

WPŁYW WYBRANEGO WSKAŹNIKA JAKOŚCI STEROWANIA NA PARAMETRY DOJU W APARATACH UDOJOWYCH W DOJARCE RUROCIĄGOWEJ

Danuta Skalska

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Analizowano wpływ wybranego wskaźnika jakości sterowania (pola powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia - S_1) na zmiany średniego podciśnienia ssania - p_{ss} , średniego podciśnienia masażu - p_{ms} , amplitudy podciśnienia ssania - aps wahania podciśnienia w cyklu - dp po wprowadzeniu zakłócenia do rurociągu mlecznego przy pracy sześciu aparatów udojowych (o zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów $Q_m = 2, 4, 6, 8 [l \cdot min^{-1}]$) dla trzech cykli względem pulsacji („1 po”, „2-4 po” i „ustal”). Wykazano, że ww. parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych zależą liniowo od zmian pola powierzchni S_1 w pierwszym cyklu pulsacji (dla fazy „1 po”) i w następnych trzech cyklach (dla fazy „2-4 po”) dla zadanych Q_m .

Słowa kluczowe: aparat udojowy, wskaźnik jakości sterowania, średnie podciśnienie ssania

Wstęp

Ogólnie wiadomo, że mimo poprawy techniki doju i wprowadzania podzespołów o dużej niezawodności eksploatacyjnej [Szlachta 1995, Lipiński 1991] liczba przypadków mastitis rośnie, co potwierdza dalszą potrzebę przeprowadzania badań nad doskonaleniem samego procesu doju. Urządzenia udojowe powinny być lepiej przystosowane [Szlachta 1999; Wiercioch 1998] do biologicznych uwarunkowań zwierząt, fizjologii procesu oddawania mleka przez krowy oraz charakteryzować się znacznie większą niezawodnością pracy tak, aby zredukować do minimum negatywne oddziaływanie dojarek rurociągowych na zdrowotność krów. W celu lepszego zrozumienia i opisanie zmian parametrów doju, jakie zachodzą w całym systemie dojarki rurociągowej a szczególnie w aparatach udojowych (w rurociągu mlecznym) przy równoczesnym nakładaniu się wahań podciśnienia cyklicznych i nieregularnych - „typu awaria” [Skalska i in. 2010; Skalska i Nejman 2008; Woyke 1995; Kupczyk 1986 a i b], należy przeprowadzać badania oraz ich analizę dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych dojarek rurociągowych. Dojarka rurociągową jest zautomatyzowanym obiektem pozyskiwania mleka. Jakość sterowania układów zautomatyzowanych określa się przez dynamikę układu, która najpełniej opisywana jest za pomocą wartości wskaźników jakości sterowania i optymalnych parametrów regulatorów. Określone i wy-

znaczone wskaźniki jakości sterowania [Skalska i Nejman 2010; Szopliński 1980] takie jak: maksymalny spadek podciśnienia P_{\max} , pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia S_I , czas trwania zakłócenia t_I i t_{II} , można powiązać z wybranymi parametrami doju w aparacie udojowym, które umożliwią przeprowadzenie precyzyjnego rankingu rozwiązań technicznych (różnych firm) ww. obiektów. Prawdłowo skonstruowane i dobrane poszczególne elementy dojarki rurowiągowej [Szlachta 1999; Józefowicz 1995], a w szczególności aparaty udojowe, regulatory podciśnienia, znacznie poprawiają parametry doju (charakteryzujące skuteczny i bezpieczny dój) w całej instalacji dojarki ograniczając wahania podciśnienia roboczego.

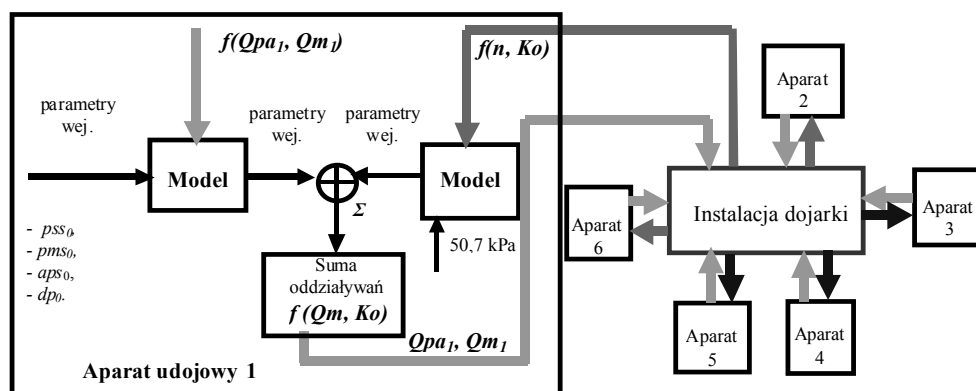
Celem pracy było przeprowadzenie analizy wpływu parametru jakości sterowania S_I na zmiany wybranych parametrów doju w aparatach udojowych; średniego podciśnienia ssania – p_{ss} , średniego podciśnienia masażu – p_{ms} , amplitudy podciśnienia ssania – aps , wahań podciśnienia w cyklu – dp , po wprowadzeniu zakłócenia do instalacji dojarki rurowiągowej; (10 l normalnego powietrza, 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) przy pracy sześciu aparatów udojowych (podłączanych do instalacji dojarki rurowiągowej kolejno o zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów $Q_m = 2, 4, 6, 8$ [l·min⁻¹]) w pierwszym cyklu pulsacji „1 po”, w trzech następnych cyklach pulsacji „2 – 4 po” i „ustal”.

Metodyka

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej UP we Wrocławiu. Stanowisko pomiarowe zbudowano w oparciu o dojarkę rurowiągową zmontowaną wg normy; ISO 6690, ISO 5707, która została wyposażona w agregat podciśnienia składający się z pompy próżniowej RPA 21 (z pierścieniem wodnym) o wydajności 850 l·min⁻¹ współpracującej z zaworem regulacji podciśnienia Vacurex. Do badań wykorzystano aparaty udojowe typu Hormony (pojemność kolektora 450 cm³). Pomiaru zmian podciśnienia w aparatach udojowych, rurowiągu mlecznym i podciśnienia wykonano przy pomocy aparatury pomiarowej, w skład, której wchodziły czujniki podciśnienia typu PS i PS-SM-100, 50 firmy VIGOTOR.

Wyznaczono wskaźniki jakości sterowania wg metodyki [Skalska i Nejman 2010] i wybrano jeden z nich - pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia - S_I po wprowadzeniu zakłócenia do rurowiągu mlecznego (1-10 l normalnego powietrza, 2-10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 3-20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) przy pracy sześciu aparatów udojowych (podłączanych do rurowiągu mlecznego kolejno o zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów $Q_m = 2, 4, 6, 8$ [l·min⁻¹]) dla trzech cykli względem pulsacji („1 po”, „2 – 4 po” i „ustal”). Mierzono parametry pracy w aparacie udojowym: w kolektorze, w komorze podstrzykowej, na końcu strzyka i wyznaczono zmiany; średniego podciśnienia ssania – p_{ss} , średniego podciśnienia masażu – p_{ms} , amplitudę podciśnienia ssania – aps , wahań podciśnienia w cyklu – dp .

W czasie pracy dojarki rurociąkowej bez zakłóceń – typu „awaria” (rys. 1) parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych np. p_{ss} , p_{ms} zależą od; pozycji aparatu pomiarowego, zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatu udojowego Q_m , sumy zadanych strumieni wypływu cieczy ze wszystkich aparatów udojowych podłączonych do dojarki Q_{mr} , ilości powietrza Q_{pa} doprowadzonego przez aparaty do instalacji dojarki rurociąkowej, pracy gum strzykowych (nakładanie się wahań pochodzących od pracy innych gum strzykowych), pracy pulsatorów. Przy pracy większej liczby aparatów udojowych wahania cykliczne pochodzące od każdego pracującego aparatu działają na siebie i na rurociąg mleczny. W przypadku wystąpienia zakłócenia „typu awaria” (dodatkowa ilość powietrza) na parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych mają wpływ wskaźniki jakości sterowania np.; maksymalny spadek podciśnienia – P_{max} , pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia – S_1 , (S_c – w przypadku wystąpienia drugiego przeregulowania). Znając wskaźniki jakości sterowania dojarki rurociąkowej (uwzględniając zakłócenia) możemy stwierdzić, czy układ regulacji obiektu zautomatyzowanego powraca do stanu równowagi trwałej po ustaniu działania wielkości wejściowej, zakłócenia lub innej wielkości występującej w układzie jest układem stabilnym. Wyznaczone parametry efektów zakłócenia [Skalska i Nejman 2010] mogą zostać wykorzystane jako sygnały sterujące w celu przeciwdziałania negatywnym wpływom zakłócenia na optymalną pracę dojarki rurociąkowej.

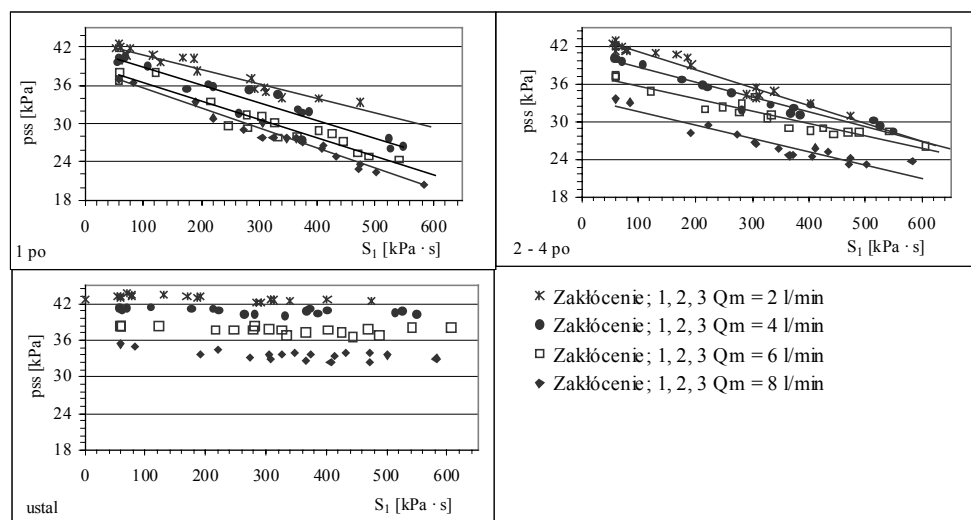


Rys. 1. Schemat blokowy (model) opisujący zmiany parametrów ciśnieniowych w aparacie udojowym w czasie doju symulowanego (dojarką rurociągową) przy podłączaniu aparatów udojowych zaczynając od kurka pierwszego do szóstego lub od szóstego do pierwszego; n - ilość pracujących aparatów udojowych, Ko - współczynnik obciążenia dojarki, Q_{pa} - całkowita średnia ilość powietrza doprowadzona do dojarki wg [Skalska i Szlachta 2006]
 Fig. 1. Block scheme (model) describing fluctuations of pressure parameters in a milking unit during simulated milking (with a pipeline milking machine) during connecting the milking units starting from the first to the sixth tap or from the sixth to the first; n - the number of working milking units, Ko - coefficient of milking unit load, Q_{pa} - total mean amount of air applied to the milking unit according to [Skalska i Szlachta 2006]

Wyniki badań i dyskusja

Wieloczynnikowa analiza wariacji [Statistica 1997] wykazała istotny wpływ; pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia, zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatów udojowych Q_m , fazy; „1 po”, „2 - 4 po” zmiennych niezależnych na p_{ss} , p_{ms} , aps , dp . Poziom istotności (p) wynosił dla każdego źródła zmienności 0,000.

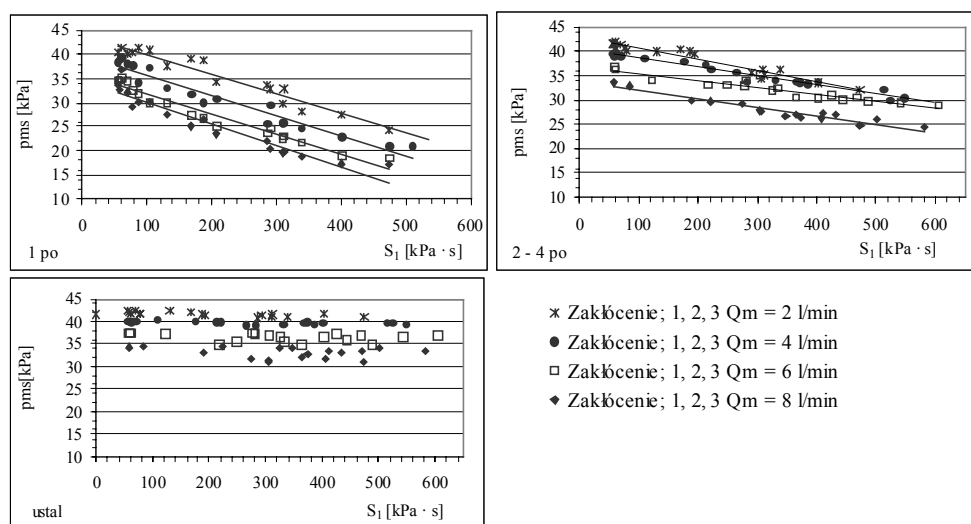
Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na zmiany parametrów doju w aparacie udojowym najlepiej omówić na przykładzie średniego podciśnienia ssania p_{ss} (rys. 2), które jest zależne od Q_m , fazy zakłócenia względem cyklu pulsacji („1 po”, „2 - 4 po”). Największy spadek średniego podciśnienie ssania p_{ss} wystąpił w fazie „1 po” i $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ - wyniósł 18 kPa (dla $S_1 = 580 \text{ kPa}\cdot\text{s}$). Natomiast dla $Q_m = 2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ p_{ss} maleje od wartości 42 kPa do 34 kPa. W drugiej fazie cyklu pulsacji (2 ÷ 4 po) dla $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ przebieg jest podobny, ale p_{ss} maleje już od niższej wartości (około 33 kPa) ze wzrostem S_1 . W warunkach ustalonych p_{ss} zależy tylko od Q_m i wynosi odpowiednio dla; $Q_m = 2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ około 42 kPa dla $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ około 33 kPa.



Rys. 2. Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na średnie podciśnienie ssania p_{ss} przy zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów udojowych $Q_m = 2, 4, 6, 8 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$ dla fazy; „1 po”, „2 - 4 po” i „ustal”

Fig. 2. Influence of the surface area S_1 beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference on average suction negative pressure p_{ss} with pre-set streams of liquid flow from milking units $Q_m = 2, 4, 6, 8 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$ for the phase ; „1 po”, „2 - 4 po” i „ustal”

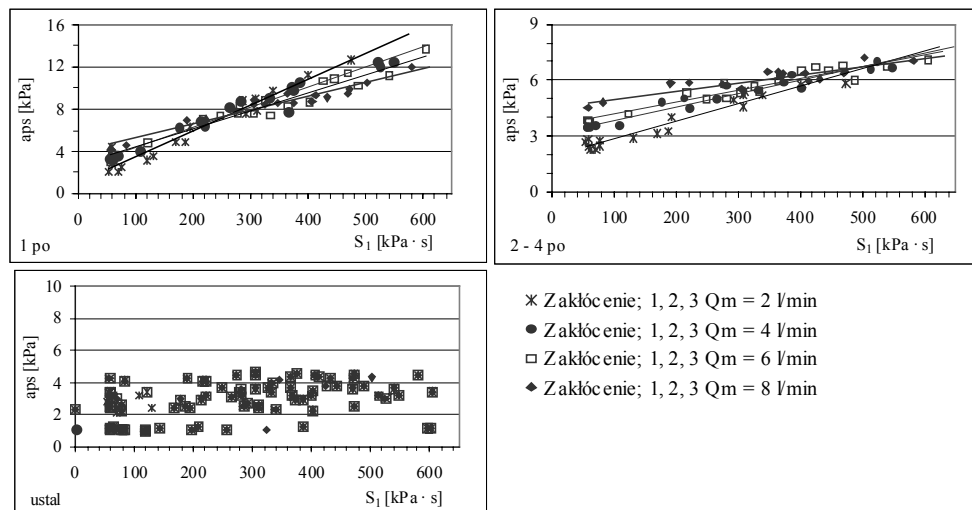
Średnie podciśnienie masażu pms (rys. 3) ma podobny charakter zmian od pola powierzchni S_1 w czasie trwania zakłócenia. Największy spadek średniego podciśnienia masażu pms wystąpił w fazie „1 po” i dla $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ - wyniósł około 15 kPa (dla $S_1 = 480 \text{ kPa}\cdot\text{s}$). Natomiast dla $Q_m = 2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ pms maleje od wartości 42 kPa do 25 kPa. W drugiej fazie cyklu pulsacji (2-4 po) dla $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ przebieg jest podobny, ale pms maleje od 33 kPa do wartości około 25 kPa ze wzrostem S_1 . Natomiast dla $Q_m = 2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ pms maleje od wartości 42 kPa do 33 kPa. W warunkach ustalonych pms zależy od Q_m i wynosi odpowiednio dla; $Q_m = 2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ około 41 kPa natomiast dla $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ około 33 kPa.



Rys. 3. Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na średnie podciśnienie masażu pms przy zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów udojowych $Q_m = 2, 4, 6, 8 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$ dla fazy: „1 po”, „2-4 po” i „ustal”

Fig. 3. Influence of the surface area S_1 beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference on average negative pressure of massage pms with pre-set streams of liquid flow from milking units $Q_m = 2, 4, 6, 8 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$ for the phase: „1 po”, „2-4 po” i „ustal”

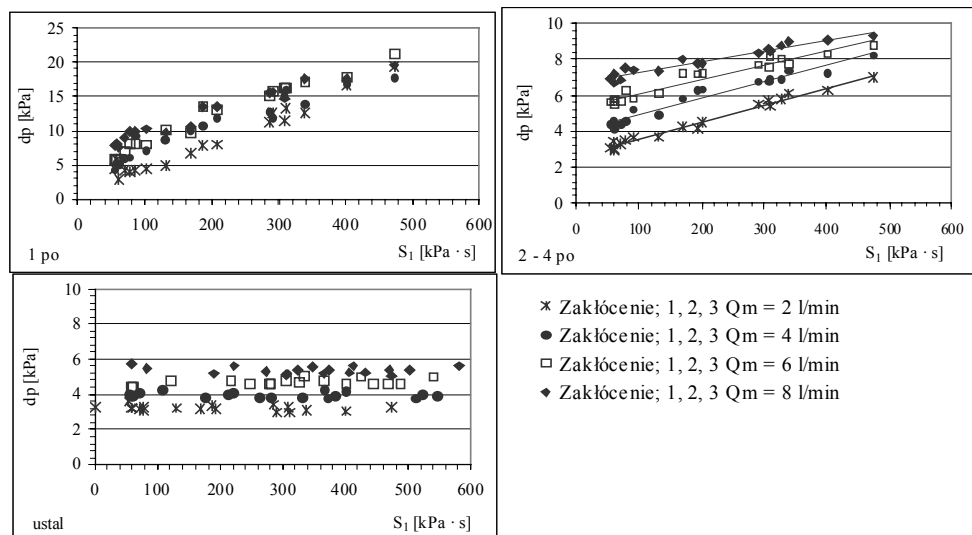
Amplituda podciśnienia ssania aps (rys. 4) rośnie liniowo wraz ze wzrostem pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia (dla fazy „1 po”, „2-4 po”) i zakłóceń (1, 2, 3) wprowadzonych do rurociągu mlecznego oraz dla zadanych strumieni wypływu cieczy z aparatu udojowego Q_m . Nie można dowiedzieć różnicy między poszczególnymi Q_m z powodu rozrzutu wyników. Widać, że istnieją takie wartości S_1 , dla których amplituda podciśnienia ssania aps na pewno nie zależy od Q_m np.; dla fazy „1 po” ($S_1 = 250 \text{ kPa}\cdot\text{s}$) i dla fazy „2-4 po” ($S_1 = 550 \text{ kPa}\cdot\text{s}$).



Rys. 4. Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na amplitudę podciśnienia ssania aps przy zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów udojowych $Q_m = 2, 4, 6, 8$ [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$] dla fazy: „1 po”, „2 – 4 po” i „ustal”

Fig. 4. Influence of the surface area S_1 beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference on amplitude of the suction negative pressure aps with pre-set streams of liquid flow from milking units $Q_m = 2, 4, 6, 8$ [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$] for the phase: „1 po”, „2 – 4 po” i „ustal”

Wahania podciśnienia w cyklu dp (o charakterze cyklicznym i nieregularnym) przyczyniają się do destabilizacji warunków ciśnieniowych panujących w aparacie udojowym, co prowadzi ostatecznie do zaburzeń jego pracy. Biorąc pod uwagę wahania podciśnienia w cyklu dp (rys. 5) można stwierdzić, że dla fazy „2 – 4 po” i zakłóceń (1, 2, 3) wprowadzonych do rurociągu mlecznego oraz dla zadanych strumieni wypływu cieczy z aparatu udojowego Q_m parametr ten rośnie liniowo wraz ze wzrostem pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia i zależy od Q_m . Wahania podciśnienia w cyklu dp są mniejsze w fazie „2 – 4 po”, zmieniają się od: 7 kPa dla $Q_m = 8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (dla $S_1 = 60 \text{ kPa}\cdot\text{s}$) do 9 kPa ($S_1 = 480 \text{ kPa}\cdot\text{s}$). Natomiast dla $Q_m = 2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ dp zmienia się od 3 kPa (dla $S_1 = 60 \text{ kPa}\cdot\text{s}$) do 7 kPa ($S_1 = 480 \text{ kPa}\cdot\text{s}$). W piątym cyklu pulsacji „ustal” wahania podciśnienia w cyklu dp (rys. 5) w aparacie udojowym zależą już tylko od Q_m , pracy pozostałych aparatów (pracy całej instalacji dojarki rurociągowej). Dla fazy „1 po” zmiany dp charakteryzują się dwukrotnie większymi wartościami (w odniesieniu do fazy „2 – 4 po” i zmieniają się od 3 kPa do 21 kPa. Rozrzut wyników jest dość duży, ponieważ nie było synchronizowania z pulsacją wprowadzania zakłócenia, co w skrajnych przypadkach dawało błąd pomiaru czasu rzędu 1 s w porównaniu z cyklem „1 po” (też 1 s.). Dla tej fazy „1 po” można udowodnić, że wahania podciśnienia w cyklu dp zależą też od zadanych strumieni wypływu cieczy z aparatu udojowego Q_m .



Rys. 5. Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na wahania podciśnienia w cyklu dp przy zadanych strumieniach wypływu cieczy z aparatów udojowych $Q_m = 2, 4, 6, 8 \text{ [l} \cdot \text{min}^{-1}]$ dla fazy; „1 po”, „2 – 4 po”, „ustal”

Fig. 2. Influence of the surface area S_1 beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference on the negative pressure fluctuations in the cycle dp with pre-set streams of liquid flow from milking units $Q_m = 2, 4, 6, 8 \text{ [l} \cdot \text{min}^{-1}]$ for the phase; „1 po”, „2 – 4 po” i „ustal”

Wnioski

- Średnie podciśnienie ssania p_{ss} , średnie podciśnienie masażu p_{ms} , amplituda podciśnienia ssania aps , wahania podciśnienia w cyklu dp nie zależą od rodzaju zakłócenia i sposobu jego wprowadzania do instalacji dojarki ruropiętowej.
- Parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych istotnie zależą od pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia spowodowanych przez wprowadzone zakłócenia (1 - 10 l normalnego powietrza, 2 - 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 3 – 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) do ruropiętki mlecznej (dla fazy „1 po”, „2 – 4 po”) i w niektórych przypadkach od Q_m .
- W piątym cyklu pulsacji parametry doju, w aparacie udojowym zależą już tylko od wahań regularnych (pochodzących od zadanego wypływu cieczy Q_m i pracy pozostałych aparatów udojowych - całej instalacji dojarki ruropiętowej).

Bibliografia

- Józefowicz E. 1995. Algorytm symulacji przepływu mleka w dojarce jednostanowiskowej z ruropiętką. Roczn. AR w Poznaniu. Z. 46. s. 25-32.
- Kupczyk A. 1986a. Spadki i wahania podciśnienia w ruropiętce mlecznej dojarek przewodowych. Cz. I. Podstawy struktury przepływu mleka i powietrza w ruropiętce mlecznej dojarki. Roczn. Nauk Rol. T. 77-C-1. s. 25-33.

- Kupczyk A.**, 1986b. Spadki i wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarek przewodowych. Cz. II. Spadki podciśnienia w poziomym rurociągu mlecznym. Roczn. Nauk Rol. T. 77-C-1. s. 35-41.
- Skalska D., Nejman M.** 2010. Metodyczne aspekty wyznaczania czasów trwania, wielkości zakłócenia i ich wpływu na jakość doju w dojarce rurociągowej. Inżynieria Rolnicza 2 (120). s. 163-171.
- Skalska D., Szlachta J., Luberański A.** 2010. Wahania podciśnienia całkowite i nieregularne w wybranych punktach instalacji dojarki rurociągowej. Inżynieria Rolniczej 3 (121). s. 177-184.
- Skalska D., Nejman M.** 2008. Analiza wpływu zakłóceń na wybrane parametry doju w dojarce rurociągowej. Inżynieria Rolnicza. 5 (103). s. 249-257.
- Skalska D., Szlachta J.** 2006. Математическое описание воздействия внешних факторов на параметры доения трувопроводными установками. Roczniki Rosyjskiej Akademii Nauk. s. 64-72.
- Szlachta J.** 1999. Normy międzynarodowe ISO a sprzęt udojowy. Poradnik Hodowcy. Nr 5. s. 1.
- Szopliński Z.** 1980. Automatyka stosowana. WK i Ł. Warszawa. ISBN 83-206-0011-1
- Wiercioch M.** 1998. Ocena intensywności wypływu mleka ze strzyka krowy w poszczególnych cyklach przy użyciu różnych systemów (aparatów) udojowych. Maszynopis IIR AR Wrocław
- Woyke W.** 1995. „Podstawowe problemy w technice i technologii produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem aspektów ekologicznych”. Materiały konferencyjne. IBMER Warszawa. s. 217-220.
- ISO 5707. 2007. Milking machine installations - Construction and performance
- ISO 6690. 2007. Milking machine installations - Mechanical tests
- Statistica. 1997. Statsoft Polska. Podręcznik użytkownika.

INFLUENCE OF SELECTED CONTROL QUALITY INDEX ON MILKING PARAMETERS IN MILKING UNITS IN A MILK PIPELINE

Abstract. Influence of the selected control quality index (surface areas beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference S_1) on fluctuations of average sucking negative pressure p_{ss} , average negative pressure of massage p_{ms} , amplitude of the sucking negative pressure- p_{ps} negative pressure variations in the cycle – dp after application of interference to a milk pipeline with the work of six milking units (of pre-set stream of liquid flow from units $Q_m = 2, 4, 6, 8$ [l·min⁻¹]) for three cycles in regard to pulsation („1 po”, „2 – 4 po” i „ustal”). It was specified that the above-mentioned pressure parameters in milking units depend linearly on the surface area changes S_1 in the first cycle of pulsation (for phase „1 po”) and in the subsequent three cycles (for phase „2 – 4 po”) Q_m .

Key words: milking unit, control quality index, average negative pressure of suction

Adres do korespondencji:

Danuta Skalska; e-mail: danuta.skalska@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław