

## WPŁYW ZAKŁÓCEŃ W INSTALACJI PRÓŻNIOWEJ DOJARKI NA PARAMETRY PRACY WYBRANYCH PULSATORÓW

Marian Wiercioch, Adam Luberański, Józef Szlachta, Danuta Skalska  
*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** Przeprowadzono analizę porównawczą parametrów pracy pulsatorów podczas doju symulowanego w laboratorium w trakcie występowania zakłóceń w instalacji próżniowej dojarki. Do badań użyto 7 pulsatorów różnej konstrukcji, do doju przemiennego i jednoczesnego. Uzyskane wyników wskazały, że wprowadzenie do rurociągu podciśnieniowego zakłócenia w formie porcji powietrza atmosferycznego ze zbiornika o pojemności 20, 15, 10 i 5 dm<sup>3</sup>, powoduje zmiany w długościach poszczególnych faz cyklu pulsacji **a**, **b**, **c**, **d**, co w konsekwencji skutkuje zmianą wartości współczynników pulsatorów i częstotliwości pulsacji zwłaszcza hydropulsatorów i pulsatorów pneumatycznych.

**Słowa kluczowe:** aparat udojowy, pulsator, zakłócenia, stabilizacja parametrów pulsacji

### Wstęp

Pulsator jest niezbędnym elementem każdej dojarki mechanicznej, a jego parametry wpływają w istotny sposób na przebieg procesu doju [Czarnociński, Lipiński 1995]. Również według tych samych autorów [Czarnociński, Lipiński 1998] oraz O'Shea i in. [1983] i Sagi i in. [1980] oddziałują one na czas i szybkość doju, ilość uzyskanego mleka, wielkość podoju. W trakcie doju doprowadzone do komory pulsacyjnej kubka udojowego z pulsatora zmienne ciśnienie współdziałając z ciśnieniem panującym w komorze podstrzykowej oraz znajdującym się w niej strzykiem steruje pracą gumy strzykowej. Praca gumy strzykowej a co za tym idzie prawidłowy dój zależy w dużym stopniu od pulsacji i stosunku taktów. Obecnie stosuje się powszechnie pulsację przemienną, która zapewnia większą szybkość wydajania krów i zmniejsza cykliczne wahania podciśnienia.

Zgodnie z normą ISO 3918 badania pulsatora i wyznaczanie jego parametrów przeprowadza się w kompletnym aparacie udojowym przy doju „na sucho”, tj. przy braku w komorze podstrzykowej przepływu cieczy i zachowaniu stabilnych warunków ciśnieniowych. W trakcie doju krów, szczególnie o dużej wydajności mlecznej, lub podczas badań w warunkach doju symulowanego w laboratorium, może dochodzić do znaczących zmian faz pracy kubka udojowego w porównaniu do doju „na sucho” [Wiercioch i in. 2000, Luberański, Sopkowicz 2008]. Zmiany te mogą się jeszcze dodatkowo nasilić, gdy do instalacji próżniowej dojarki będzie podłączany kolejny aparat udojowy.

## Cel pracy

Celem pracy było przeprowadzenie analizy parametrów pracy wybranych pulsatorów w warunkach symulowanego doju mechanicznego przy występowaniu nieregularnych wahań podciśnienia spowodowanych dopływem zmiennych porcji powietrza atmosferycznego do instalacji próżniowej dojarki rurociąkowej.

## Materiały i metody

Badania przeprowadzono wykorzystując siedem pulsatorów (tab. 1), które były instalowane kolejno w aparacie udojowym wyposażonym w kolektor o objętości komory mlecznej 500 cm<sup>3</sup>, podczas doju symulowanego do rurociągu górnego na wysokości 1,8 m.

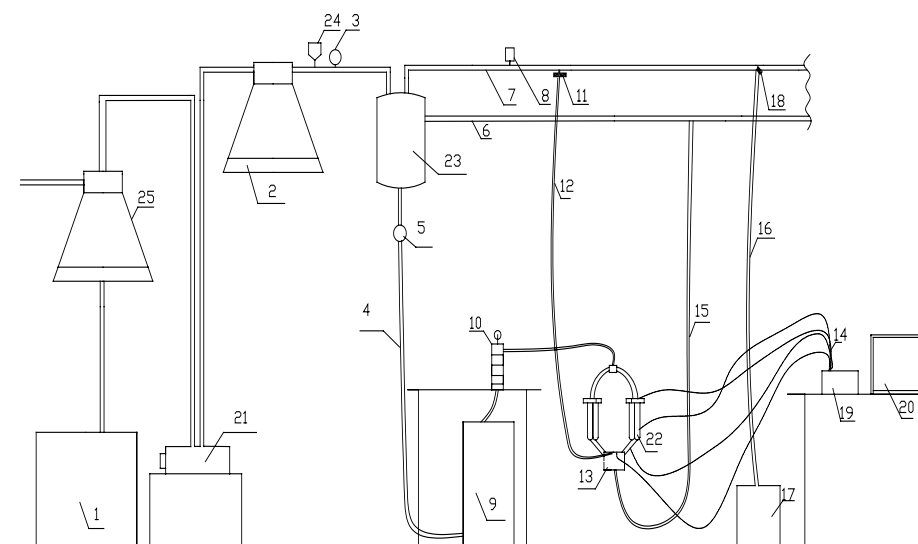
Tabela 1. Parametry eksploatacyjne badanych pulsatorów  
Table 1. Operating parameters of the researched pulsators

Typ pulsatora	Oznaczenie	Współczynnik pulsacji [-]	Częstotliwość pulsacji [1·min <sup>-1</sup> ]
Hydropulsator HP 100	H	70 : 30	63
Pneumatyczny POLANES	P	60 : 40	62
Hydropulsator Unipuls 2	S	60 : 40	61
Pneumatyczny Constant	W	60 : 40	61
Hydropulsator LL90	F	70 : 30	55
Elektropneumatyczny EP2090	E	60 : 40	60
Elektroniczny do doju jednoczesnego AFIKIM	J	60 : 40	55

*Źródło: opracowanie własne autorów*

Pomiary zostały wykonane na stanowisku pomiarowym (rys. 1), w laboratorium udojowym Instytutu Inżynierii Rolniczej we Wrocławiu, z użyciem dojarki rurociąkowej. Układ podciśnieniowy współpracował z pompą próżniową o wydajności 51 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> z zaworem regulacji podciśnienia VACUREX i przechwytywaczem o objętości 20 dm<sup>3</sup>. Stanowisko badawcze składało się ze zbiornika cieczy, aparatu udojowego oraz urządzeń rejestrujących. W badaniach użyto wody destylowanej jako cieczy mlekozastępczej, której natężenie strumienia masy cieczy zmieniano w zakresie od 0 do 8 kg·min<sup>-1</sup>, co 2 kg·min<sup>-1</sup> na cztery strzyki za pomocą rotametri. W trakcie badań stosowano jedno podciśnienie robocze 50 kPa oraz cztery długości strzyków: 100, 75, 62, 50 mm.

Po przygotowaniu zgodnie z programem badań odpowiedniego wariantu pomiarowego, zadaniu wymaganego natężenie strumienia masy cieczy  $Q_m$  i jego ustabilizowaniu się w całym aparacie udojowym do instalacji próżniowej dojarki po otwarciu zaworu odcinającego podłączano szczelny zbiornik wypełniony powietrzem pod ciśnieniem atmosferycznym o objętości 5, 10, 15 i 20 dm<sup>3</sup>.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: 1 - zbiornik z wodą, 2 - zbiornik wyrównawczy, 3 - regulator podciśnienia, 4 - przewód do przepływu cieczy, 5 - pompa mleczna, 6 - rurociąg mleczny, 7 - rurociąg powietrzny, 8 - wakuometr elektroniczny, 9 - zbiornik z cieczą mlekozastępczą, 10 - rotametr, 11 - pulsator, 12 - przewód pulsacyjny długi, 13 - kolektor, 14 - przewody czujników podciśnienia, 15 - przewód mleczny długi, 16 - przewód doprowadzający powietrze atmosferyczne do rurociągu podciśnieniowego, 17 - zbiornik powietrza atmosferycznego, 18 - zawór odcinający, 19 - urządzenie pomiarowe, 20 - komputer, 21 - pompa próżniowa, 22 - kubki udojowe, 23 - jednostka końcowa, 24 - wakuometr, 25 - przechwytywacz

Fig. 1. Measurement stand: 1 - water tank, 2 - equalising tank, 3 - negative pressure regulator, 4 - liquid flow pipe, 5 - milk pipe, 6 - milk pipeline, 7 - air pipeline, 8 - electronic vacuumeter, 9 - milk substitutive liquid tank, 10 - rotameter, 11 - pulsator, 12 - long pulsator pipe, 13 - cluster, 14 - pipes of negative pressure sensors, 15 - long milk pipe, 16 - pipe supplying atmospheric air to negative pressure pipeline, 17 - atmospheric air tank, 18 - cut off valve, 19 - measurement device, 20 - computer device, 21 - vacuum pump, 22 - teat cups, 23 - final unit, 24 - vacuumeter, 25 - vacuum tank

Z czujników podłączonych w czterech punktach aparatu udojowego (w krótkich przewodach pulsacyjnych, komórce podstrzykowej, na końcu strzyka, komórce mlecznej kolektora), sygnały rejestrowane były przez rejestrator wielokanałowy przystosowany do tego typu badań z częstotliwością 100 prób na sekundę. Zarejestrowane dane następnie przekazywane były do komputera a każdy plik zawierał wykres trwającego 30 sekund procesu symulowanego doju. Obróbce za pomocą specjalistycznego programu poddawano jedynie cykl pulsacji, w którym w wyniku wprowadzenia zakłócenia następował największy spadek podciśnienia. Pomiary takie powtarzano 3-krotnie, z których obliczano wartość średnią.

## Wyniki badań

Część laboratoryjna badań obejmowała analizę wpływu zmiennych niezależnych tj. rodzaju pulsatora, zmiennej objętości zbiornika zakłócającego, natężenia przepływu cieczy mlekozastępczej oraz penetracji strzyka na zależne tj. fazę wzrastającego podciśnienia *a*, fazę maksymalnego podciśnienia *b*, fazę spadającego podciśnienia *c*, fazę minimalnego podciśnienia *d*, współczynnik pulsatora i częstotliwość pulsacji. Dla wykazania zależności pomiędzy zmiennymi wykonano wieloczynnikową analizę wariancji przy pomocy aplikacji Statgraphics 6.0, a jej wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji wyznaczonych parametrów pulsatorów  
Table 2. Results of multifactor analysis of variation of selected pulsators parameters

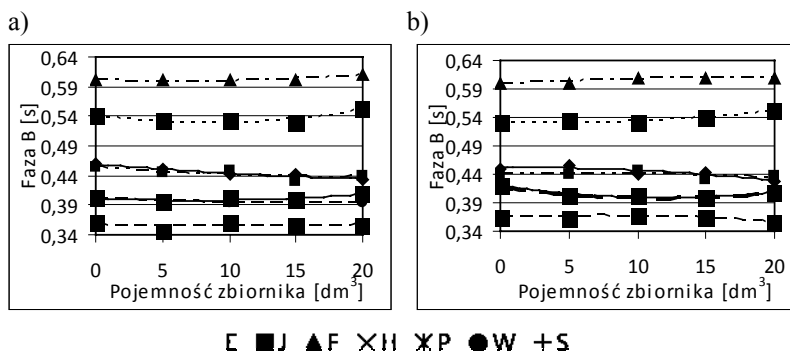
Parametr	Źródło zmienności	Typ pulsatora	Objętość zbiornika zakłócającego	Natężenie przepływu cieczy	Penetracja strzyka
	Liczba stopni swobody	6	4	4	3
Faza <i>a</i> wzrastającego podciśnienia	Poziom istotności	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Wartość testu F	307,290	149,121	373,859	1972,648
Faza <i>b</i> maksymalnego podciśnienia	Poziom istotności	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Wartość testu F	8018,501	6,201	10,145	357,575
Faza <i>c</i> spadającego podciśnienia	Poziom istotności	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Wartość testu F	164,224	9,918	253,309	43,121
Faza <i>d</i> minimalnego podciśnienia	Poziom istotności	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Wartość testu F	6761,531	12,138	26,390	245,818
Współczynnik pulsatora	Poziom istotności	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Wartość testu F	15602,137	16,464	332,888	130,270
Częstotliwość pulsacji	Poziom istotności	0,0000	0,0000	0,9500	0,2089
	Wartość testu F	3179,998	97,619	0,178	1,517

Źródło: obliczenia własne

Na podstawie wyników analizy wariancji można stwierdzić, iż zmienne niezależne zastosowane w doświadczeniu w istotny sposób wpływają na czas trwania poszczególnych faz pulsacji *a*, *b*, *c* i *d*, współczynnik pulsatora na poziomie istotności  $\alpha=0,0000$  oraz w przypadku częstotliwości pulsacji istotnym okazał się wpływ tylko rodzaju pulsatora i pojemności zbiornika zakłócającego. W celu zobrazowania otrzymanych wyników wieloczynnikowej analizy wariancji i odniesienia się do jej wyników, przedstawiono przebiegi jedynie dla wybranych parametrów pracy pulsatora w funkcji pojemności zbiornika zakłócającego w momencie, gdy w aparacie brak było przepływu cieczy mlekozastępczej („dój na sucho”) oraz przy maksymalnym przepływie cieczy wynoszącym  $8 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$  dla penetracji strzyka 62 mm. Przy wyborze parametrów do ich szczegółowego przedstawienia kierowano się ich największym wpływem na przebieg doju i wymogami normy ISO 3918,

która zleca dla fazy b by nie była krótsza niż 30% cyklu pulsacji oraz dla fazy d, że nie powinna wynosić mniej niż 15% cyklu pulsacji i być krótsza niż 150 ms. W sumie wybrano i na rysunkach 2-5 przedstawiono przebiegi czterech parametrów: czasów trwania faz b i d, współczynników pulsatorów oraz częstotliwości pulsacji.

Faza maksymalnego podciśnienia b, decyduje w dużym stopniu o szybkości wydajania krów. Wykorzystane w badaniach pulsatory cechuje duże zróżnicowanie tej wartości od ok. 0,35 s w pulsatorze P do 0,60 s dla wariantu z pulsatorem F. Optymalnym rozwiązaniem byłoby, aby wartość fazy b utrzymywała się na stałym poziomie niezależnie od natężenia wypływu mleka, penetracji oraz wywołanego podłączeniem zbiornika zakłócenia. Jak wykazały badania, użyte w nich pulsatory w dużym stopniu odporne są na takie warunki pracy, co obrazują wykresy na rysunku 2.



Źródło: obliczenia własne

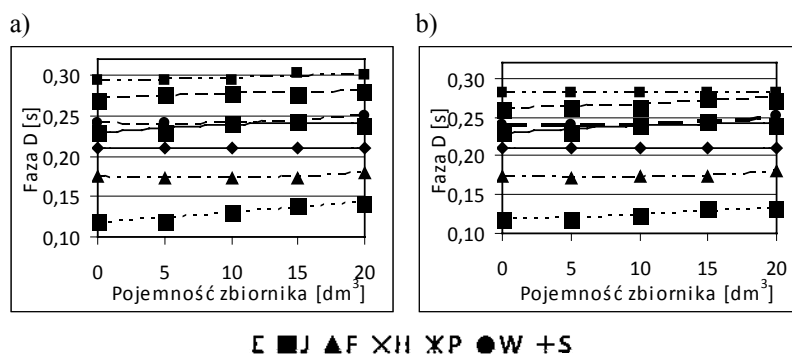
Rys. 2. Czas trwania fazy maksymalnego podciśnienia b w funkcji pojemności zbiornika zakłócającego przy penetracji strzyka 62 mm dla natężenia przepływu cieczy: a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Fig. 2. Duration of maximum negative pressure phase b in the function of disturbing tank cubic capacity at teat penetration of 62 mm for liquid flow intensity a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Wraz ze wzrostem natężenia przepływu cieczy oraz z podłączeniem zbiornika zakłócającego o coraz większej pojemności dochodzi do minimalnych zmian czasu fazy b. Pulsatory elektroniczne (E i J) z wartością fazy b równą ok. 0,44 s cechują się najwyższą odpornością na zakłócenia oraz na zmienne natężenia przepływu cieczy. W żadnym z wariantów pomiarowych nie stwierdzono spadku wartości czasu fazy b poniżej granicznej wartości zalecanej przez normy wynoszącej 30% cyklu.

W fazie d, guma strzykowa uciska strzyk powodując w ten sposób wypchnięcie w górne jego partie krwi i limfy nagromadzonej na jego końcu oraz stymulację krwi do oddawania mleka. Na przedstawionych na rysunku 3 zależnościach zauważa się dla wszystkich pulsatorów, z wyjątkiem elektronicznych i elektropneumatycznych, trend do nieznacznego wydłużania fazy d, na zbliżonym poziomie (ok. 0,01 s), wraz z rosnącym zakłóceniem i to zarówno przy braku przepływu cieczy jak i przy jego obecności i to na wysokim poziomie ( $Q_m=8 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ ). W przypadku pulsatorów elektronicznych: do doju jednoczesnego J oraz do doju przemiennego E, zakłócenie w większości z wariantów nie wywierały istotnego

wpływu na czas trwania fazy d. Aby guma strzykowa mogła prawidłowo spełniać swoje zadanie w fazie masażu strzyka, niezmiernie ważne jest, aby faza ta wynosiła nie mniej niż 15% i nie powinna być krótsza niż 150 ms. Warunków tych nie spełnia pulsator H.

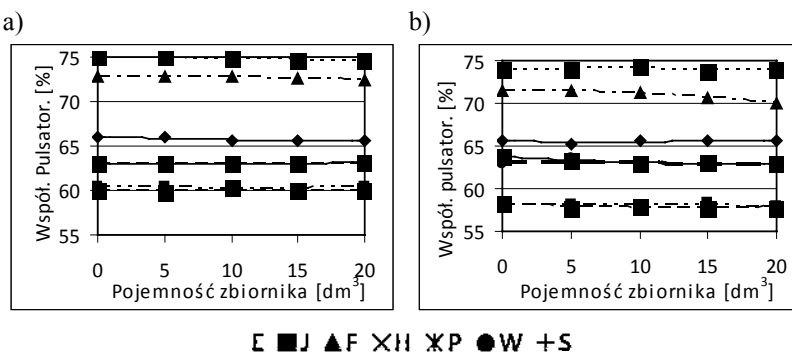


*Źródło: obliczenia własne*

Rys. 3. Czas trwania fazy minimalnego podciśnienia d w funkcji pojemności zbiornika zakłócającego przy penetracji strzyka 62 mm dla natężenia przepływu cieczy: a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Fig. 3. Duration of maximum negative pressure phase d in the function of disturbing tank cubic capacity at teat penetration of 62 mm for liquid flow intensity a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Z przebiegów krzywych na rysunku 4, przedstawiających współczynniki badanych pulsatorów, można stwierdzić, że wprowadzanie zakłócenia powoduje niewielki spadek ich wartości proporcjonalnie do wielkości zakłócenia.



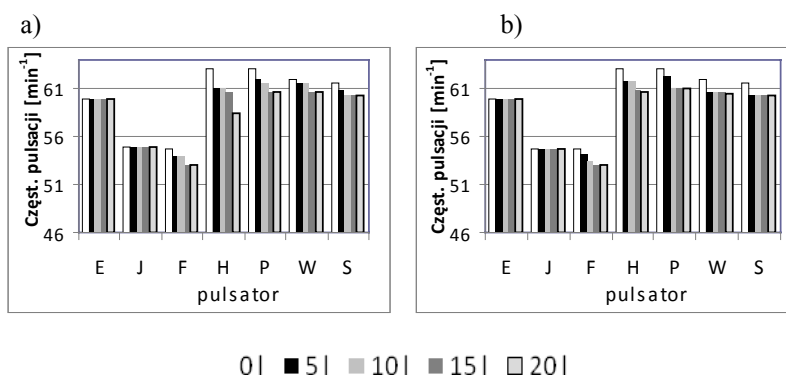
*Źródło: obliczenia własne*

Rys. 4. Wartości współczynników pulsatorów w funkcji pojemności zbiornika zakłócającego przy penetracji strzyka 62 mm dla natężenia przepływu cieczy: a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Fig. 4. Values of pulsators coefficients in the function of disturbing tank cubic capacity at teat penetration of 62 mm for liquid flow intensity a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Zauważa się również spadek współczynników pulsatorów wraz ze wzrostem przepływu cieczy i jest to średnio o 2 do 3 jednostek procentowych niższa wartość przy przepływie 8 kg/min w stosunku do wyników uzyskanych, gdy tego przepływu było brak. Przy dużych przepływach cieczy pulsatory P i J pracują przy współczynniku mniejszym niż 60%.

Wyniki częstotliwości pulsacji badanych pulsatorów (rys. 5) przy różnych zakłóceniach wskazują, że w przypadku pulsatorów pneumatycznych i hydropulsatorów (W, F, H, P, S) występuje wyraźna tendencja spadkowa rozpatrywanego parametru dla zwiększającej się wartości wprowadzonego do instalacji próżniowej zakłócenia. Natomiast pulsatory elektroniczne E oraz J utrzymują stałą wartość pulsacji we wszystkich wariantach pomiarowych odpowiednio 60 i 55  $\text{cykli} \cdot \text{min}^{-1}$ . Najmniej stabilną pulsacją charakteryzowały się dwa hydropulsatory H i F.



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 5. Częstotliwość pulsacji użytych w badaniach pulsatorów przy zmiennych w zakresie od 0 do 20 dm<sup>3</sup> pojemnościach zbiornika zakłócającego dla penetracji strzyka 62 mm oraz natężenia przepływu cieczy: a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

Fig. 5. Frequency of pulsation applied in the research of pulsators at variables in the range from 0 to 20 dm<sup>3</sup> of cubic capacity of the disturbing tank for teat penetration of 62 mm as well as the intensity of liquid flow: a) 0 kg·min<sup>-1</sup>, b) 8 kg·min<sup>-1</sup>

## Wnioski

1. Wieloczynnikowa analiza wariancji wykazała, że zakłócenie spowodowane nagłym dopływem do instalacji próżniowej dojarki porcji powietrza atmosferycznego ze zbiornika o pojemności 5, 10, 15 i 20 dm<sup>3</sup> miało istotny wpływ na wszystkie analizowane parametry pulsatorów.
2. Wprowadzenie do rurociągu podciśnieniowego zakłóceń powodowało zmiany w długościach poszczególnych faz cyklu pulsacji a, b, c, d, co w konsekwencji skutkuje zmianą współczynników pulsatorów oraz częstotliwości pulsacji zwłaszcza hydropulsatorów i pulsatorów pneumatycznych, dla których stwierdzono tendencję spadkową ich wartości z rosnącą porcją doprowadzanego powietrza atmosferycznego.

3. Najbardziej stabilną pracą i opornością na zakłócenia cechowały się pulsatory elektroniczne, dla których częstotliwość pulsacji nie zmieniała się pomimo występowania maksymalnych zakłóceń w każdym wariancie pomiarowym, a zmiany czasu trwania poszczególnych faz pulsacji były minimalne.

### **Bibliografia**

- Czarnociński F., Lipiński M.** 1995. Wpływ podciśnienia roboczego dojarki na parametry pracy wybranych pulsatorów pneumatycznych. Roczniki AR w Poznaniu. Z. 46. s. 13-18.
- Czarnociński F., Lipiński M.** 1998. Wpływ parametrów pracy pulsatorów na czas trwania doju. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. Z. 454. s. 315-322.
- Luberański A., Sopkowicz M.** 2008: Analiza parametrów dynamicznych pulsatorów w warunkach symulowanego doju mechanicznego. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(103). s. 81-89.
- O'Shea P., O'Callaghan E., O'Shea J., McKenna B.** 1983. Effect of pulsation rate and phase of pulsator ratio on milking characteristics. Milking Machine Research at Moorepark 1978-82. Dublin. s. 71-95.
- Sagi R., Scott N.R., Merrill W.G.** 1980. Milk flow patterns and machine milking. Tras. ASAE 23,5. s. 1283-1286.
- Wiercioch M., Szlachta J., Krzyś A., Luberański A.** 2000. Stabilność pulsacji w wybranych aparatach udojowych w funkcji zmieniającego się natężenia wypływu mleka. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(12). s. 183-190.

## **INFLUENCE OF DISTURBANCE IN VACUUM INSTALLATION OF MILKING MACHINE ON THE PARAMETERS OF SELECTED PULSATORS**

**Abstract.** Comparative analysis of working parameters of pulsators during simulated milking was carried out in a laboratory during occurrence of disturbance in vacuum installation of a milking unit. Seven pulsators of different construction were used for research for alternative and simultaneous milking. Obtained results proved that input of disturbance in the form of air portion to the negative pressure pipeline from a claw which cubic capacity is 20, 15, 10 and 5 dm<sup>3</sup> causes changes in the lengths of particular pulsation cycle phases a,b,c,d, what consequently causes fluctuations of pulsators coefficients values and pulsation frequency especially of hydropulsators and pneumatic pulsators.

**Key words:** milking unit, pulsator, disturbances, pulsation parameters stabilisation

### **Adres do korespondencji:**

Marian Wiercioch; e-mail: marian.wiercioch@up.wroc.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław