

STABILNOŚĆ PODCIŚNIENIA W APARATACH UDOJOWYCH IQ I CLASSIC 300 PODCZAS SYMULOWANEGO DOJU MECHANICZNEGO

Adam Luberański, Marian Wiercioch, Aleksander Krzyś, Danuta Skalska
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Celem pracy była analiza porównawcza parametrów doju wyznaczonych w aparacie udojowym IQ wyposażonym w niestandardowy kolektor z czterema odrębnymi komorami mlecznymi oraz w aparacie Classic wybranych ciśnieniowych 300 wyposażonym w kolektor o budowie standardowej. Pomiary przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych przy doju do rurociągu mlecznego górnego, przy zmiennych masowych natężeniach przepływu cieczy (w zakresie $0-8 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$), dla trzech penetracji sztucznych strzyków (100, 75, 62 mm), przy trzech wartościach podciśnień systemowych (50, 48 i 46 kPa). Wykazano, stosując analizę statystyczną, istotny wpływ zmiennych niezależnych doświadczenia na wyznaczone ciśnieniowe parametry doju. Analiza parametrów doju w aparacie IQ i w klasycznym aparacie udojowym Classic 300 w aspekcie wahań i stabilizacji podciśnienia daje podstawy do stwierdzenia, że jego konstrukcja nie pogorsza warunków ciśnieniowych w obrębie aparatu.

Słowa kluczowe: dój mechaniczny, aparat udojowy, stabilność podciśnienia

Wprowadzenie

Skonstruowanie dojarki mechanicznej z dwukomorowym kubkiem udojowym przyczyniło się do wyeliminowania żmudnego i uciążliwego doju ręcznego krów. Pojawiły się jednak problemy natury zdrowotnej u dojonych zwierząt. Wynikają one głównie z destrukcyjnego oddziaływania podciśnienia na tkanki strzyka, niestabilnego podciśnienia oraz występowania przepływów zwrotnych. Okazuje się, że przeprowadzenie np. doju na czystych i suchych strzykach zapewnia produkcję wysokiej jakości mleka i ogranicza zachorowania na mastitis (Neja i Sawa, 2004). Również nadanie odpowiedniej siły naciągu gumie strzykowej w kubku udojowym decyduje o warunkach ciśnieniowych w obrębie aparatu udojowego, co zapewnia właściwą stymulację krowy do oddawania mleka (Luberański, 2002), a od wartości podciśnienia zależy szybkość i dokładność wydajania krów (Szlachta, 1986). Tak, więc poprawę warunków doju mechanicznego można uzyskać między innymi poprzez udoskonalenie konstrukcji i działania dojarki mechanicznej (Kupczyk, 1999).

Elementem w aparacie udojowym, który uległ w ostatnich latach znacznym zmianom konstrukcyjnym, wpływającym na stabilność podciśnienia w komorze podstrzykowej kubka udojowego oraz na szybkie odprowadzenie nadojonego mleka do bańki lub rurociągu mlecznego jest kolektor. Możliwość poprawy warunków ciśnieniowych i jego stabilizację upatruje się w zmianach konstrukcyjnych w aparatach udojowych poprzez zwiększenie pojemności komory mlecznej kolektora do 300-500 cm³ oraz średnicy krótkiego przewodu mlecznego do 15 mm (Kupczyk i in., 1996). Badania przeprowadzone w tym zakresie przez Szlachtę i Wierciocha (1984a; 1984b) oraz Szlachtę i in. (2000) wykazały, że zwiększenie pojemności komory mlecznej kolektora powoduje obniżenie wahań podciśnienia zarówno w komorze podstrzykowej kubka udojowego jak również w komorze mlecznej kolektora. Oprócz tego istotny wpływ na warunki ciśnieniowe doju ma sposób połączenia kolektora z gumą strzykową (króćce proste, ścięte lub ich brak) (Wiercioch i Bujak, 2008), kształt kolektora, średnica jego króćców i ilość zasysanego powietrza podczas doju (Szlachta, 1986; Kupczyk, 1999), oraz współczynnik objętościowej koncentracji mleka (Wiercioch, 1994).

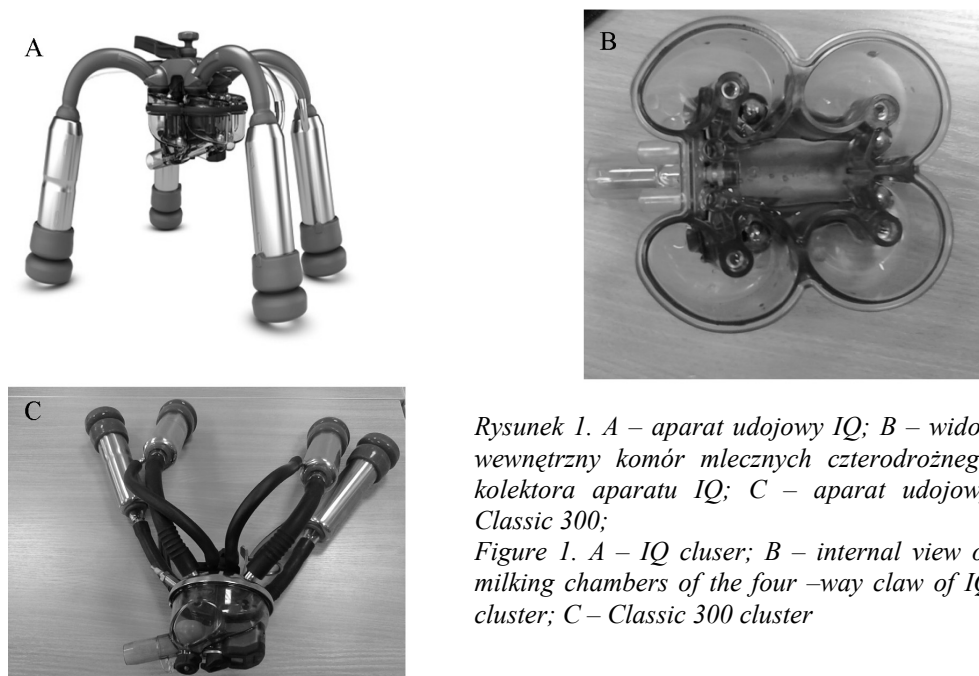
Cel i zakres pracy

Celem pracy była porównawcza analiza wybranych ciśnieniowych parametrów doju w dwóch aparatach udojowych, w kontekście stabilności podciśnienia. Zakresem badań objęto aparat udojowy IQ wyposażony w niestandardowy kolektor z czterema odrębnymi komorami mlecznymi oraz aparat Classic 300 wyposażony w kolektor o budowie standardowej.

Metodyka

Dla zapewnienia realizacji celu pracy do badań wykorzystano aparat udojowy – IQ oraz Classic 300 (rys. 1) z silikonowymi gumami strzykowymi (IQ Pro, ClassicPro) oferowane aktualnie producentom bydła mlecznego na krajowym rynku urządzeń udojowych. Badane obiekty w zasadniczy sposób różnią się budową kolektora. W aparacie IQ zastosowano czterodrożny kolektor z czterema odrębnymi komorami mlecznymi (każda o pojemności 50 cm³), co według producenta ma zapobiegać krzyżowemu zakażeniu ćwiartek wymienia. Umiejscowione w komorach zawory kulowe mają przeciwdziałać zasysaniu fałszywego powietrza przez każdy z kubków udojowych. Natomiast kolektor aparatu Classic 300 ma jedną komorę mleczną o pojemność 300 cm³.

Badania przeprowadzono w laboratorium udojowym Instytutu Inżynierii Rolniczej we Wrocławiu w warunkach symulowanego doju na stanowisku pomiarowym zbudowanym w oparciu o instalację dojarki rurociągową (rys. 2). Ciecz mlekozastępczą do kubków udojowych, których pracą sterował pulsator o pulsacji przemiennej (pulsator suwakowy z tłumieniem pneumatycznym, współczynnik pulsatora 60%), podawano za pomocą sztucznych strzyków o konstrukcji zgodnej z normą ISO 6690 (2007) o długości 100, 75 i 62 mm.

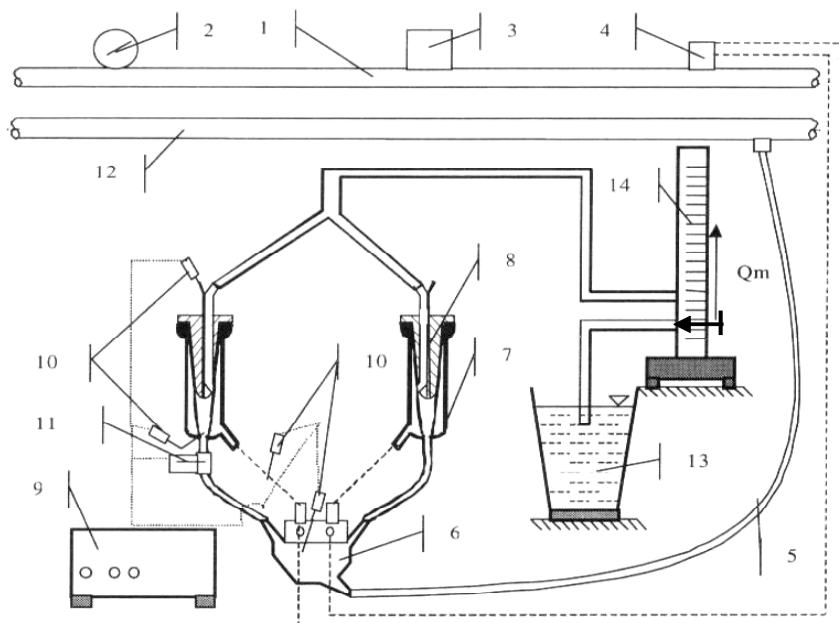


Rysunek 1. A – aparat udojowy IQ; B – widok wewnętrzny komór mlecznych czterodrożnego kolektora aparatu IQ; C – aparat udojowy Classic 300;

Figure 1. A – IQ cluster; B – internal view of milking chambers of the four –way claw of IQ cluster; C – Classic 300 cluster

Natężenie strumienia masy cieczy przepływającej przez aparat udojowy zmieniano w zakresie od 0 do $8 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$, co $2 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$, za pomocą rotametu (Kytölä). Podciśnienie robocze w rurociągu podciśnieniowym i mlecznym ($\text{Ø} 50 \text{ mm}$) wytwarzane było przez pompę próżniową o wydajności $51 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (Westfalia) i utrzymywane na odpowiednim poziomie przez zawór Vacurex 5000. Zastosowane w badaniach podciśnienia robocze wynosiły – 50, 48 i 46 kPa. Aparaty udojowe do rurociągu mlecznego (usytuowanego na wysokości 1,9 m) podłączono kurkiem stanowiskowym typu Combi Standard połączonym z długim przewodem mlecznym o średnicy 18 mm i długości 1,9 m.

Pomiarów zmian podciśnienia w komorze mlecznej kolektora, krótkim przewodzie pulsacyjnym, komorze podstrzykowej i na końcu strzyka dokonywano prądowymi przetwornikami podciśnienia SML (ADC – Eltek) klasy 0,25% (zakres pomiarowy 0-60 kPa). Sygnały z przetworników były rejestrowane przez rejestrator składający się z czteromodułowej bazy NI cDAQ 9174 wyposażonej w dwa moduły prądowe NIcDAQ 9203 i jeden napięciowy NIcDAQ 9237. Zapis mierzonych z czujników sygnałów odbywał się z częstotliwością 400 Hz, bezpośrednio na dysku komputera zgodnie z konfiguracją zdefiniowaną w aplikacji „Symulacja” (aplikacja przeznaczona do wyznaczania parametrów doju). Następnie zarejestrowane dane zostały przetworzone w programie Excel.



Rysunek 2. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – rurociąg podciśnieniowy, 2 – wakuometr, 3 – regulator podciśnienia, 4 – pulsator, 5 – długi przewód mleczny, 6 – kolektor, 7 – kubek udojowy, 8 – sztuczny strzyk, 9 – rejestrator, 10 – czujniki podciśnienia, 11 – czujnik przepływu cieczy, 12 – rurociąg mleczny górny, 13 – zbiornik z cieczą mlekozastępczą, 14 – rotametr z regulatorem przepływu

Figure 2. Diagram of the measurement stand: 1 – (under pressure pipeline) pulsator air line, 2 – vacuum gauge, 3 – (under pressure regulator) vacuum regulator, 4 – pulsator, 5 – (long milk pipeline) long milk tube, 6 – (collector) claw, 7 – (milking cup) teatcup, 8 – artificial teat, 9 – recorder, 10 – under pressure sensors (vacuum sensors), 11 – liquid flow sensor, 12 – (upper milk pipeline) upper milkline, 13 – tank with milk replacing liquid, 14 – rotameter with the flow regulator

Wyniki badań

W celu przeprowadzenia analizy porównawczej badanych aparatów udojowych w aspekcie wybranych ciśnieniowych parametrów doju wykonano analizę statystyczną (wieloczynnikowa analiza wariancji) w programie Statgraphics 6.0. (tabela 1) oraz przedstawiono graficznie na rysunkach 3, 4, 5.

Tabela 1

Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji wpływu zmiennych niezależnych doświadczenia na analizowane parametry doju: wahania podciśnienia w cyklu dp, średnie podciśnienie ssania pss i średni spadek podciśnienia w cyklu dpsr

Table 1

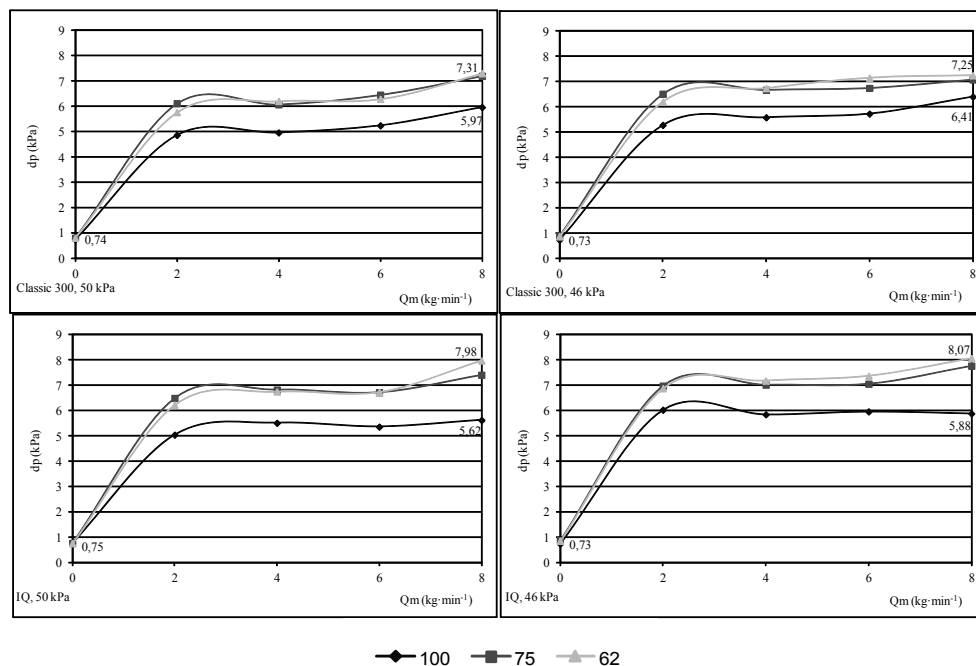
Results of the multi-factor analysis of variance concerning the impact of independent variables of the experiment on the analysed milking parameters, vacuum fluctuations dp cycle, average suction vacuum pss and average decrease vacuum of in dpsr cycle

Parametr	Źródło zmienności	Typ aparatu <i>T</i>	Podciśnienie systemowe <i>P</i>	Masowe natężenie przepływu cieczy <i>Qm</i>	Penetracja strzyka <i>Pe</i>
	Liczba stopni swobody	1	2	4	2
Wahania podciśnienia w cyklu <i>dp</i>	Poziom istotności α	0,03	0,05	0,00	0,00
	Wartość testu F	4,597	3,108	462,020	47,123
Średnie podciśnienie ssania <i>pss</i>	Poziom istotności α	0,25	0,00	0,00	0,03
	Wartość testu F	1,340	882,922	3269,331	3,525
Średni spadek podciśnienia w cyklu <i>dpsr</i>	Poziom istotności α	0,93	0,10	0,00	0,56
	Wartość testu F	0,006	2,322	2832,222	0,576

Otrzymane wyniki z przeprowadzonej analizy wskazują jednoznacznie na istotne statystycznie różnice między typami aparatów tylko w generowaniu wahań podciśnienia *dp* na poziomie $\alpha=0,03$ przy istotnym wpływie jednocześnie zmiennych niezależnych doświadczenia tj. masowego natężenia przepływu cieczy ($\alpha=0,00$), penetracji strzyka ($\alpha=0,00$) oraz podciśnienia systemowego ($\alpha=0,05$). Oznacza to, że istnieje wpływ konstrukcji aparatów na omawiany parametr, czego nie można stwierdzić dla pozostałych analizowanych parametrów doju, tj. średniego podciśnienia ssania *pss* oraz średniego spadku podciśnienia w cyklu *dpsr*.

Przebiegi krzywych na rysunkach 3, 4, 5 mają charakter zgodny z wynikami z wcześniejszych wieloletnich badań własnych autorów w tym zakresie, tzn. na destabilizację podciśnienia w aparatach udojowych główny wpływ wykazuje natężenie strumienia masy przepływającej cieczy. W zależności od konfiguracji z innymi elementami aparatu (typ pulsatora, penetracja strzyka, siła naciągu gumy strzykowej itd.) wartości spadków czy też wahań podciśnienia kształtują się na różnym poziomie. Zarejestrowane wartości *dp* (rys. 3) dla badanych aparatów IQ oraz Classic 300 są przebiegami typowymi dla doju z pulsacją przemienną i przyjętymi w badaniach długościami strzyków, czyli wykazują tendencję wzrostową w miarę narastającego strumienia masy cieczy i krótszej penetracji strzyka. Skłonnością do generowania nieznacznie wyższych wahań podciśnienia, bo o ok. 0,6 kPa charakteryzuje się konstrukcja aparatu IQ w zakresie wszystkich wariantów pomiarowych.

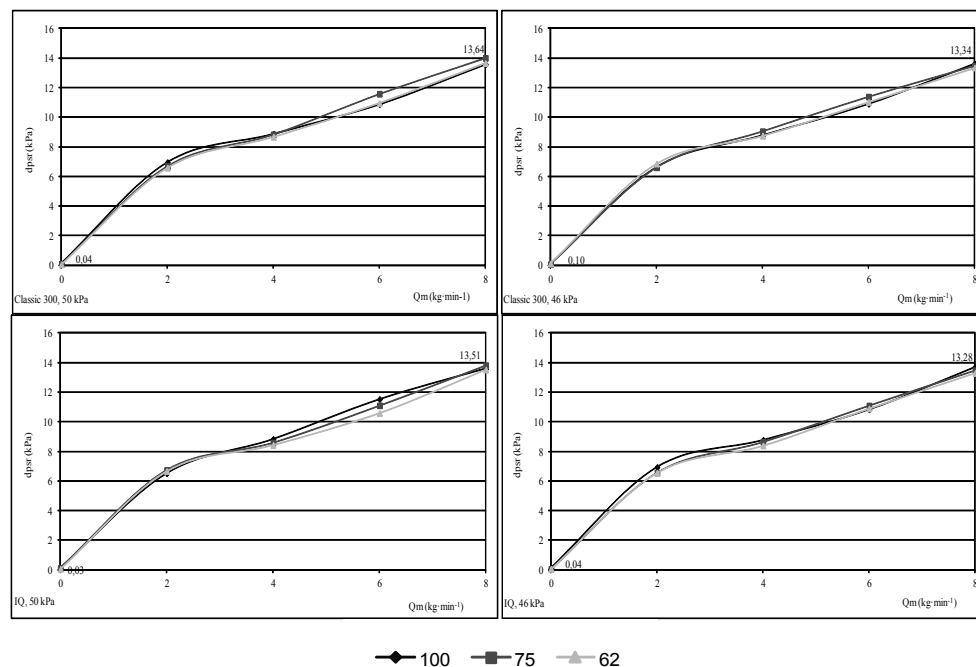
Można uznać, porównując aparaty w zakresie dp , iż konstrukcja aparatu Classic 300 w większym zakresie działa stabilizująco na warunki doju mechanicznego.



Rysunek 3. Przykładowe przebiegi wahań podciśnienia dp w funkcji strumienia masy cieczy mlekozastępczej Q_m dla aparatów udojowych Classic 300 i IQ, przy podciśnieniach roboczych 50 i 46 kPa, penetracjach strzyka 100, 75 i 62 mm

Figure 3. Exemplary courses of vacuum fluctuations dp as the function of the stream of mass of milk replacing liquid Q_m for cluster Classic 300 and IQ at the working vacuum of 50 and 46 kPa, penetration of a teat 100, 75 and 62 mm

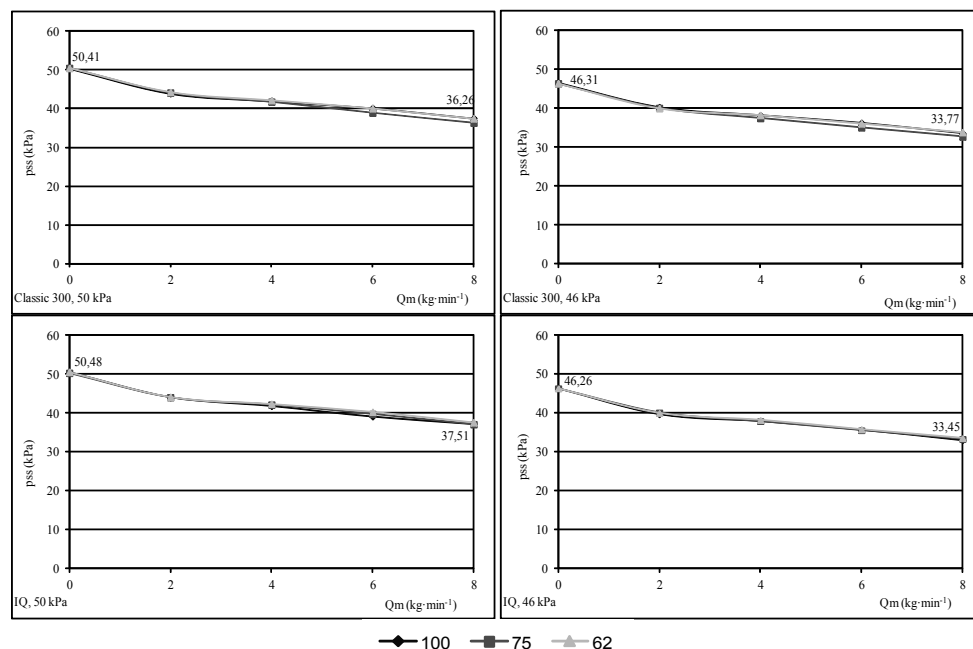
Ważnym parametrem w ocenie parametrów ciśnieniowych aparatów udojowych jest średni spadek podciśnienia w cyklu $dpsr$ (rys. 4). Wartość tego parametru i jego zmiany wpływają na możliwość aparatu do przyjęcia mleka z komory podstrzykowej do kolektora oraz utrzymania się aparatu na strzykach (zbyt wysoka wartość $dpsr$ w granicach 20-25 kPa, zagraża przeprowadzeniu bezpiecznego doju i stwarza możliwość zsunienia się aparatu ze strzyków). Analizę przebiegu krzywych spadku średniego podciśnienia w cyklu (rys. 4) przeprowadzono w oparciu o natężenie strumienia masy przepływającej cieczy, ponieważ jako jedyna zmienna niezależna wpływa istotnie na wartości $dpsr$ w całym zakresie przepływów. Maksymalne zarejestrowane wartości wyznaczono przy $Q_m=8 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ i zawierają się w granicach od 13,28 do 13,64 kPa dla obu wariantów aparatów użytych w pomiarowych. Otrzymane wartości rozpatrywanego parametru podczas symulowanego doju nie wskazują na zaburzenia procesu doju poprzez słabe utrzymywanie się kubków udojowych badanych aparatów na krowich strzykach.



Rysunek 4. Przykładowe przebiegi średniego spadku podciśnienia w cyklu dpsr w funkcji strumienia masy cieczy mlekozastępczej Q_m , dla aparatów udojowych Classic 300 i IQ, przy podciśnieniach roboczych 50 i 46 kPa, penetracjach strzyka 100, 75 i 62 mm

Figure 4. Exemplary courses of the average decrease of vacuum in the cycle dpsr as the function of stream of mass of milk replacing liquid Q_m , for cluster Classic 300 and IQ at working vacuum of 50 and 46 kPa, penetration of a teat 100, 75 and 62 mm

Średnie podciśnienie ssania pss charakteryzuje warunki doju aparatu w aspekcie utrzymania strzyków w pozycji wyciągniętej utrzymując w ten sposób drożność kanału strzykowego i prawidłowy wypływu mleka w fazie ssania. Z przedstawionych na rysunku 5 zależności wynika, podobnie jak w przypadku wcześniej rozpatrywanych parametrów, że wzrost natężenia strumienia masy przepływającej cieczy ma zasadniczy wpływ na wartości pss zarówno dla aparatu Classic i IQ. Dla rozpatrywanego parametru zmiana Q_m na wartości 2, 4, 6, 8 $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ powoduje spadek średniego podciśnienia ssania pss do wartości 36,26-37,51 kPa dla wariantów pomiarowych przy podciśnieniu systemowym 50 kPa oraz w granicach 33,45-33,77 kPa dla badanych wariantów przy podciśnieniu 46 kPa. Ponadto można również zauważyć nieznaczny wpływ penetracji strzyków, z mało jednak wyraźną tendencją - im krótszy strzyk użyty w pomiarach tym niższe wartości pss. Wyniki przeprowadzonej analizy pss obejmującej aparaty udojowe wskazują, zwłaszcza dla aparatu IQ i dla założonych warunków pomiarowych, że są podstawy do twierdzenia o możliwości przeprowadzenia prawidłowo procesu doju mechanicznego przy granicznych wpływach mleka dochodzących do 8 $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, w szczególności prawidłowego wypływu mleka w fazie ssania.



Rysunek 5.

Przykładowe przebiegi średnich wartości podciśnienia ssania p_{ss} w funkcji strumienia masy cieczy mlekozastępczej Q_m , dla aparatów udojowych Classic 300 i IQ, przy podciśnieniach roboczych 50 i 46 kPa, penetracjach strzyka 100, 75 i 62 mm

Figure 5. Exemplary courses of average values of the suction vacuum p_{ss} as the function of the stream of mass of milk replacing liquid Q_m for cluster Classic 300 and IQ at working vacuum of 50 and 46 kPa, penetration of a teat 100, 75 and 62 mm

Wnioski

1. Kształtowanie się wartości analizowanych parametrów doju w aparacie IQ i klasycznym aparacie udojowym Classic 300 w istotnym stopniu wiąże się z masowym natężeniem strumienia masy przepływającej przez aparaty cieczy mlekozastępczej Q_m . Z przeprowadzonej wieloczynnikowej analizy wariancji wynika również, że typ aparatu i długość strzyka wpływa na wahania podciśnienia dp .
2. Analiza porównawcza przebiegów wyznaczonych parametrów ciśnieniowych w aparacie IQ z czterodrożnym kolektorem i klasycznego aparatu udojowego w kontekście wahań i stabilizacji podciśnienia daje podstawy do stwierdzenia, że konstrukcja czterokomorowego kolektora w aparacie IQ o pojemności każdej komory mlecznej 50 ml nie pogorsza warunków ciśnieniowych w obrębie aparatu.
3. Pomimo mniejszej sumarycznej pojemności komór mlecznych (200 ml) w kolektorze aparatu IQ niż w aparacie Classic 300, wartości analizowanych parametrów kształto-

wały się na porównywalnym poziomie. Istotne różnice pomiędzy aparatami zanotowano dla wahań podciśnienia na korzyść aparatu Classic 300.

Literatura

- Kupczyk, A.; Osiak, J.; Gancarz, F. (1996). Urządzenia udojowe na rynku polskim. *Technika Rolnicza*, 3, 20-21.
- Kupczyk, A. (1999). Doskonalenie warunków doju mechanicznego ze szczególnym uwzględnieniem podciśnienia w aparacie udojowym. *Inżynieria Rolnicza*, 3(9), 114.
- Luberański, A. (2002). *Stymulacyjna funkcja gumy strzykowej w procesie doju mechanicznego krów*. Maszynopis rozprawy doktorskiej. Wrocław, 113.
- Neja, W.; Sawa, A. (2004). *Wpływ warunków doju, liczby krów w stadzie i pory roku na liczbę komórek somatycznych w mleku*. Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego, 74, Warszawa, 149-155.
- Szlachta, J. (1986). *Studia nad wybranymi elementami budowy i użytkowania aparatu udojowego*. Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Rozprawy, 58, ISSN 0209-1321.
- Szlachta, J.; Luberański, A.; Krzyś, A. (2000). Wpływ typu i pojemności kolektora na podstawowe parametry ciśnieniowe aparatu udojowego w warunkach dużego natężenia wypływu cieczy. *Inżynieria Rolnicza*, 2(13), 109-114.
- Szlachta, J.; Wiercioch, M. (1984a). *Analiza zmian podciśnienia i parametrów doju w komorach kubka klasycznego aparatu udojowego*. Roczniki Naukowe Zootechniki, Monografie i Rozprawy, 22, 314-325.
- Szlachta, J.; Wiercioch, M. (1984b). *Analiza zmian podciśnienia i parametrów doju w komorach kubka udojowego z okresowym doprowadzeniem powietrza*. Roczniki Naukowe Zootechniki, Monografie i Rozprawy, 22, 325-335.
- Wiercioch, M. (1994). *Przepływy w kubku udojowym dojarki mechanicznej*. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Rozprawy, 260, ISSN 0867-1427.
- Wiercioch, M.; Bujak, E. (2008). Wpływ połączenia kolektora z gumą strzykową na parametry doju. *Inżynieria Rolnicza*, 5(103), 359-365.
- ISO 6690: 2007. Milking machine installations - Mechanical tests.

STABILITY OF VACUUM IN IQ I CLASSIC 300 MILKING CLUSTERS DURING SIMULATION OF MECHANICAL MILKING

Abstract. The objective of the paper was to carry out a comparative analysis of the selected pressure parameters of milking determined in IQ cluster equipped with a non-standard claw with four separate milk chambers and in Classic 300 cluster equipped with a standard claw. Measurements were carried out in the laboratory conditions with milking to the upper milk pipeline, at variable mass intensity of liquid flow (within $0-8 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$), for three penetrations of artificial teats (100, 75, 62 mm), at three values of the system vacuum (50, 48 and 46 kPa). When applying the statistical analysis, a significant impact of independent variables of the experiment on the determined vacuum parameters of milking, were determined. Analysis of the milking parameters in IQ cluster and in a classic cluster Classic 300 in the aspect of fluctuations and stabilizations of vacuum produces a basis for a statement that its structure does not deteriorate vacuum conditions within the clusters.

Key words: machine milking, milking unit, stability of vacuum

Adres do korespondencji:

Adam Luberański; e-mail: luberanski@poczta.onet.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław