aparatu Classic 300;
- wieszaka ze stali kwasoodpornej firmy Polanes z Bydgoszczy ze złączem zintegrowanym Trico II, będącym nośnikiem pulsatora elektronicznego Duo firmy Polanes (o znamionowych parametrach pulsacji identycznych jak w pulsatorach stosowanych w oborze na co dzień), mikroprocesorowego rejestratora sygnałów pomiarowych oraz bloku zasilania akumulatorowego;
- pozostałego wyposażenia udojowego: przewodu mlekowego, węża podciśnieniowego, przewodów elektrycznych, umieszczonych w ochronnej gumowej osłonie wykonanej z węża podciśnieniowego, łączących czujniki temperatury z rejestratorem sygnałów pomiarowych i inne.



Rysunek 1. Urządzenie udojowe stosowane w badaniach oborowych: 1 – aparat udojowy z wbudowanymi termistorami 2 – mikroprocesorowy rejestrator sygnałów pomiarowych
Figure 1. Milking devices used in cowshed tests: 1 – milking apparatus with embodied thermistors 2 – microprocessor recorder of measurement signals

Przy użyciu tego urządzenia udojowego latem 2013 roku dojono łącznie dwadzieścia krów wysokowydajnych rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Celem oceny zdrowotności płatów wymion krów w trakcie badań pobierano okresowo do analiz mikrobiologicznych, przeprowadzonych przez laboratorium w Krotoszynie, próbki mleka ćwiartkowego, na podstawie których określono liczbę komórek somatycznych (LKS).

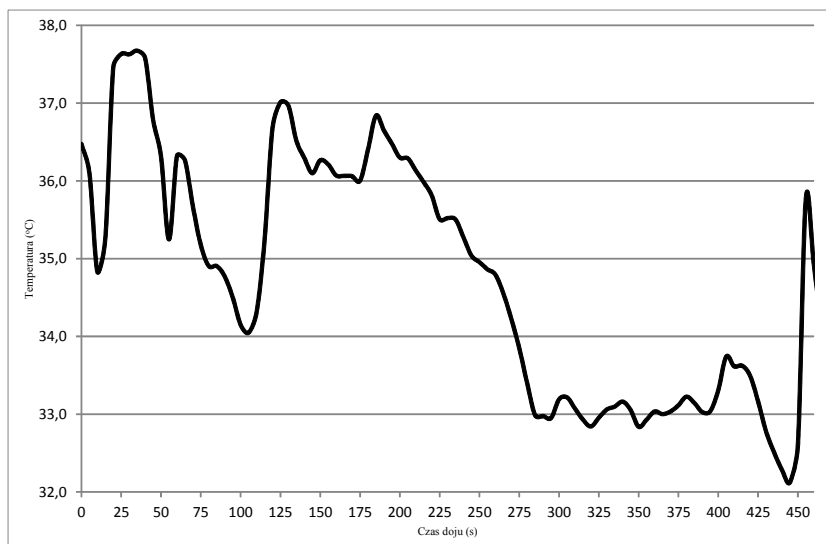
Na podstawie zarejestrowanych wartości temperatur sporządzono, z użyciem programu Microsoft Office Excel, kilkaset termogramów splywu mleka z ćwiartek wymion krów, będących przedmiotem szczegółowych analiz.

Wyniki badań doświadczalnych

Na rysunkach od 2 do 6 przedstawiono przykładowe termogramy splywu mleka z ćwiartek wymion krów uzyskane w trakcie badań oborowych. Na ich podstawie określono grupę zakłóceń wpływających na warunki pomiaru temperatury mleka w kubku udojowym w czasie doju maszynowego krów.

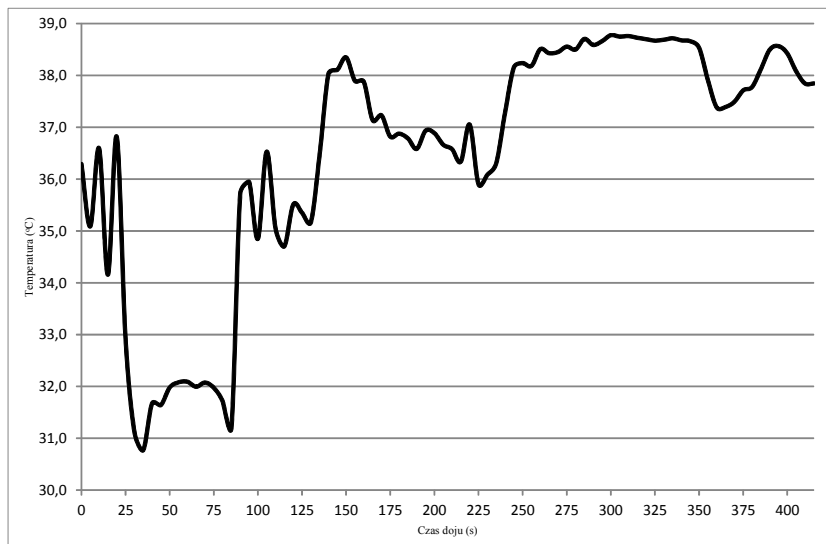
Pierwszym czynnikiem mogącym zakłócić kształtowanie się temperatury w kubku udojowym są stany zapalne gruczołu mlekowego. Jest to zagadnienie dobrze rozpoznane w literaturze (Gil, 1988). Jak podaje Gil (1988) nieprawidłowy splyw mleka może być m.in. wynikiem zaburzeń w wydalaniu mleka, spowodowanych schorzeniami gruczołu mlekowego o przebiegu podklinicznym.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy termogram splywu mleka z płąta chorego o dużej liczbie komórek somatycznych w mleku ćwiartkowym.



Rysunek 2. Termogram splywu mleka z ćwiartki tylnej prawej krowy o numerze oborowym 7595 i liczbie komórek somatycznych równej 5035 tys. w 1 ml mleka ćwiartkowego
Figure 2. Thermogram of milk flow from a back right quarter of a cow's udder with a cowshed number 7595 and the number of somatic cells equal to 5035 thousand in 1 ml of quarter milk

Analiza termogramów splywu mleka z ćwiartek wymion krów umożliwiła wyodrębnienie grupy przebiegów fluktuacyjnych dla których liczba komórek somatycznych w mleku ćwiartkowym była mniejszą niż 400 tys., a często nawet poniżej 100 tys. w 1 ml mleka ćwiartkowego, co jest cechą zdrowego płąta wymienia (Jarmuż i Skrzypek, 2006). Przykładowy termogram przedstawiono na rysunku 3.



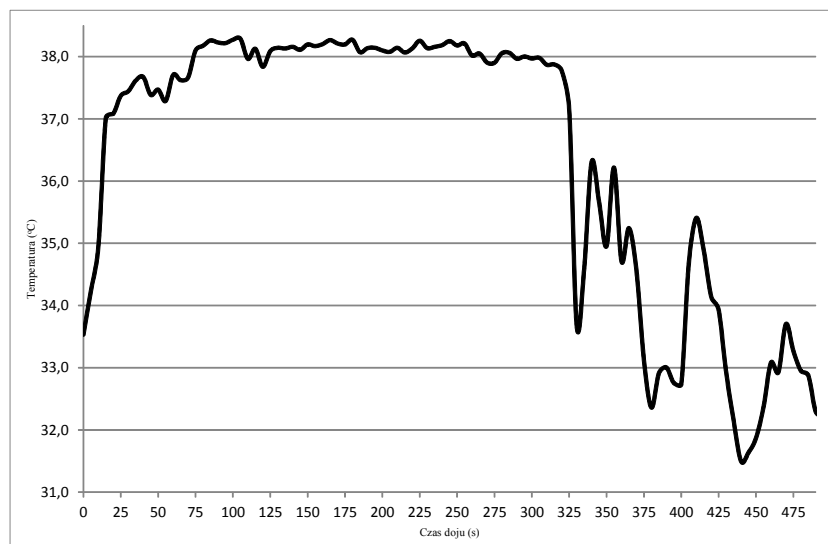
Rysunek 3. Termogram splywu mleka z ćwiartki tylnej lewej krowy o numerze oborowym 1160 i liczbie komórek somatycznych równej 161 tys. w 1 ml mleka ćwiartkowego
Figure 3. Thermogram of milk flow from a back left quarter of cow's udder with a cowshed number 1160 and the number of somatic cells equal to 161 thousand in 1 ml of quarter milk

Nieznane są przyczyny występowania fluktuacji splywu mleka. Niewykluczone, że zaburzenia oddawania mleka były wynikiem niewłaściwego przygotowania krowy do doju, stanu chorobowego płata wymienia (wartość LKS podana przez laboratorium mogła być błędna) lub też wynikały z wahań podciśnienia charakterystycznych przy doju dojarką rurociągową. Mało prawdopodobne, że pojawiające się zakłócenia wynikały z zaburzeń w sekrecji mleka, co jak podają Jarmuż i Skrzypek (2006), może występować przy obecności komórek somatycznych pomiędzy 100-200 tys. w 1 ml mleka.

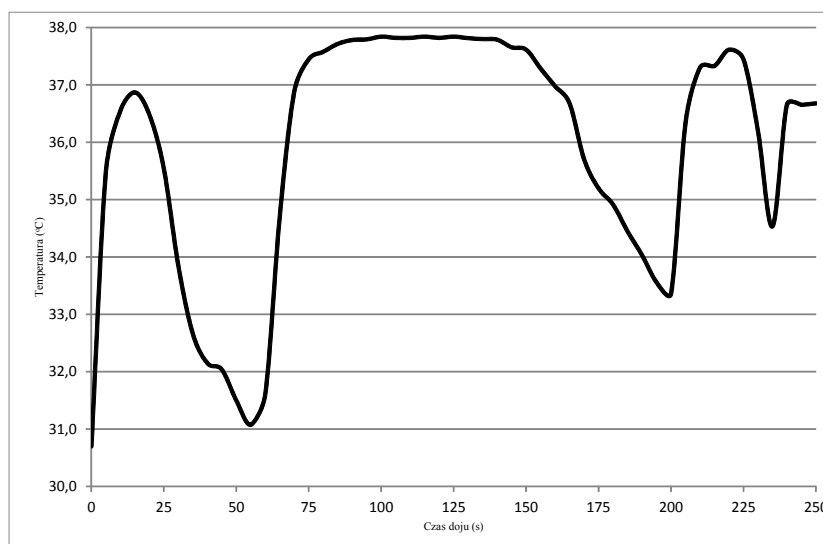
Na rysunku 4 przedstawiono inny termogram splywu mleka ze zdrowego płata wymienia krowy.

Zarejestrowane w fazie początkowej wartości temperatur wykazały prawidłowy przebieg nagrzewania czujnika temperatury. W dalszej fazie doju pojawiały się zaburzenia splywu mleka, objawiające się występowaniem fluktuacji splywu mleka z ćwiartki (ale o mniejszej niż w poprzednich przypadkach amplitudzie). Po zaniku splywu mleka zarejestrowano prawidłowy przebieg ochładzania termistora, po czym pojawiły się fluktuacje o większej amplitudzie, wynikające w pierwszej kolejności z przeprowadzanego podoju gruczołu mlekowego, a także z powodu zasysania powietrza atmosferycznego przy zdejmowaniu aparatu udojowego. Są to jednak zjawiska naturalnie występujące podczas doju maszynowego krów.

Na rysunku 5 przedstawiono termogram splywu mleka z jednorazową przerwą w splywie mleka zarejestrowaną w początkowej fazie doju.



Rysunek 4. Termogram splywu mleka z ćwiartki tylnej prawej krowy o numerze oborowym 0816 i liczbie komórek somatycznych równej 15 tys. w 1 ml mleka ćwiartkowego
 Figure 4. Thermogram of milk flow from a back right quarter of cow's udder with a cowshed number 0816 and the number of somatic cells equal to 15 thousand in 1 ml of quarter milk

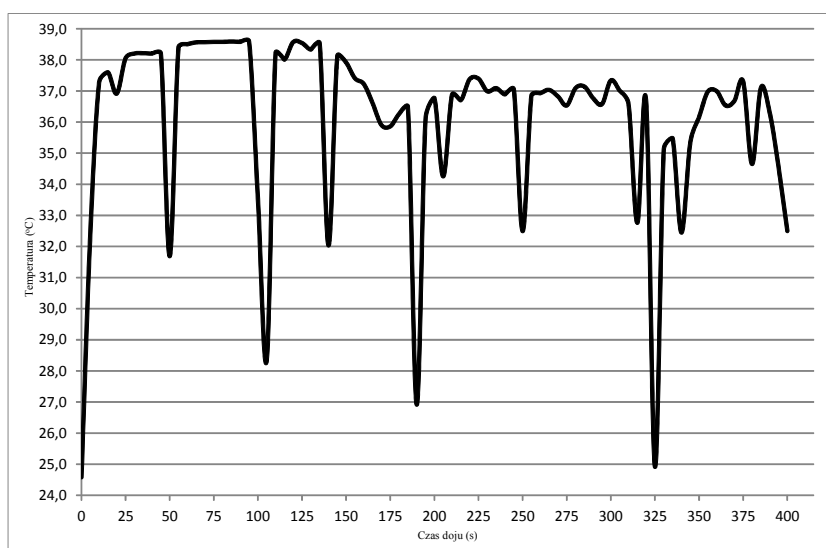


Rysunek 5. Termogram splywu mleka z ćwiartki przedniej prawej krowy o numerze oborowym 9421 i liczbie komórek somatycznych równej 61 tys. w 1 ml mleka ćwiartkowego
 Figure 5. Thermogram of milk flow from a front right quarter of cow's udder with a cowshed number 0816 and the number of somatic cells equal to 15 thousand in 1 ml of quarter milk

W literaturze sygnalizowano występowanie przerw w splywie mleka w początkowej fazie będących wynikiem nietypowej fizjologii oddawania mleka przez krowy (Jędrus i Lipiński, 2008), ale zaburzenia mogą również wynikać z niedostatecznego przygotowania wymienia do doju. Analiza termogramów splywu mleka z ćwiartek wymion krów musi uwzględniać zmienność osobniczą oddawania mleka przez krowy, zmieniającą się u tych samych sztuk z powodu występowania zakłóceń w produkcji mleka, przebiegu doju czy też pojawiających się zmian fizjologicznych wynikających z: wieku, postępu laktacji, występowania rui i innych (Gil i in, 1993; Jędrus i Lipiński, 2008).

Inną przyczyną występowania zakłóceń są przerwy w zasilaniu czujników temperatury. Również Jędrus i Lipiński (2007) zaobserwowali awarie zasilania czujników termometrycznych, co uniemożliwiało prawidłowe sterowanie przebiegiem dojów ćwiartkowych. Do zasilania termistorów stosowane są wysokostabilne scalone źródła prądowe, zamontowane w obudowie mikroprocesorowego rejestratora sygnałów pomiarowych i podłączone z czujnikami poprzez przewód elektryczny (chronione gumową osłoną) o długości około 2,5 m. Newralgiczną częścią układu pomiarowego jest przejście przewód-osłona metalowa termistora i w tym obszarze obserwowano problemy z ciągłością połączenia.

Na rysunku 6 przedstawiono przykładowy przebieg temperatury przy chwilowych przerwach w zasilaniu termistorów.



Rysunek 6. Termogram splywu mleka z przykładowej ćwiartki wymienia krowy przy nieprawidłowym zasilaniu czujnika temperatury

Figure 6. Thermogram of milk outflow from an exemplary quarter of cow's udder at an incorrect supply of a temperature sensor

Nieprawidłowa praca termistorów podczas doju maszynowego krów uniemożliwia wykorzystanie rejestrowanych w czasie doju wartości temperatur mleka do celów diagnostyki temperaturowej krów, w szczególności przy określaniu zdrowotności ćwiartek wymion krów.

Przeprowadzona wstępna analiza zakłóceń wpływających na kształtowanie się temperatury w kubku udojowym umożliwi udoskonalenie konstrukcji komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów, w szczególności programu komputerowego odpowiedzialnego za przetwarzanie sygnałów pomiarowych pod kątem oceny zdrowotności płatów wymion krów.

Przeprowadzone analizy termogramów splotu mleka z ćwiartek wymion krów rejestrowanych podczas badań oborowych wykazały, że istnieje szereg czynników zakłócających kształtowanie się temperatury w kubku udojowych. Silne fluktuacje splotu mleka z ćwiartek wymion krów pojawiały się u krów ze zdrowymi i chorymi gruczołami mlekowymi. Rejestrowano zakłócenia w każdej fazie doju: początkowej, głównej i końcowej. Przykłady występowania zakłóceń splotu mleka u krów z płatami zdrowymi potwierdza trudności z monitorowaniem warunków przebiegu doju w czasie codziennej eksploatacji aparatów udojowych. Innym problemem jest ocena stanu zdrowotnego na podstawie liczby komórek somatycznych w mleku ćwiartkowym. Jak podaje Jarmuż i Skrzypek (2006) tylko do wartości 100 tys. LKS w 1 ml mleka można traktować płat wymienia jako zdrowy. W starszych badaniach (Gil, 1988) ocenę zdrowotności gruczołu mlekowego określano na podstawie LKS, jak i mierzono przewodnictwo elektryczne mleka i zawartość chlorków w mleku, co w połączeniu z badaniami palpacyjnymi umożliwiło dokładniejszą ocenę stanu zdrowotnego płatów wymion badanych krów.

Nierozpoznanym w literaturze zagadnieniem jest wpływ wahań podciśnienia i innych zjawisk występujących w czasie doju maszynowego krów na kształtowanie się temperatury w kubku udojowym dojarki mechanicznej. Jak podają Ślipko i Wiercioch (2000) pojawiające się w czasie doju przewężenie kanału strzykowego, będące efektem zmęczenia mięśni strzyka, prowadzą do chwilowego ograniczenia wypływu mleka ze strzyka i przyjmują postać oscylacji. Istotny wpływ na czas trwania oscylacji wypływu mleka ze strzyka krowy mają indywidualne cechy krów, podciśnienie robocze oraz cechy konstrukcyjne aparatu udojowego. Innym zjawiskiem występującym w szczególności w końcowej fazie doju (gdy strzyk staje się zwiotczały) jest zasysanie powietrza pomiędzy wargą gumy strzykowej a strzykiem (Krzyś i Szlachta, 2001). Zbyt wysoka wartość strumienia objętościowego powietrza zasysanego przez nieszczelności wokół strzyka może powodować spadki podciśnienia znacznie poniżej wartości koniecznej do prawidłowego doju, na przykład utrzymania aparatu na strzykach. Również Jędrus i Lipiński (2007) wskazali turbulentny charakter wypływu mleka z ćwiartek wymion krów jako czynnik zakłócający sterowanie przebiegiem doju ćwiartkowego.

Szczegółowe rozpoznanie zagadnienia wpływu zjawisk występujących w czasie doju maszynowego krów na kształtowanie się temperatury w kubku udojowym dojarki mechanicznej wymaga opracowania laboratoryjnego stanowiska badawczego. Prowadzenie badań przy stosowaniu cieczy mlekozastępczych w laboratorium ma szereg zalet (Szlachta i in., 2000). Wykazano zgodność wyników badań dotyczących parametrów ciśnieniowych uzyskanych przy stosowaniu mleka i cieczy mlekozastępczej (Wiercioch, 1998). W Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytet Przyrodniczego w Poznaniu trwają prace nad budową nowego stanowiska, wyposażonego w unikatową aparaturę pomiarową i udojową, umożli-

wiającego częściowe odwzorowanie warunków doju maszynowego w warunkach laboratoryjnych z jednoczesnym uwzględnieniem metrologicznych aspektów pomiarów temperatury w kubku udojowym.

Wnioski

1. Analiza termogramów splywu mleka z ćwiartek wymion krów zarejestrowanych w czasie badań oborowych wykazała, że istnieje szereg czynników wpływających na warunki pomiarów temperatury w kubkach udojowych.
2. Wyodrębnienie zakłóceń wpływających na kształtowanie się temperatury w kubkach udojowych umożliwi udoskonalenie diagnostycznego programu komputerowego odpowiedzialnego za przetwarzanie wartości temperatur mleka pod kątem oceny zdrowotności płatów wymion krów.
3. Szczegółowe rozpoznanie zagadnienia wpływu zakłóceń występujących w czasie doju maszynowego krów na kształtowanie się temperatury w kubkach udojowych wymaga opracowania nowego laboratoryjnego stanowiska badawczego, uwzględniające aktualne znormalizowane sposoby oceny właściwości metrologicznych czujników temperatury.

Literatura

- Beba, J. (2013). *Wpływ czynników występujących na stanowisku udojowym w czasie doju krów na wybrane własności metrologiczne czujników temperatury mleka zamontowanych w aparacie udojowym*. Praca magisterska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Gil, Z. (1988). Milk temperature fluctuations during milking in cows with subclinical mastitis. *Live-stock Production Science*, 20, 223-231.
- Gil, Z.; Szarek, J.; Feleńczak, A.; Nowak, C. (1993). Wykorzystanie pomiaru temperatury mleka jako niekonwencjonalnej metody wykrywania rui, schorzeń gruczołu mlekowego i innych chorób oraz ciąży u krów. *Medycyna Weterynaryjna*, 49, 82-85.
- Jarmuż, W., Skrzypek, R. (2006). Zależność między liczbą komórek somatycznych w mleku a płodnością krów. *Zastosowania osiągnięć nauk podstawowych w hodowli bydła*. Katedra Hodowli Bydła, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, 23-27.
- Jędrus, A. (2013a). *Ocena funkcjonalna mikroprocesorowego modułu diagnostycznego nowego aparatu udojowego*. Opracowania monograficzne pod redakcją naukową prof. dra hab. inż. Wacława Romaniuka. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Falenty-Warszawa, 98-101. ISBN: 978-83-62416-61-5.
- Jędrus, A. (2013b). *Wizualizacja pracy systemu diagnostyki temperaturowej krów*. Opracowania monograficzne pod redakcją naukową prof. dra hab. inż. Wacława Romaniuka. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Falenty-Warszawa, 102-104. ISBN: 978-83-62416-61-5.
- Jędrus, A. (2013c). *Wybrane problemy pomiarów temperatury w kubku udojowym dojarki mechanicznej*. Opracowania monograficzne pod redakcją naukową prof. dra hab. inż. Wacława Romaniuka. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Falenty-Warszawa, 105-108. ISBN: 978-83-62416-61-5.

- Jędrus, A.; Gil, Z. (2011). *Czteroćwiartkowy diagnostyczny aparat udojowy*. Materiały XIX Szkoły Zimowej Hodowców Bydła „Praktyka Nauce-Nauka Praktyce”. Zakopane, 4-8 kwietnia 2011 r., 241-247.
- Jędrus, A.; Lipiński, M. (2007). Właściwości funkcjonalne inteligentnego aparatu udojowego. *Inżynieria Rolnicza*, 2(90), 71-76.
- Jędrus, A.; Lipiński M. (2008). Analiza funkcjonalna nowego aparatu udojowego. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 337-346.
- Krzyś, A.; Szlachta, J. (2001). Wpływ ilości powietrza zasysanego wokół strzyka na parametry doju mechanicznego. *Inżynieria Rolnicza*, 1(21), 155-163.
- Szlachta, J.; Krzyś, A.; Luberański A. (2001). Przepływy zwrotne w krótkim przewodzie mlecznym wybranych aparatów udojowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(13), 155-163.
- Ślipko, A.; Wiercioch, M. (2000). Okresowość zmian natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy. *Inżynieria Rolnicza*, 2(13), 199-206.
- Wiercioch, M. (1998). Analiza porównawcza wybranych parametrów doju maszynowego wyznaczonych przy użyciu cieczy mlekozastępczej i mleka. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 416, 57-67.

FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE COMPUTER SYSTEM FOR TEMPERATURE DIAGNOSIS OF COWS

Abstract. The objective of the paper was to analyse thermograms of the milk flow from quarters of cows' udders on account of initial separation of disturbing factors which influence the conditions of milk temperature measurement during a machine cow milking. Research was carried out in cowshed conditions with the use of a special milking device, equipped with thermistor temperature sensors mounted in milking cups and microprocessor recorder of measurement signals. Based on the analysis of thermograms obtained during the cowshed tests, the impact of the health conditions of lobes of cows' udders, individual physiology of milking by cows, milking phase, correctness of the sensor operation on the shaping of temperature in a milking cup of a mechanical milking machines were reported.

Key words: diagnosis of cows, milking system, temperature, disturbances