dr inż. Aleksander JĘDRUŚ, inż. Krystian SZEREMETA
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Biosystemów
e-mail: aljed@up.poznan.pl

OCENA FUNKCJONALNA CZUJNIKÓW TEMPERATURY ZAMONTOWANYCH W KUBKACH UDOJOWYCH W WARUNKACH LABORATORYJNYCH. CZĘŚĆ 1.

Streszczenie

Opisano opracowane w Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu laboratoryjne stanowisko badawcze. Głównym zadaniem nowego rozwiązania konstrukcyjnego jest ocena poprawności działania czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych bez ich demontażu. Zastosowane wyposażenie techniczne i udojowe oraz przyrządy pomiarowe umożliwiają częściowe symulowanie warunków występujących na stanowisku udojowym w oborze.
***Słowa kluczowe**: stanowisko badawcze, czujnik temperatury, kubek udojowy, laboratorium*

Wprowadzenie

W 2009 roku w ówczesnym Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, wraz z Katedrą Hodowli Bydła Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie, rozpoczęto prace studyjne nad opracowaniem czteroćwiartkowego diagnostycznego aparatu udojowego [6]. Istotą działania nowego aparatu jest możliwość wykrywania rui, wczesnej ciąży, stanów zapalnych ćwiartek i w ograniczonym stopniu innych schorzeń w czasie doju maszynowego krów. Sygnałem diagnostycznym są rejestrowane automatycznie w czasie doju wartości temperatury mleka spływającego z ćwiartek krów, przetwarzane programowo według określonego algorytmu wnioskowania diagnostycznego [6].

Wiarygodność diagnostyki stanów fizjologicznych i zdrowotności wymion krów w oparciu o rejestrowane automatycznie w czasie doju wartości temperatur mleka spływającego z ćwiartek wymion krów w pierwszej kolejności uzależniona jest od poprawności wskazań czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych. W przypadku długotrwałego użytkowania termistorów na stanowiskach udojowych konieczna jest okresowa kontrola poprawności ich działania. Nie chodzi jednak o przeprowadzanie skomplikowanej i bardzo złożonej technicznie procedury wzorcowania, ale o możliwość przeprowadzenia szybkiej oceny technicznej czujników temperatury zamontowanych w aparacie udojowym, bez konieczności ich demontażu. Potrzeba takich badań może pojawić się w przypadku stwierdzenia występowania zakłóceń w czasie analizy zarejestrowanych w czasie doju termogramów spływu mleka z ćwiartek wymion krów [4, 5].

W celu zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru temperatury czujnik należy okresowo poddawać sprawdzeniu oraz ewentualnej kalibracji [8]. Klasyczne metody sprawdzenia poprawności wskazań czujników temperatury polegają na [9]:

- umieszczeniu czujnika w ośrodku o temperaturze T i porównaniu wskazań czujnika badanego z czujnikiem wzorcowym;
- umieszczeniu badanego czujnika w komorze odtwarzającej temperaturowy punkt stały.

Obie metody wymagają dokładnego zdefiniowania wartości temperatury odniesienia. Wadą opisanych metod jest konieczność demontażu czujnika z miejsca jego zainstalowania i przeprowadzenia czasochłonnego (i często drogiego) eksperymentu pomiarowego [11].

W literaturze sygnalizowano problem oceny poprawności działania czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych w oparciu o zarejestrowane w czasie doju termogramy spływu mleka z ćwiartek wymion krów [1]. Podczas analizy termogramów należy uwzględniać możliwość zarejestrowania zakłóceń w postaci fluktuacji spływu mleka z ćwiartek wymion krów. Przyczynami pojawiania się fluktuacji rejestrowanych przez czujniki temperatury w czasie doju mogą być: stany zapalne ćwiartek wymion krów, nieszczelność w kubku udojowym, wynikająca np. z nieprawidłowego montażu czujników temperatury mleka, uszkodzenia gum strzykowych, turbulentny charakter wypływu mleka z ćwiartek wymion krów, zwłaszcza w początkowej i końcowej fazie doju oraz indywidualne cechy fizjologiczne krów, objawiające się np. chwilowymi zanikami spływu mleka z płatów wymion [1]. Bardzo ważną grupą zakłóceń może być nieprawidłowa praca czujników temperatury mleka m.in. brak ciągłości zasilania, błędy konstrukcyjne, niestabilna praca źródła zasilania prądowego czujników i inne [5].

Podczas oceny funkcjonalnej czujników temperatury należy odróżnić przebiegi fluktuacyjne wynikające z niepoprawnej pracy czujnika od fluktuacji powodowanych innymi przyczynami. Jest to zagadnienie bardzo złożone, wymagające ciągłego monitoringu warunków występujących na stanowisku udojowym, co z przyczyn technicznych i organizacyjnych nie zawsze jest możliwe [1].

W badaniach laboratoryjnych istnieje możliwość ograniczania lub eliminowania zakłóceń występujących naturalnie w warunkach oborowych. W przypadku oceny poprawności działania czujników temperatury mleka możliwe jest zastąpienia mleka cieczą mlekozastępczą o określonej temperaturze oraz wymuszenie laminarnego przepływu cieczy [10]. Ponadto, w laboratoryjnej instalacji udojowej można odtwarzać wybrane warunki panujące na stanowiskach udojowych w oborach, np. w zakresie wymaganych wartości podciśnienia czy też parametrów pulsacji gum strzykowych. Natomiast w laboratorium znacznie ograniczone są możliwości stworzenia warunków mikroklimatycznych, specyficznych w warunkach oborowych. Opracowane stanowisko pomiarowe do badania czujników temperatury musi zatem uwzględniać wymienione wcześniej możliwości i ograniczenia występujące w warunkach laboratoryjnych.

Koncepcja rozwiązania problemu

W Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zaprojektowano i zbudowano laboratoryjne stanowisko pomiarowe, umożliwiające badanie czujników temperatury zamontowanych w kubkach udojowych. Składa się ono z następujących bloków funkcjonalnych: platformy nośnej, zbiornika na ciecz mlekozastępczą, modułu regulacji natężenia przepływu cieczy, przyrządów pomiarowych, w tym rejestratora sygnałów pomiarowych oraz wyposażenia dodatkowego. Odrębną grupę stanowi aparat udojowy z termistorowymi czujnikami temperatury zamontowanymi w kubkach udojowych, będący częścią komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów [4] oraz pozostałe wyposażenie udojowe (rys. 1).

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 1. Stanowisko pomiarowe do badania czujników temperatury mleka w warunkach laboratoryjnych
Fig. 1. A measuring stand used for testing milk temperature sensors in laboratory conditions

Opis budowy laboratoryjnego stanowiska pomiarowego

I. *Platforma nośna* - do budowy platformy nośnej wyposażenia technicznego i pomiarowego oraz badanego aparatu udojowego zastosowano płytę drewnopochodną OSB (płyta o ukierunkowanych wiórach płaskich). Rodzaj użytego materiału wynikał w pierwszej kolejności z aspektów ekonomicznych (obniżenie kosztów budowy stanowiska badawczego), jak i możliwości jego łatwej obróbki. Wymiary zbudowanej platformy nośnej są następujące: wysokość 1018 mm, szerokość 625 mm, głębokość 624 mm. Całość pomalowano bezbarwnym lakierem wodoodpornym.

II. *Zbiornik na ciecz mlekozastępczą* - do przygotowania cieczy o temperaturze wymaganej do celów badawczych zastosowano zbiornik z tworzywa sztucznego o pojemności 12 litrów, w którym zamontowano na stałe czujnik rezystancyjny Pt100 (będący wyposażeniem miernika temperatury) oraz zanurzeniową pompę wodną. Sposób przygotowania cieczy do badań jest podobny do opisanego w literaturze [7], jednakże przygotowywano znacznie większe jej ilości. Przed testami wodę nagrzewa się do temperatury odpowiadającej w przybliżeniu temperaturze wydajanego mleka krowy (około 38,6°C). Pomiaru temperatury przygotowanej wody dokonano przy użyciu miernika temperatury PT-401 firmy ELMETRON z Gliwic. PT-401 to precyzyjny termometr o rozbudowanych możliwościach funkcjonalnych. Wysoką dokładność i stabilność przyrządu zapewniają: mikrokontroler najnowszej generacji, precyzyjny przetwornik pomiarowy, wysokiej klasy rezystorowy czujnik Pt-100 DIN 1/1 OB oraz czteroprzewodowa metoda pomiaru. Wynik może być wyświetlany w °C, F i K. Istnieje możliwość zmiany rozdzielczości wskazań temperatury. Duży podświetlany wyświetlacz ułatwia pracę oraz zawiera dodatkowe symbole informacyjne. Podczas pomiarów ciągłych użytkownik może uzyskać informację o minimalnej, maksymalnej i średniej wartości mierzonej temperatury. Czujnik dostarczany z przyrządem nie wymaga kalibracji.

III. *Moduł regulacji natężenia przepływu cieczy* - zawiera: zanurzeniową pompę wodną, zawór odcinający, rotametr oraz wyposażenie dodatkowe.

Pompa wodna - do wypompowywania wody ze zbiornika została wykorzystana pompa wodna Barwig Typ 04 niemieckiej firmy Barwig o maksymalnej wydajności 10 litrów na minutę i wysokości tłoczenia do 6 m. Pompa może pracować w temperaturze od 0 do 50°C. Urządzenie to nie wymaga konserwacji, jest wodoszczelne i chronione przed zalaniem. Maksymalny czas pracy pompy wynosi 30 minut, po którym powinna nastąpić 30 minutowa przerwa. Materiały, z których wyprodukowano urządzenie, mają atest przydatności do kontaktu z produktami spożywczymi. Pompa zasilana jest napięciem stałym +12 V, a pobór prądu zawiera się w granicach od 0,9 do 1,7 A.

Zawór odcinający - natężenie przepływu cieczy regulowane jest ręcznie przy użyciu zaworu odcinającego o średnicy 16 mm, wykonanego z tworzywa sztucznego, firmy Polanes z Bydgoszczy.

Rotametr do cieczy - pomiar wartości natężenia przepływu cieczy realizowany jest przy użyciu rotametru Tecfluid PTM-01 hiszpańskiej firmy Tecfluid. Rotametr wykonany jest z Trogamid-u T i może pracować w cieczy o zakresie temperatur od 0 do 60°C. Zakres pomiarowy rotametru zawiera się w przedziale od 60 do 400 litrów na godzinę, zaś jego dokładność wynosi ± 6%. Montaż na stanowisku pomiarowym został wykonany na podstawie wskazówek producenta. Przepływ przez rotametr odbywa się z dołu do góry. Urządzenie zainstalowano pionowo, przyjmując, ze odchyłka w pionie 5° może powodować błąd nawet 10%. Zastosowano wymagane uszczelki.

Wyposażenie dodatkowe - kolejną grupę wyposażenia technicznego stanowią podzespoły odpowiedzialne za rozdział przepływu cieczy z przewodu głównego na poszczególne kubki udojowe. Zastosowano następujące części składowe: pięciodrożny rozdzielacz wykonany z tworzywa sztucznego, odcinki węży o średnicy 8 mm i 16 mm oraz zatyczki kubków udojowych o długości 60 mm. W badaniach zastosowano cztery zatyczki kubków udojowych z średnicą otworu równą 6 mm [2]. Pozostałe wyposażenie niezbędne do działania stanowiska to zasilacz napięcia stałego +12 V pompy wodnej, przezroczysta bańka pomiarowa (jako drugi zbiornik na wodę) firmy Polanes z Bydgoszczy, dodatkowe przewody i inne.
IV. *Rejestrator sygnałów pomiarowych* - w trakcie realizacji zadań badawczych z zastosowaniem nowego stanowiska pomiarowego można stosować wybrane dostępne rozwiązanie konstrukcyjne rejestratora sygnałów pomiarowych. Na potrze-

by pracy w badaniach laboratoryjnych stosowano precyzyjny jednokanałowy rejestrator zbudowany w oparciu o multimetr cyfrowy Brymen 857a (w opcji pracy jako omomierz cyfrowy), interfejs RS-232C umożliwiający podłączenie multimetru z komputerem, specjalistyczny program do automatycznej rejestracji i wizualizacji wyników pomiarów oraz komputer. Częstotliwość rejestracji sygnałów pomiarowych wynosi 1 sekunda. Ważną cechą programu rejestrującego jest możliwość graficznego zobrazowania mierzonej rezystancji w czasie rzeczywistym. Pozwala to na natychmiastową ocenę działania testowanego czujnika lub też monitoring poprawności działania układu pomiarowego.

V. *Aparat udojowy z czujnikami temperatury* - jest częścią opracowanego w Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu komputerowego systemu diagnostyki temperaturowej krów [4]. W badaniach stosowany był aparat udojowy Classic 300 firmy GEA Farm Technologies wyposażony w cztery termistorowe czujniki temperatury TT4-5KC3-25-3500-UPP. Dokładność termistorów wynosi ±0,1°C w zakresie temperatur 30-45°C. Jako dodatkowy materiał osłonowy stosowano w konstrukcji czujnika stal kwasoodporną o grubości około 0,2 mm [3].

Dodatkowo w skład laboratoryjnego stanowiska badawczego wchodzi pulsator elektroniczny Duo firmy Polanes z Bydgoszczy o następujących znamionowych parametrach pracy: częstotliwość pulsacji 60 taktów na minutę, procentowy stosunek taktu ssania do masażu 60-40%.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki testów technicznych pozwoliły w pierwszej kolejności dopracować konstrukcję nowego stanowiska pomiarowego: zlikwidowano zaobserwowane nieszczelności połączeń, poprawiono sposób montażu odcinków przewodów w zatyczkach kubków udojowych i inne. Obserwowano stopień wypełnienia przewodów w zależności od natężenia przepływu cieczy. Stwierdzono, że całkowite ich wypełnienie następuje dla wartości równej co najmniej 6 litrów na minutę. Przy takiej wartości natężenia przepływu cieczy przeprowadzono dalsze badania testowe czujników temperatury.

Bibliografia

[1] Gryska M.: Ocena funkcjonalna czujników temperatury zamontowanych w diagnostycznym aparacie udojowy. Praca magisterska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2011.

[2] ISO 6690. 1996. Milking machine installations - mechanical tests. Geneva, Switzerland: International Standards Organization.

[3] Jędruś A.: Analiza porównawcza czujników temperatury zamontowanych w kubku udojowym. Inżynieria Rolnicza, 2013, Z.3(146), T.2, 103-111.

[4] Jędruś A.: Nowe kierunki badań nad diagnostyką temperaturową krów. Monografia: Aplikacyjne i teoretyczne problemy w przemyśle rolno-spożywczym. Studia i monografie z. 370, Politechnika Opolska, Oficyna Wydawnicza. ISSN 1429-6063, ISBN 978-83-64056-43-7 Opole, 2013. W druku.

[5] Jędruś A.: Wybrane problemy pomiarów temperatury w kubku udojowym dojarki mechanicznej. W: Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Red. W. Romaniuk. Wyd. ITP, Falenty: 2013, 105-108. ISBN: 978-83-62416-61-5.

[6] Jędruś A., Gil Z.: Czteroćwiartkowy diagnostyczny aparat udojowy. Materiały XIX Szkoły Zimowej Hodowców Bydła „Praktyka Nauce-Nauka Praktyce", Zakopane, 4-8 kwietnia 2011 r.: 2011, 241-247.

[7] Jędruś A., Zaborowicz M.: Badania wybranych parametrów dynamicznych czujników temperatury mleka montowanych w nowym aparacie udojowym. W: Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Red. W. Romaniuk. Wyd. ITP, Falenty: 2011, 52-55. ISBN: 978-83-62416-21-9.

[8] Piotrowski J., Kostyrko K.: Wzorcowanie aparatury pomiarowej. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012. ISBN 978-83-01-17051-6.

[9] Selecting a dry-well temperature calibrator. Hart Scientific - temperature calibration equipment, 2001/02.

[10] Wiercioch M.: Analiza porównawcza wybranych parametrów doju maszynowego wyznaczonych przy użyciu cieczy mlekozastępczej i mleka. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1998, 416: 57-67.

[11] Wojturski J., Kowalczyk A.: Diagnostyka rezystancyjnych czujników temperatury za pomocą wymuszeń wewnętrznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Elektrotechnika: 2002, 249-255.

THE FUNCTIONAL EVALUATION OF TEMPERATURE SENSORS INSTALLED IN TEAT CUPS IN LABORATORY CONDITIONS. PART 1.

Summary

In the work a laboratory testing stand constructed in the Institute of Biosystem Engineering of Poznan University of Life Sciences has been described. The main task of the new constructional solution is to evaluate the operational correctness of temperature sensors installed in teat cups without their dismantling. The technical and milking equipment as well as measuring devices used in the process enable partially to simulate conditions occurring at a milking stand in a cowshed.

***Key words**: testing stand, temperature sensor, teat cup, laboratory*

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