

Magdalena Jasińska, Józef Szlachta
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

WIELOKRYTERIALNE METODY OCENY FUNKCJONALNOŚCI I DOBORU APARATÓW UDOJOWYCH

Streszczenie

Celem pracy była analiza oraz ocena przydatności wielokryterialnej metody oceny aparatów udojowych. Podstawowym kryterium wielokryterialnej metody oceny danego aparatu była odchyłka między wartością zmierzoną a zalecaną przez normy ISO i IDF. Badaniami objęto sześć aparatów udojowych wiodących na polskim rynku firm. Zaprezentowane wyniki badań oraz analiza porównawcza potwierdziła przydatność wielokryterialnej metody oceny aparatów udojowych.

Słowa kluczowe: aparat udojowy, diagnostyka, parametry pracy

Wstęp

Na polskim rynku urządzeń udojowych istnieje wiele przedsiębiorstw (Westfalia Surge, De Laval, S.A.C., Fullwood, Interpuls, Strangko, Polanes) oferujących szeroką gamę produktów. Bogata oferta urządzeń udojowych tych firm sprawia, że rolnik zajmujący się pozyskiwaniem mleka stoi przed trudnym wyborem techniki udojowej w aspekcie zapewnienia najkorzystniejszych warunków doju krów. Wymagania te są szczególnie aktualne ze względu na dynamiczny wzrost wydajności mlecznej krów w Polsce. Także postęp techniczny w budowie i rozwiązaniu konstrukcyjnym aparatów udojowych stanowi dodatkową trudność dokonania optymalnego wyboru.

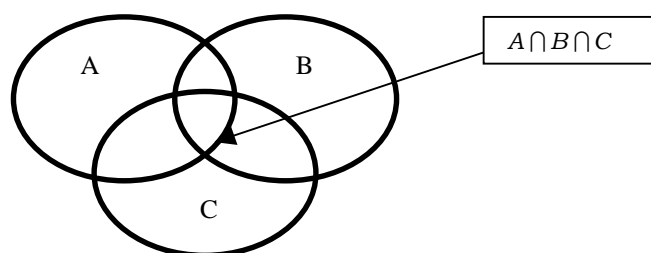
Mając powyższe na uwadze, podjęcie tematu odnośnie kryterium doboru urządzenia udojowego do konkretnych wymagań stawianych przez producentów mleka, staje się potrzebą chwili. Dobór odpowiedniego systemu doju, a w szczególności aparatu udojowego, jest jednym z głównych problemów hodowcy bydła mlecznego. Przykładowo guma strzykowa, jako element aparatu udojowego bezpośrednio stykający się z wymieniem krowy, powinna zapewnić właściwe parametry doju,

sprawne opróżnienie wymienia oraz nie powinna negatywnie oddziaływać na wymię [Szlachta 1986; Czarnociński i Lipiński 1997].

Przy wielokryterialnej ocenie parametrów pracy maszyn stosuje się zróżnicowane podejście do problematyki. Wśród publikacji na ten temat wiele dominuje optymalizacja wielokryterialna oparta na wskaźnikach (ekonomicznych, energetycznych, funkcjonalnych, jakościowych i in.). Również mnogościowa teoria zbiorów jest często opisywana. Każda z zaprezentowanych metod ma swoje uzasadnienie i jak dowodzą ich autorzy mają one znaczenie utylitarne.

Najbardziej naturalną metodą wnioskowania jest optymalizacja wielokryterialna. Jest ona próbą znalezienia wektora zmiennych decyzyjnych: $x = [x_1, x_2, \dots, x_k]$, który spełnia określone warunki: $g_i(x) \geq 0$, ($i = 1, \dots, m$) i $h_i(x) = 0$, ($i = 1, \dots, p$) oraz optymalizuje wektor funkcyjny, którego elementy reprezentują funkcje celu: $f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)]$. Funkcje celu reprezentują matematyczny opis danego kryterium oraz najczęściej pozostają w konflikcie między sobą. Optymalne rozwiązanie byłoby idealne, gdyby było rozwiązaniem najlepszym z punktu widzenia, każdej funkcji celu [www.galaxy.uci.agh.edu.pl]. Do oceny maszyn do produkcji roślinnej wykorzystuje się także metodę optymalizacji wielokryterialnej opartą na różnego rodzaju wskaźnikach [Grieger 2005]. Autor posłużył się modelem matematycznym opartym na wskaźniku kompatybilności. Wskaźnik ten został wyrażony „stosunkiem zbioru czynników identyfikujących poziom wiedzy użytkowników w zakresie doboru maszyny lub całego zestawu maszyn na potrzeby określonego procesu produkcji roślinnej”. Sumaryczny wskaźnik kompatybilności oparty został na wskaźnikach cząstkowych opracowanych dla poszczególnych grup kryteriów. Ostatecznie wskaźnik kompatybilności (W_K) autor określił stosunkiem „poziomu wiedzy użytkownika w zakresie doboru i wykorzystania maszyny” (W_W) do „wskaźnika poziomu wymagań stawianych przez producenta, związanych z wykorzystaniem maszyny przez użytkownika (W_M)”. Podstawą do realizacji modelu matematycznego był kwestionariusz, zawierający 63 pytania podzielone na sześć grup kryteriów użytkowania maszyn do produkcji roślinnej. Każdy z respondentów odpowiadając na pytania przyznawał określoną rangę ważności (skala od 1 do 6) każdej odpowiedzi według własnego zdania, uznając 1 – za cechę nieważną, a 6 – za cechę najważniejszą. W efekcie rangi z kwestionariusza posłużyły do identyfikacji poszczególnych wskaźników w danych grupach kryteriów i pozwoliły na samodzielny dobór maszyny rolniczej, bądź zestawu maszyn przez potencjalnego użytkownika [Grieger 2005]. Do oceny przydatności maszyn rolniczych wykorzystuje się także teorię zbiorów (teoria mnogości). Teoria ta przyjmuje, iż dwa zbiory A i B są równoliczne (tzn. mają tę samą moc), jeżeli można przyporządkować wszystkie elementy zbioru A wszystkim elementom zbioru B [http://pl.wikipedia.org]. Mnogościową teorię zbiorów do wyboru najkorzystniejszego rozwiązania funkcjonalno-

-technologicznego obór pod względem energochłonności i kosztów produkcji mleka w wybranych gospodarstwach rolniczych zastosował Romaniuk [1996]. Zamierzeniem autora było określenie metody wyboru. Badania dotyczyły: oceny funkcjonalności obór, oceny poziomów mechanizacji produkcji mleka, oceny energochłonności produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych, określenia struktury nakładów energetycznych na produkcję mleka, określenia struktury nakładów energetycznych w technologii produkcji mleka w rozbiciu na zabiegi technologiczne, określenia wpływu poszczególnych strumieni energetycznych na efektywność produkcji mleka oraz ich współzależności i stopnia istotności oraz wyboru najkorzystniejszego rozwiązania obory ze względu na kryteria ekonomiczne, energetyczne i funkcjonalne”. Korzystając z teorii mnogościowych działań na zbiorach opisano optymalne rozwiązanie. Ocenę końcową wykonano metodą diagramów Venna wyznaczając trzy zbiory (A, B, C) oraz wyznaczono część wspólną tychże zbiorów ($A \cap B \cap C$) – rys.1, spełniającą wcześniej ustalone w toku badań ograniczenia. Zastosowana metoda pozwoliła na ocenę funkcjonalności obór na podstawie wskaźnika funkcjonalności oraz na określenie najkorzystniejszej obory ze względu na poszczególne kryteria ekonomiczne, energetyczne i funkcjonalne.



Rys. 1. Schemat diagramów Venna [Romaniuk 1996]

Fig. 1. The scheme of Venna diagrams [Romaniuk 1996]

Szlachta [2000] do oceny funkcjonalności i przydatności aparatów udojowych zastosował ocenę punktową. Autor, opierając się na kompleksowych badaniach parametrów ciśnieniowych aparatów udojowych w warunkach laboratoryjnych i terenowych, stworzył bazę danych charakteryzującą pracę badanych aparatów udojowych. Do oceny przyjęto założenie metodyczne, że praca każdego aparatu udojowego jest reprezentowana przez szereg parametrów ciśnieniowych charakteryzujących przebieg doju. Zgodnie z powyższym założeniem oraz wymaganiami normy ISO 5707 i zaleceniami IDF, autor stworzył matematyczny opis zakresu punktacji dla każdego z analizowanych parametrów. Zaprezentowana metoda punktowej oceny pozwoliła na wielokryterialne ujęcie diagnostyki aparatów udojowych. Powyższa metoda oceny punktowej pozwoliła na kompleksową ocenę

przydatności funkcjonalnej i użytkowej aparatów udojowych. Wadą metody jest jednak fakt, iż w warunkach eksploatacyjnych metoda zawiera elementy oceny subiektywnej.

Cel pracy

Celem pracy była analiza oraz ocena przydatności wielokryterialnej metody oceny aparatów udojowych opartej na szeregu istotnych parametrach pracy aparatu udojowego jak:

- czas ssania – tss [s],
- czas masażu – tm [s],
- średnie podciśnienie ssania – pss [kPa],
- średnie podciśnienie masażu – pm [kPa],
- amplituda podciśnienia ssania – aps [kPa],
- amplituda podciśnienia masażu – apm [kPa],
- wahania podciśnienia w cyklu – dp [kPa],
- średnie podciśnienie w cyklu – $dpsr$ [kPa],
- czas fazy otwierania się gumy – StI [s],
- czas narastania podciśnienia – $StIp$ [s],
- wzrost podciśnienia – $SdpI$ [kPa],
- dynamika wzrostu podciśnienia – Sr [kPa/s],
- różnica podciśnień (koniec strzyka – kolektor) – dpI_{maxI} [kPa],
- dynamika przepływu powrotnego – Pp [N s].

Materiał i metody

Podstawowym kryterium wielokryterialnej metody oceny danego aparatu była odchyłka (O) między wartością zmierzoną (W_{zm}) a zalecaną (W_{zal}) liczona dla każdego z 14 parametrów pracy aparatu udojowego. Odchyłkę wyrażoną w procentach liczono według zależności:

$$O = \frac{W_{zm} - W_{zal}}{W_{zal}} \cdot 100\% \quad (1)$$

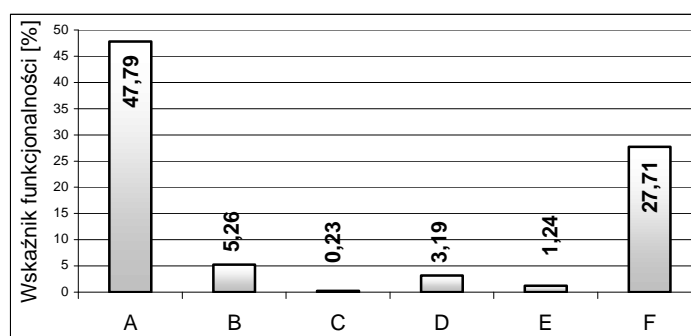
Zgodnie z założeniami wielokryterialnej metody obliczone zostały średnie wartości odchyłki dla każdego z badanych aparatów udojowych, a następnie wyznaczono wskaźnik charakteryzujący funkcjonalność aparatu udojowego wyrażony modulem różnicy średniej odchyłki \bar{O} i odchylenia standardowego σ (sigma):

$$W = |\bar{O} - \sigma| \quad (2)$$

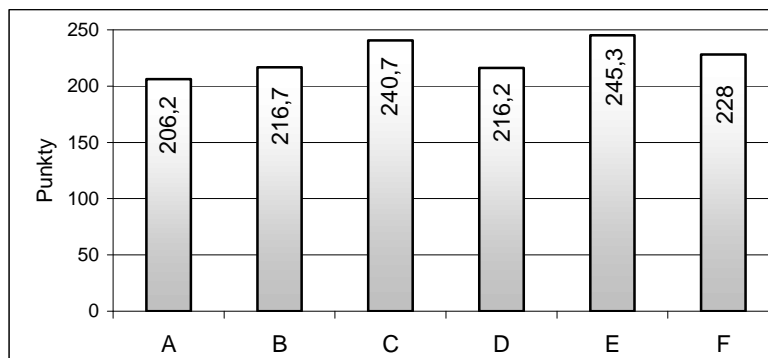
Uznano, iż najwyższą przydatnością funkcjonalną będzie się charakteryzował aparat udojowy o najmniejszej wartości w/w wskaźnika [Jasińska i in. 2005]. Badaniami objęto sześć aparatów udojowych: De Laval HCC 150, Westfalia Classic 300, De Laval Harmony 450, Interpuls Orbiter 350, SAC Uniflow 2 420 i Fullwood Clearflow II 350.

Wyniki badań

Na podstawie przeprowadzonych analiz polegających na określeniu wskaźnika funkcjonalności aparatu udojowego zgodnie z metodyką uzyskano wyniki dla sześciu badanych aparatów (rys. 2). Analiza uzyskanych wartości wskaźnika funkcjonalności wykazuje dużą rozpiętość mieszczącą się w przedziale 0,23% dla aparatu C – 47,79% dla aparatu A. Równocześnie potwierdza się ogólny pogląd, że funkcjonalność aparatów B, C, D, E postrzeganych jako nowoczesne jest zdecydowanie lepsza (wskaźnik funkcjonalności zawarty w przedziale 0,23–5,26%); podczas gdy pozostałe dwa aparaty, zwłaszcza aparat A postrzegany jako aparat starszego typu o zbyt małej pojemności kolektora i średnicy krótkich przewodów mlecznych, wypada znacznie gorzej w świetle przydatności użytkowej. Dla porównania na rysunku 3 przedstawiono wyniki diagnostyki aparatów udojowych według oceny punktowej [Szlachta 2000]. W metodzie tej uzyskano podobne wyniki, aparatami najlepszymi okazały się aparaty E (245,27 pkt) i C (240,65 pkt). Zdecydowanie najgorszym aparatem okazał się aparat A (206,21 pkt).



Rys. 2. Przydatność aparatów udojowych wg metody wielokryterialnej
 Fig. 2. The usefulness of milking units according to multicriteria method



Rys. 3. Przydatność aparatów udojowych wg oceny punktowej [Szlachta 2000]
Fig.3. The usefulness of the milking units according to points method [Szlachta2000]

Posumowanie i wnioski

Z przedstawionego porównania metod do oceny przydatności funkcjonalnej urządzeń udojowych nie wynika jednoznacznie, która z ocen jest lepsza. Jednakże wielokryterialna metoda oceny aparatów udojowych pozbawiona jest subiektywnej oceny użytkownika, zawartej w ocenie punktowej, i wynika tylko z określenia modułu średniej odchyłki i odchylenia standardowego 14-stu parametrów, a więc bazuje na mierzalnych wartościach analizowanych parametrów. Wnioskowanie o przydatności poszczególnych aparatów udojowych na podstawie wskaźnika funkcjonalności opartego na 14-stu parametrach pracy może być dobrym prognozykiem w doborze aparatów udojowych.

Bibliografia

Biuletyn IDF. 1994. Machine milking induced teat tissue reactions and New infection risk. Nr 297.

Czarnociński F., Lipiński M. 1996. Analiza zmian podciśnienia zachodzących w aparacie udojowym Hormony. Roczniki AR Poznań, 276, Roln. 46, s. 45-51.

Grieger A. 2005. Wielokryterialna metoda doboru maszyn do produkcji roślinnej. Rozprawa habilitacyjna. Akademia Rolnicza we Szczecinie.

<http://pl.wikipedia.org>

Jasińska M., Pawlak T., Szlachta J. 2005. Wielokryterialna metoda oceny parametrów pracy wybranych urządzeń udojowych. VIII Międz. Konf. Naukowa. Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej. Polanica Zdrój.

Normy ISO 5707

Romaniuk W. 1996. Wpływ funkcjonalno-technologicznych rozwiązań obór na energochłonność i koszty produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych. Rozprawa habilitacyjna. Prace naukowo-badawcze IBMER. Warszawa.

Szlachta J. 1986. Studia nad wybranymi elementami budowy i użytkowania aparatu udojowego. Rozprawa habilitacyjna. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, nr 58.

Szlachta J. 2000. Ocena punktowa wybranych aparatów udojowych na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Inżynieria Rolnicza 2, s. 15- 22.

www.galaxy.uci.agh.edu.pl

Publikacja finansowana z projektu pt. „Drugi program stypendialny dla doktorantów Akademii Rolniczej we Wrocławiu”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego oraz budżet państwa w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego. Środki Europejskiego Funduszu Społecznego stanowią 75% wartości projektu, natomiast środki budżetu państwa wynoszą 25%.

MULTICRITERIA METHOD OF FUNCTIONAL EVALUATION AND MILKING UNITS SELECTION

Summary

The aim of the work was to conduct milking parameters analysis on the basis of multicriteria milking units evaluation method. The basic criterion of the method was a difference between measured value and the one recommended by ISO and IDF norms. The investigations were executed on six most commonly used milking machines on polish market. The results and the comparative analysis confirmed usefulness of multicriteria milking units evaluation method

Key words: the milking unit, measurements the parameters, multicriteria method of usefulness of milking unit