

WYBRANE WSKAŹNIKI JAKOŚCI STEROWANIA I ICH WPŁYW NA ŚREDNIE PODCIŚNIENIE W RUROCIĄGU MLECZNYM I JEGO AMPLITUDĘ WAHAŃ W DOJARCE RUROCIĄGOWEJ

Danuta Skalska

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Analizowano wpływ sygnałów testowych opisanych wskaźnikami jakości sterowania; maksymalnym spadkiem podciśnienia P_{\max} , polem powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na zmiany wahań podciśnienia w rurociągu mlecznym $aP14$ i na zmiany średniego podciśnienia $P14$ w rurociągu mlecznym w pierwszym cyklu pulsacji, w trzech następnych cyklach pulsacji po wprowadzeniu zakłócenia. Pomiary wykonano dla określonej liczby równocześnie pracujących aparatów udojowych (od 1 do 6). Wykazano, że $P14$ w rurociągu mlecznym oraz $aP14$ istotnie zależą (liniowo) od zmian pola powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą opisującą ww. zakłócenia w pierwszym cyklu pulsacji (dla fazy 1 po) i w następnych trzech cyklach (dla fazy 2-4 po) po wprowadzeniu powietrza do instalacji dojarki rurociąkowej.

Słowa kluczowe: rurociąg mleczny, zakłócenie, kryterium całkowite, wahania podciśnienia

Wstęp

Prawdopodobieństwo przenoszenia infekcji mastitis przypisuje się urządzeniom udojowym, a konkretnie wahanom podciśnienia w instalacji udojowej, w rurociągu mlecznym, które negatywnie oddziałują na wymię krowy [Szlachta i Wiercioch 1988; Szlachta 1995]. Natomiast stabilne podciśnienie gwarantuje prawidłową pracę urządzeń udojowych i ma to również związek z jakością pozyskiwanego mleka [Szlachta 1991; Woyke i Lipiński 1992]. Rurociąg mleczny, na którego długości są podłączone aparaty udojowe ma szczególnie ważne znaczenie. W tej części rurociągu mlecznego następują największe zakłócenia stabilności podciśnienia [Skalska i in. 2010; Skalska i in. 2005; Kupczyk 1986]. Przede wszystkim jest to spowodowane pracującymi aparatami udojowymi, które dostarczają do rurociągu mleko i powietrze. Szybkość reakcji układu regulacyjnego zależy od amplitudy sygnału zakłócającego i szybkości narostu sygnału [Kowalowski 1984; Szopliński 1980]. Im większa szybkość narostu sygnału zakłócającego tym szybsza reakcja regulatora (mniejsza stała czasowa pierwszego narostu). Dlatego też, chcąc dokładniej przeanalizować jak zmieniają się parametry doju w rurociągu mlecznym, w dojarcie rurociąkowej przy występowaniu znacznych spadków podciśnienia spowodowanych przez „awarie” określono i wyznaczono charakterystyczne wskaźniki jakości sterowania [Skalska i Nej-

man 2010; 2008]. Odchylenie regulacji określone zostało na podstawie różnicy ciśnienia nominalnego i ciśnienia po wprowadzeniu zakłócenia.

Celem pracy było przeprowadzenie analizy wpływu sygnałów testowych (1-10 l normalnego powietrza, 2-10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at., 3-20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) opisanych wskaźnikami jakości sterowania; maksymalnym spadkiem podciśnienia P_{\max} , pola powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na zmiany wahań podciśnienia w rurociągu mlecznym $aP14$ i na zmiany średniego podciśnienia $P14$ w rurociągu mlecznym za aparatami udojowymi w pierwszym cyklu pulsacji i w trzech następnych cyklach pulsacji po wprowadzeniu zakłócenia. Pomiarów wykonano dla określonej ilości równocześnie pracujących aparatów udojowych (od 1 do 6). Parametry doju w rurociągu mlecznym $aP14$, $P14$ istotnie zależą od zmian maksymalnego spadku podciśnienia P_{\max} i powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą opisującą ww. zakłócenia w pierwszym cyklu pulsacji (dla fazy 1 po) i w następnych trzech cyklach pulsacji (dla fazy 2-4) po wprowadzeniu powietrza do instalacji dojarki rurociągowej.

Metodyka

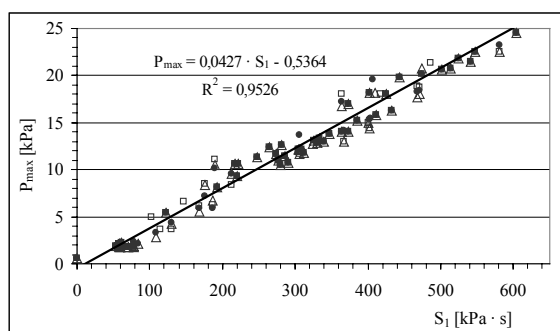
Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej (w Zakładzie Produkcji Zwierzęcej) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Stanowisko pomiarowe zbudowano w oparciu o dojarkę rurociągową. Parametry dojarki dobrano według zaleceń normy ISO 5707 i ISO 6690. Pomiarów zmian podciśnienia w aparatach udojowych i rurociągu mlecznym wykonano przy pomocy aparatury pomiarowej, w skład której wchodziły czujniki podciśnienia typu PS i PS-SM-100, 50 firmy VIGOTOR, rejestrator 15 kanałowy AKW-15, program „Graf akw” do obróbki danych. Wszystkie jednocześnie pracujące aparaty miały ten sam zadany strumień wypływu cieczy Q_m , który w poszczególnych wariantach pomiarowych był zmieniany w przedziale od 0 do 8 l·min⁻¹, co 2 l·min⁻¹. Badania przeprowadzono przy użyciu cieczy mlekozastępczej (woda destylowana), dla której zmierzone parametry doju nie różnią się istotnie od parametrów występujących przy mleku [Wiercioch 1998].

Chcąc dokładniej przeanalizować jak zmieniają się parametry doju w rurociągu mlecznym, w dojarkę rurociągową przy występowaniu znacznych spadków podciśnienia spowodowanych przez „awarie” określono i wyznaczono charakterystyczne wskaźniki jakości sterowania; maksymalny spadek podciśnienia P_{\max} , pole powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia wg przyjętej metodyki [Skalska i Nejman 2010].

Znając wyznaczone wskaźniki jakości sterowania efektów zakłócenia można, (co przedstawiono poniżej) niezależnie od źródła pochodzenia zakłócenia, opisać zmiany wybranych parametrów doju w rurociągu mlecznym np.; wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym $aP14$ oraz zmiany średniego podciśnienia $P14$ za aparatem po wprowadzeniu zakłócenia do instalacji dojarki rurociągowej. Odchylenie regulacji określone zostało na podstawie różnicy ciśnienia nominalnego i ciśnienia po wprowadzeniu zakłócenia.

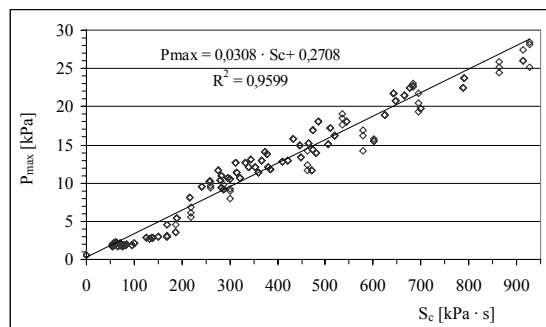
Wyniki badań i dyskusja

Pole powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia (rys. 1, 2) jest ściśle skorelowane z amplitudą maksymalnego spadku podciśnienia P_{max} ($p = 0,96$) dla trzech sposobów wprowadzania zakłóceń, w trzech fazach czasowych zakłócenia; „1 po”, „2-4 po” i „ustal”



Rys. 1. Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie, po wprowadzeniu zakłócenia (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l sprężonego do 2 at., 3 - 20 l sprężonego do 3,5 at.) na zmiany amplitudy maksymalnej zakłócenia P_{max} w rurociągu mlecznym dla trzech faz (1 po, 2 - 4 po, ustal)

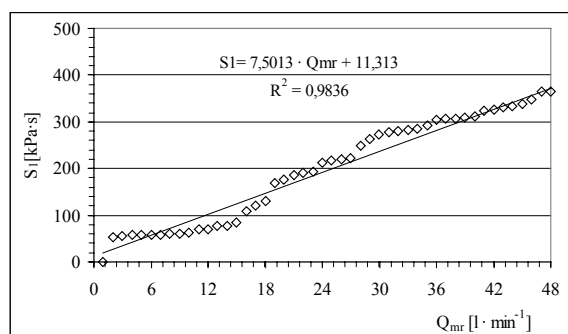
Fig. 1. Influence of the surface area S_1 beneath the curve of negative pressure fluctuations in time, after applying interference (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l compressed to 2 at., 3 - 20 l compressed to 3.5 at.) on fluctuations of maximum amplitude of interference P_{max} in a milk pipeline for three phases (1 po, 2-4 po, ustal)



Rys. 2. Wpływ pola powierzchni całkowitej S_c pod krzywą zmian podciśnienia w czasie, po wprowadzeniu zakłócenia (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l sprężonego do 2 at., 3 - 20 l sprężonego do 3,5 at.) na zmiany amplitudy maksymalnej zakłócenia P_{max} w rurociągu mlecznym dla trzech faz (1 po, 2 - 4 po, ustal)

Fig. 2. Influence of the surface area S_c beneath the curve of negative pressure fluctuations in time, after applying interference (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l compressed to 2 at., 3 - 20 l compressed to 3.5 at.) on fluctuations of maximum amplitude of interference P_{max} in a milk pipeline for three phases (1 po, 2 - 4 po, ustal)

Pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie, po wprowadzeniu zakłócenia (1-10 l-1 at., 2-10 l sprężonego do 2 at., 3-20 l sprężonego do 3,5 at.) do rurociągu mlecznego dla wszystkich faz jest również powiązane (rys. 3) z całkowitym zadaniem strumieniem przepływu cieczy w rurociągu mlecznym z aparatów udojowych Q_{mr} .

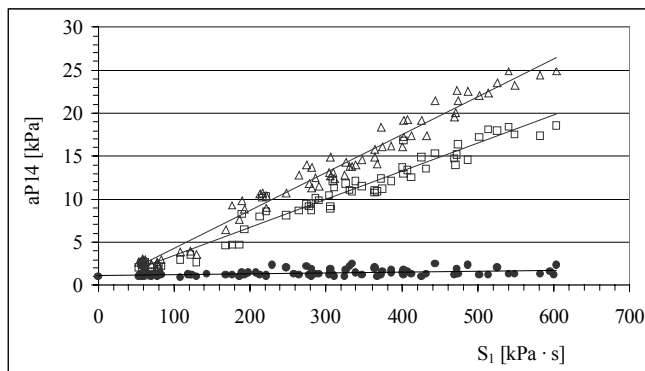


Rys. 3. Wpływ całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy w rurociągu mlecznym z aparatów udojowych Q_{mr} na zmiany pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie, po wprowadzeniu zakłócenia (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l sprężonego do 2 at., 3 - 20 l sprężonego do 3,5 at.) do rurociągu mlecznego dla wszystkich faz

Fig. 3. Influence of integral pre-set of the liquid flow stream in a milk pipeline from a milking unit Q_{mr} on fluctuations of the surface area S_1 beneath the curve of fluctuations of the negative pressure in time after applying interference (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l compressed to 2 at., 3 - 20 l compressed to 3.5 at.) to a milk pipeline for all phases

Z przeglądu literatury [Skalska i in. 2005] wiemy, że wypełnienie rurociągu mlecznego w zależy nieliniowo od całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy w rurociągu mlecznym z aparatów udojowych Q_{mr} . Może to sugerować (rys. 3), że pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia S_1 od wypełnienia w będzie lepiej opisywać zmiany tego wskaźnika.

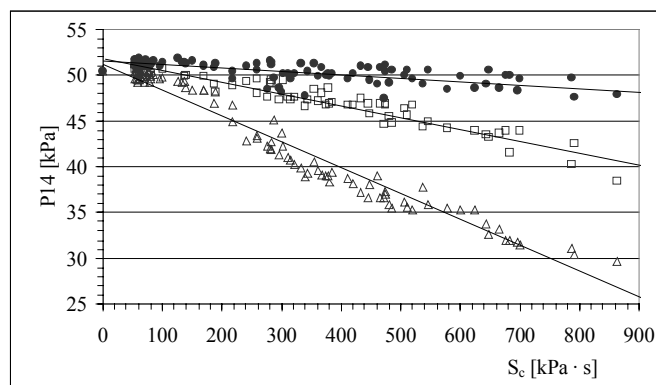
Amplituda wahań podciśnienia $aPI4$ w rurociągu mlecznym wzdłuż strefy pracujących aparatów udojowych w dojarce rurociągowej i średnie podciśnienie $PI4$ ma istotny wpływ na parametry ciśnieniowe w aparatach udojowych. Dlatego też część rurociągu mlecznego, na którego długości są podłączone aparaty udojowe ma szczególnie ważne znaczenie, ponieważ w tym obrębie występuje największe zakłócenie stabilności podciśnienia związane z ilością mleka, które jest doprowadzane do rurociągu mlecznego i powietrza umożliwiającego ten transport na wysokość 2 m. Wieloczynnikowa analiza wariancji [Statistica 1997] wykazała istotny wpływ wyznaczonych wskaźników jakości sterowania; maksymalnego spadku podciśnienia P_{max} , pola powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia na amplitudę wahań podciśnienia $aPI4$ oraz na zmiany średnie podciśnienie $PI4$ w rurociągu mlecznym, w strefie pracujących aparatów udojowych jak i na pozostałe parametry doju w dojarce rurociągowej. Poziom istotności (p) wynosił dla każdego źródła zmienności 0,000. Wahania podciśnienia $aPI4$ (rys. 4) w rurociągu mlecznym dla faz: „1 po”, „2-4 po” liniowo zależną od S_1 po wpuszczeniu zakłócenia – powietrza (1-10 l-1 at., 2-10 l sprężonego do 2 at., 3-20 l sprężonego do 3,5 at.) do rurociągu mlecznego dojarce rurociągowej.



△ Zakłócenie; 1, 2, 3 - (1 po) □ Zakłócenie; 1, 2, 3 - (2-4 po) ● Zakłócenie; 1, 2, 3 - (ustal)

Rys. 4. Wpływ pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia i faz (1 po, 2 - 4 po, ustal) na wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym za aparatem $aP14$ po wpuszczeniu zakłócenia - powietrza (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l sprężonego do 2 at., 3 - 20 l sprężonego do 3,5 at.) do rurociągu mlecznego dojarki rurociągowej

Fig. 4. Influence of the surface area S_1 beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference and phases (1 po, 2 - 4 po, ustal) on the negative pressure variations in a milk pipeline behind an unit $aP14$ after applying interference in the form of air (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l compressed to 2 at., 3 - 20 l compressed to 3.5 at.) to a milk pipeline of a pipeline milking unit



△ Zakłócenie; 1, 2, 3 - (1 po) □ Zakłócenie; 1, 2, 3 - (2-4 po) ● Zakłócenie; 1, 2, 3 - (ustal)

Rys. 5. Wpływ całkowitego pola powierzchni S_c pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia i faz (1 po, 2 - 4 po, ustal) na zmiany średniego podciśnienia w rurociągu mlecznym $P14$ po wpuszczeniu zakłócenia - powietrza (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l sprężonego do 2 at., 3 - 20 l sprężonego do 3,5 at.) do rurociągu mlecznego dojarki rurociągowej

Fig. 5. Influence of the surface area S_c beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference and phases (1 po, 2 - 4 po, ustal) on average negative pressure variations in a milk pipeline $aP14$ after applying interference in the form of air (1 - 10 l - 1 at., 2 - 10 l compressed to 2 at., 3 - 20 l compressed to 3.5 at.) to a milk pipeline of a pipeline milking unit

Największy wzrost wahań $aP14$ wystąpił dla fazy „1 po” (w pierwszym cyklu pulsacji) od 3 kPa do 25 kPa. Dla fazy „2-4 po” (w następnych trzech cyklach pulsacji) wahania $aP14$ w rurociągu mlecznym zmieniały się od 3 kPa do 18 kPa. Natomiast dla fazy „ustal” (w piątym cyklu pulsacji) wahania $aP14$ są wahaniami regularnymi pochodzącymi od całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy w rurociągu mlecznym Q_{mr} oraz pracy całej instalacji dojarki rurociągowej i zmieniają się od 1 kPa do 4 kPa.

Parametry ciśnieniowe w rurociągu mlecznym $aP14$, $P14$ nie zależą od ilości powietrza i sposobu wprowadzania zakłócenia do instalacji dojarki rurociągowej natomiast zależą istotnie od pola powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia (rys. 4, 5) w rurociągu mlecznym i od zmian maksymalnego spadku podciśnienia - P_{max} , ponieważ oba wskaźniki są ze sobą skorelowane. Wzrost całkowitego pola powierzchni S_c pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia, w przypadku wystąpienia drugiego przeregulowania przez regulator powoduje liniowy spadek średniego podciśnienia $P14$ w rurociągu mlecznym (rys. 5) dla fazy: „1 po”, „2-4 po” po wprowadzeniu zakłócenia – powietrza (1-10 l-1 at., 2-10 l sprężonego do 2 at., 3-20 l sprężonego do 3,5 at.) do rurociągu mlecznego. Największy spadek średniego podciśnienia $P14$ w rurociągu mlecznym wystąpił dla fazy „1 po” - około 20 kPa dla $S_c = 860$ [kPa·s]. Natomiast dla fazy „2-4 po” spadek podciśnienia $P14$ był mniejszy (około 11 kPa) dla $S_c = 860$ [kPa·s]. Faza „ustal” jest już fazą normalnej pracy dojarki i spadek średniego podciśnienia w rurociągu mlecznym $P14$ w strefie pracujących aparatów zależy tylko od ilości podłączonych aparatów (konfiguracji ich podłączenia) z zadanym wypływem cieczy Q_m i pracy całej instalacji dojarki.

Wnioski

Niezależnie od źródła pochodzenia zakłócenia można wybranymi wskaźnikami jakości sterowania; maksymalnym spadkiem podciśnienia P_{max} , polem powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia opisać zmiany parametrów (ciśnieniowych) doju w rurociągu mlecznym dojarki rurociągowej.

1. Parametry ciśnieniowe w rurociągu mlecznym $aP14$, $P14$ nie zależą od ilości powietrza i sposobu wprowadzania zakłócenia do instalacji dojarki rurociągowej natomiast zależą istotnie od parametrów opisujących zakłócenie; pola powierzchni S_1 (S_c) pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia i amplitudy maksymalnej zakłócenia P_{max} .
2. Wahania podciśnienia $aP14$ w rurociągu mlecznym (dla faz: 1 po, 2-4 po i ustal) zależą liniowo od pola powierzchni S_1 pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia.
3. Wzrost całkowitego pola powierzchni S_c pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia (w przypadku wystąpienia drugiego przeregulowania przez regulator) powoduje liniowy spadek średniego podciśnienia $P14$ w rurociągu mlecznym dla fazy: „1 po”, „2-4 po”.

Bibliografia

- Kowalowski H.** (red.) 1984. Automatykacja dyskretnych procesów przemysłowych. WNT. Warszawa. ISBN 83-204-0604-8
- Kupczyk A.** 1986b. Spadki i wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarek przewodowych. Cz. II. Spadki podciśnienia w poziomym rurociągu mlecznym. Roczn. Nauk Rol. T. Nr 77-C-1. s. 35-41.
- Skalska D., Szlachta J., Nejman M.** 2005. Stabilność podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarki przewodowej przy zmiennym obciążeniu. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities [on-line]. Volume 8 Issue 1. Dostępny w Internecie: <http://www.ejpau.media.pl/issues/volume1>.
- Skalska D., Szlachta J., Nejman M.** 2005. Analiza wpływu obciążenia cieczą rurociągu mlecznego dojarki przewodowej na stopień jego wypełnienia. Inżynieria Rolnicza. Nr 4 (20). s. 243-252
- Skalska D., Nejman M.** 2008. Analiza wpływu zakłóceń na wybrane parametry doju w dojarce rurociągowej. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(103). s. 249-257.
- Skalska D., Nejman M.** 2010. Metodyczne aspekty wyznaczania czasów trwania, wielkości zakłócenia i ich wpływu na jakość doju w dojarce rurociągowej. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(120). s. 163-171.
- Skalska D., Szlachta J., Luberański A.** 2010. Wahania podciśnienia całkowite i nieregularne w wybranych punktach instalacji dojarki rurociągowej. Inżynieria Rolnicza. Nr 3(121). s. 177-184.
- Szlachta J., Wiercioch M.** 1988. Wpływ dojarek na jakość doju. Materiały Konferencyjne IBMER Warszawa. OOR I DR SITR. s. 43-54.
- Szlachta J.** 1991. Wpływ doju mechanicznego na powstawanie nowej infekcji mastitis. Przegląd Hodowlany. Nr 4. s. 12-14.
- Szlachta J.** 1995. Problemy związane z pozyskiwaniem mleka przy doju mechanicznym. Materiały Konferencyjne. Podstawowe problemy w technice i technologii produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem aspektów ekologii. IBMER Warszawa. s. 40-54.
- 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., Lipiński M.** 1992. Aktualne problemy doju i pozyskiwania mleka. Materiały Konferencyjne. Nowe techniki w produkcji zwierzęcej. IBMER Warszawa. s. 39-47.
- ISO 5707. 2007. Milking machine installations - Construction and performance
- ISO 6690. 2007. Milking machine installations - Mechanical tests
- Statistica. 1997. Statsoft Polska. Podręcznik użytkownika.

SELECTED INDEXES OF CONTROL INDEXES AND THEIR INFLUENCE ON AVERAGE NEGATIVE PRESSURE IN A MILK PIPELINE AND ITS AMPLITUDE OF VARIATIONS IN A PIPELINE MILKING UNIT

Abstract. Influence of test signals described by the quality control indexes was analysed: maximum decrease of the negative pressure P_{\max} , surface area S_1 (S_c) beneath the curve of the negative pressure fluctuations during interference on negative pressure variation fluctuations in a milk pipeline $aPI4$ and on the changes of average negative pressure $PI4$ in a milk pipeline in the first cycle of pulsation, in three subsequent cycles of pulsation after introducing interference. The measures were taken for a particular number of milking units working simultaneously (from 1 to 6). It was proved that $PI4$ in a milk pipeline and $aPI4$ considerably depend (linearly) on the changes of surface area S_1 (S_c) beneath the curve describing the abovementioned interferences in the first cycle of pulsation (for 1 po phase) and in the subsequent three cycles (for 2-4 po phase) after introducing air to a milking pipeline unit.

Key words: milk pipeline, interference, integral criterion, negative pressure variations

Adres do korespondencji:

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