

WPŁYW SYSTEMU PULSACJI I POJEMNOŚCI KOLEKTORA NA PARAMETRY CIŚNIENIOWE W KOMORZE PODSTRZYKOWEJ

Feliks Czarnociński

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Określono niezależny i interakcyjny wpływ podciśnienia roboczego, systemu pulsacji i pojemności komory mlecznej kolektora na najważniejsze parametry ciśnieniowe w komorze podstrzykowej kubka udojowego. Największy wpływ na średnie podciśnienie ssania p_{ss} , masażu p_{ms} i cyklu p_s miało podciśnienie robocze oraz system pulsacji. Natomiast na wahania podciśnienia: ssania ap_s - pojemność kolektora, a masażu ap_m - system pulsacji.

Słowa kluczowe: parametry ciśnieniowe, system pulsacji, pojemność kolektora

Wstęp i cel pracy

W największym stopniu przebieg doju mechanicznego zależy od warunków ciśnieniowych w poszczególnych punktach aparatu udojowego. Badania i analizy teoretyczne zmian podciśnienia w instalacji udojowej oraz próby zdefiniowania występujących zjawisk znajdują się w wielu pracach. Wcześniejsze odnosiły się jednak do rurociągu mlecznego lub przewodu mlecznego długiego [Kłós 1974; Nordegren 1980; Sapor-Józefowicz 1981]. Dopiero późniejsze publikacje [Delwiche i in. 1984; Szlachta 1986; Wiercioch 1994; Lipiński i Czarnociński 1995; Kupczyk 1999] dotyczyły zagadnień występujących w obrębie aparatu udojowego. Nie ma wątpliwości, że spośród parametrów ciśnieniowych najważniejsze są te w kubku udojowym, zwłaszcza w komorze podstrzykowej i bezpośrednio pod strzykiem.

Celem badań było określenie wpływu trzech czynników (podciśnienia roboczego, systemu pulsacji, pojemności komory mlecznej kolektora) i ich interakcji, na najważniejsze parametry ciśnieniowe w komorze podstrzykowej kubka udojowego.

Metodyka

Badania przeprowadzono w Instytucie Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej w Poznaniu, na stanowisku laboratoryjnym wyposażonym w sztuczne wymię. Przedmiotem badań był, sterowany pulsatorem HP 101, aparat udojowy MC 53. Do niego doprowadzano zmienną ilość wody. Pomiary przeprowadzono dla przepływów w zakresie od 2 do $10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Jako zmienne niezależne wybrano trzy czynniki doświadczalne, każdy na dwóch poziomach: podciśnienie robocze (42 i 50 kPa), system pulsacji (przemienne i równoczesna) oraz pojemność kolektora V_k (nominalna 360 cm^3 i pomniejszona o 150 cm^3).

Przebiegi podciśnienia w komorze podstrzykowej i pulsacyjnej kubka udojowego były rejestrowane równocześnie. Pomiary przeprowadzono przyrządem PULSOTESTsyncro (WestfaliaSurge) z dokładnością 0,6 kPa i częstotliwością próbkowania 100 Hz. W czasie pomiarów wyniki zapisywano w pamięci wewnętrznej przyrządu i dopiero po skończonym cyklu pomiarowym kopiowano je do komputera. Wykresy przebiegów podciśnienia przeglądano w programie Pulse Viewer wersji 1.2, a dane liczbowe przenoszono i opracowywano w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

Analizowano wpływ na następujące parametry ciśnieniowe w komorze podstrzykowej: średnie podciśnienie ssania, masażu i cyklu (p_{ss} , p_{ms} i p_s), wahania podciśnienia ssania, masażu i cyklu (ap_s , ap_m i dp) oraz wzrost podciśnienia w fazie otwierania dp_1 . Dane te poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń czynnikowych. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Scheffe'go na poziomie istotności 0,05.

Wyniki

Charakter zmian poszczególnych parametrów ciśnieniowych jest podobny dla obu poziomów podciśnienia: 42 i 50 kPa. W pracy przedstawiono wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji dla jednego z nich, podciśnienia 50 kPa (tab. 1-2). Otrzymane średnie wartości porównywano dla poszczególnych przepływów cieczy. Przy dużych przepływach $6-10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ otrzymano też już dużą jednoznaczność wyników. Dla średnich podciśnień zawsze zachodzą statystycznie istotne różnice (tab. 1). Wyniki zawarte w tabeli 2 okazały się nieistotne jedynie w jednym przypadku, dla wzrostu podciśnienia w fazie otwierania dp_1 przy przepływie cieczy $2,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

Ze wzrostem przepływu cieczy maleją średnie podciśnienia w komorze podstrzykowej (tab. 1). Zwiększenie przepływu od 2 do $10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, spowodowało spadek średniego podciśnienia ssania p_{ss} o 15,2 i 14,3% przy pulsacji przemiennej oraz 9,4% przy pulsacji równoczesnej. Z kolei spadki średniego podciśnienia masażu p_{ms} były większe przy pulsacji równoczesnej (o 24,7 i 25,9%), w porównaniu z pulsacją przemienną (o 17,7 i 17,9%). Natomiast spadki średniego podciśnienia w cyklu p_s były podobne przy obu systemach pulsacji i obu pojemnościach kolektora (nominalnej i pomniejszonej). Kształtowały się one na poziomie 15,1-16,7%. Spadki podciśnienia p_{ss} i p_{ms} były jednak wyraźnie mniejsze niż w badaniach Krzysia i in. [2000], gdzie przy przepływie cieczy mlekozastępczej $10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ średnie podciśnienie ssania p_{ss} spadało do poziomu 28-32 kPa, a średnie podciśnienie masażu p_{ms} do 23-29 kPa.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała (tab.1), że dla średniego podciśnienia ssania p_{ss} i masażu p_{ms} nie ma istotnych różnic pomiędzy podciśnieniami przy różnych pojemnościach kolektora. Natomiast istotne różnice występują pomiędzy systemami pulsacji. Przy dużych przepływach $6-10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ wartości większe wystąpiły: dla parametru p_{ss} – przy pulsacji równoczesnej, a dla parametru p_{ms} – przy pulsacji przemiennej.

Dla średniego podciśnienia w cyklu p_s otrzymane różnice są niewielkie. Przy przepływie cieczy $4-10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ istotny wpływ zachodzi pomiędzy systemami pulsacji, a wartości większe występują przy pulsacji przemiennej. Natomiast wpływ pojemności kolektora okazał się istotny jedynie przy pulsacji równoczesnej.

Wpływ systemu pulsacji...

Tabela 1. Średnie podciśnienia p_{ss} , p_{ms} i p_s w komorze podstrzykowej przy podciśnieniu roboczym 50 kPa

Table 1. Mean negative pressures p_{ss} , p_{ms} and p_s in the under-teat chamber at the operating negative pressure of 50 kPa

Parametry ciśnieniowe	Przepływ wody Q_w [$l \cdot min^{-1}$]	Porównanie wartości średnich (Scheffe $_{0,05}$)			
		Pulsacja przemienna		Pulsacja równoczesna	
		$V_{k\ nom}$	$V_{k\ nom-150}$	$V_{k\ nom}$	$V_{k\ nom-150}$
p_{ss}	2	51,9 ^b	51,7 ^b	51,2 ^a	50,9 ^a
	4	50,0 ^b	50,2 ^b	50,0 ^b	49,3 ^a
	6	48,5 ^a	48,5 ^a	49,6 ^b	49,0 ^a
	8	46,4 ^a	46,4 ^a	47,8 ^b	47,6 ^b
	10	44,0 ^a	44,3 ^a	46,4 ^b	46,1 ^b
p_{ms}	2	52,1 ^a	52,0 ^a	52,6 ^b	52,8 ^b
	4	50,3 ^b	50,2 ^b	49,5 ^a	49,8 ^{ab}
	6	48,5 ^c	48,0 ^b	46,0 ^a	45,9 ^a
	8	46,2 ^c	45,6 ^b	42,6 ^a	42,5 ^a
	10	42,9 ^c	42,7 ^c	39,6 ^b	39,1 ^a
p_s	2	52,0 ^c	51,8 ^{bc}	51,7 ^{ab}	51,5 ^a
	4	50,3 ^c	50,4 ^c	49,6 ^b	49,2 ^a
	6	48,7 ^c	48,6 ^c	47,8 ^b	47,4 ^a
	8	46,6 ^c	46,4 ^c	45,5 ^b	45,1 ^a
	10	43,9 ^c	44,0 ^c	43,5 ^b	42,9 ^a

Źródło: obliczenia własne autora

a, b, c, d – Wartości średnie oznaczone tymi samymi inskrypcjami literowymi nie różnią się między sobą istotnie statystycznie przy poziomie $p < 0,05$

a, b, c, d – Average values of marked the same literal inscriptions do not it differ statistical significantly on level $p < 0,05$

Wahania podciśnienia ssania a_{ps} w największym stopniu zależą od pojemności komory mlecznej kolektora i przy mniejszych pojemnościach są zawsze większe (tab. 2). Natomiast rodzaj pulsacji nie miał wpływu na wartości tego parametru. Tendencja jego zmian była taka sama jak we wcześniejszych badaniach [Krzyś i in. 2000], a otrzymane wartości były bardzo zbliżone.

Dla wahań podciśnienia masażu a_{pm} przy pulsacji przemiennnej nie odnotowano w badaniach różnic pomiędzy pojemnościami kolektora (tab. 2). Natomiast przy pulsacji równoczesnej różnice były najczęściej istotne, a wartości były większe przy pomniejszonej pojemności kolektora. Ponadto wartości a_{pm} były ponad 2-krotnie wyższe, w porównaniu z pulsacją przemienną.

Tabela 2. Wahania podciśnienia ap_s , ap_m i dp oraz wzrost podciśnienia dp_1 w komorze podstrykowej przy podciśnieniu roboczym 50 kPaTable 2 Negative pressure fluctuations ap_s , ap_m and dp and an increase in negative pressure dp_1 in the under-teat chamber at the operating negative pressure of 50 kPa

Parametry ciśnieniowe	Przepływ wody Q_w [$l \cdot min^{-1}$]	Porównanie wartości średnich (Scheffe _{0,05})			
		Pulsacja przemienna		Pulsacja równoczesna	
		$V_{k\ nom}$	$V_{k\ nom-150}$	$V_{k\ nom}$	$V_{k\ nom-150}$
ap_s	2	3,4 ^a	4,6 ^b	4,3 ^b	4,3 ^b
	4	5,3 ^a	6,4 ^b	6,4 ^b	7,2 ^b
	6	5,7 ^a	6,6 ^{ab}	6,2 ^a	7,6 ^b
	8	6,7 ^{ab}	6,9 ^{ab}	5,8 ^a	7,5 ^b
	10	7,6 ^a	8,4 ^b	6,9 ^a	8,5 ^b
ap_m	2	4,1 ^{ab}	4,4 ^b	3,5 ^{ab}	2,9 ^a
	4	5,1 ^b	3,5 ^a	6,1 ^{bc}	7,1 ^c
	6	3,3 ^a	3,3 ^a	6,3 ^b	7,7 ^c
	8	3,3 ^a	2,9 ^a	6,7 ^b	7,5 ^c
	10	3,7 ^a	3,5 ^a	7,4 ^b	8,1 ^c
dp	2	5,2 ^a	5,5 ^a	8,6 ^b	9,3 ^b
	4	7,3 ^a	6,3 ^a	12,3 ^b	13,8 ^c
	6	6,3 ^a	7,5 ^b	13,7 ^c	16,5 ^d
	8	7,6 ^a	8,1 ^a	14,7 ^b	17,7 ^c
	10	8,8 ^a	9,7 ^b	16,5 ^c	19,1 ^d
dp_1	2	2,0	2,2	2,5	2,7
	4	2,6 ^a	3,7 ^b	3,5 ^{ab}	2,9 ^{ab}
	6	3,5 ^a	4,7 ^b	5,5 ^c	5,3 ^{bc}
	8	4,2 ^a	5,3 ^b	6,9 ^c	7,3 ^c
	10	5,2 ^a	6,3 ^b	8,1 ^c	8,9 ^d

Źródło: obliczenia własne autora

a, b, c, d – Wartości średnie oznaczone tymi samymi inskrypcjami literowymi nie różnią się między sobą istotnie statystycznie przy poziomie $p < 0,05$

a, b, c, d – Average values of marked the same literal inscriptions do not differ statistical significantly on level $p < 0,05$

Wahania podciśnienia w cyklu dp są około 2-krotnie wyższe przy pulsacji równoczesnej (tab. 2). Dla przepływów cieczy 6-10 $l \cdot min^{-1}$ istotne różnice występują też pomiędzy pojemnościami kolektora, a wartości większe otrzymano przy pojemnościach pomniejszych $V_{k\ nom-150}$ (210 cm^3). Luberański i in. [2006] także podkreślają, że wahania podciśnienia dp są wyższe przy pulsacji równoczesnej niż przy przemiennnej. W innych badaniach kolektora o pojemności 300 cm^3 , przy przepływie cieczy 8 $l \cdot min^{-1}$, wahania te dochodziły do 20 kPa przy pulsacji równoczesnej i były od 2 do 4 razy wyższe w porównaniu do doju przemiennego (dla poszczególnych systemów doju) [Luberański i Kiner 2007].

Wyniki wzrostu podciśnienia w fazie otwierania dp_1 zaczęły różnicować się przy przepływie 4 $l \cdot min^{-1}$ i im był on większy tym były wyraźniejsze. Istotne różnice wystąpiły przede wszystkim pomiędzy rodzajami pulsacji, a wartości większe otrzymano przy pulsacji równoczesnej. W mniejszym stopniu zależały od pojemności kolektora, a relacja jest taka, że przy pomniejszonej pojemności otrzymuje się większe wartości parametru dp_1 .

W tabeli 3 przedstawiono wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji przy przepływie cieczy $Q_w = 6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Uzyskano istotny niezależny wpływ badanych czynników na większość analizowanych parametrów ciśnieniowych, z wyjątkiem p_{ms} i wzrostu podciśnienia w fazie otwierania dp_1 , dla których nie było wpływu pojemności kolektora.

Odnotowano również efekty interakcyjne dla takich parametrów, jak: p_{ss} , p_{ms} , p_s , ap_m i dp_1 . Oddziaływanie interakcyjne nie wystąpiło dla wahań podciśnienia ssania ap_s . Przy kombinacji trzech czynników doświadczalnych (podciśnienia, systemu pulsacji i pojemności kolektora) nie zachodził istotny wpływ dla żadnego z parametrów.

Tabela 3. Oddziaływanie czynników doświadczalnych na parametry ciśnieniowe w komorze podstrzykowej przy przepływie $Q_w = 6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$
Table 3. Effect of experimental factors on vacuum parameters in liner chamber at flow rate $Q_w = 6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

Rodzaj oddziaływania	Parametry ciśnieniowe						
	p_{ss}	p_{ms}	p_s	ap_s	ap_m	dp	dp_1
Niezależne							
Podciśnienie (P)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
System pulsacji (SP)	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Pojemność kolektora (PK)	0,001	ni	0,001	0,001	0,001	0,001	ni
Interakcyjne							
P × SP	0,01	0,001	ni	ni	0,001	ni	0,001
P × PK	ni	0,001	0,05	ni	ni	ni	0,05
SP × PK	0,01	0,001	0,001	ni	0,01	0,001	0,001
P × SP × PK	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni

Źródło: obliczenia własne autora

W badaniach Luberańskiego i in. [2006] wahania podciśnienia dp okazały się istotne w zależności od systemu pulsacji i poziomu podciśnienia (42, 46 i 50 kPa), ale wpływ pojemności kolektora był nieistotny dla badanych wartościach 310 i 500 cm^3 .

Wnioski

1. Oprócz podciśnienia roboczego, największy wpływ na średnie podciśnienie ssania p_{ss} , masażu p_{ms} i cyklu p_s miał system pulsacji. Spadki były większe: dla p_{ss} – przy pulsacji przemiennnej, a dla p_{ms} i p_s – przy pulsacji równoczesnej.
2. Na wahania podciśnienia ssania ap_s istotny wpływ miała pojemność komory mlecznej kolektora. Największy wpływ na wahania podciśnienia masażu ap_m miał system pulsacji. Przy pulsacji równoczesnej były one zdecydowanie wyższe (ponad 2-krotnie dla przepływu 8-10 $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$).

Bibliografia

Delwiche M.J., Scott N., Drost C.J. 1984. Instantaneous milk flow rate patterns from conventional teatcups. Transactions of the ASAE. Volumin 25 (2). s. 214-218.

- Kłos B.** 1974. Badania układu mlecznego wybranych aparatów udojowych współpracujących z rurociągiem mlecznym. Rozprawa doktorska. AR Poznań.
- Kupczyk A.** 1999. Doskonalenie warunków doju mechanicznego ze szczególnym uwzględnieniem podciśnienia w aparacie udojowym. Rozprawy habilitacyjne. Inżynieria Rolnicza. Nr 3 (9).
- Krzyś A., Szlachta J., Wiercioch M., Luberański A.** 2000. Warunki ciśnieniowe wybranych aparatów udojowych przy doju krów wysokomlecznych dla czterech konfiguracji instalacji udojowej. Inżynieria Rolnicza. Nr 2 (13). s. 83-90.
- Lipiński M., Czarnociński F.** 1995. Analiza zmian podciśnienia zachodzących w aparacie udojowym Harmony. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. CCLXXIV. Rolnictwo 46. s. 45-51.
- Luberański A., Kiner I.** 2007. Parametry pracy aparatu udojowego Anatomic 300 w aspekcie przydatności do mechanicznego doju krów. Materiały IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej”, 19-22 czerwca, Wrocław-Polanica Zdrój, s. 186-187.
- Luberański A., Pawlak T., Szlachta J.** 2006. Stabilność podciśnienia w aparatach udojowych działających przemiennie i jednocześnie w różnych systemach doju. Inżynieria Rolnicza. Nr 3 (78). s. 247-254.
- Nordegren S.A.** 1980. Cyclic vacuum fluctuations in milking installations. Proceedings Int. Workshop Machine Milking and Mastitis. Moorepark. s. 102-114.
- Sapor-Józefowicz E.** 1981. Modelowanie cyfrowe przepływu mleka i powietrza w rurociągu mlecznym dojarki mechanicznej. Rozprawa doktorska. AR Poznań.
- Szlachta J.** 1986. Studia nad wybranymi elementami budowy i użytkowania aparatu udojowego. Zeszyty Naukowe AR Wrocław. Rozprawy Nr 58.
- Wiercioch M.** 1994. Przepływy w kubku udojowym dojarki mechanicznej. Zeszyty Naukowe AR Wrocław. Rozprawy Nr 130.

THE EFFECTS OF THE PULSATION SYSTEM AND COLLECTOR CAPACITY ON PRESSURE PARAMETERS IN THE UNDER-TEAT CHAMBER

Abstract. We have determined the independent and interactive effects of the operating negative pressure, pulsation system and capacity of the collector milk chamber on the most important pressure parameters in the under-teat chamber of the teat cup. The greatest influence on the mean negative pressure of suction p_{ss} , massage p_{ms} and cycle p_s was exerted by operating negative pressure and pulsation system. Fluctuations of negative pressure were affected: for suction ap_s - by the collector capacity, and for massage ap_m - by the pulsation system.

Key words: pressure parameters, pulsation system, collector capacity

Adres do korespondencji:

Feliks Czarnociński; e-mail: fczar@au.poznan.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań