

Tomasz Pawlak, Adam Luberański, Józef Szlachta
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

MODELE PRZEPŁYWU POWROTNEGO W KRÓTKIM PRZEWODZIE MLECZNYM APARATU UDOJOWEGO PRACUJĄCEGO PRZY PULSACJI JEDNOCZESNEJ I PRZEMIENNEJ

Streszczenie

Znaleziono formułę matematyczną opisującą wpływ wybranych parametrów ciśnieniowych na intensywność przepływu zwrotnego P_p w krótkim przewodzie mlecznym aparatu udojowego pracującego przy pulsacji jednoczesnej i przemiennnej. Potwierdzono przydatność modeli przy współczynniku determinacji R^2 powyżej 0,7.

Słowa kluczowe: pulsacja jednoczesna i przemienna, model przepływów powrotnych w krótkim przewodzie mlecznym

Wstęp

Parametry doju maszynowego zależą od szeregu czynników jak: rodzaj instalacji udojowej, rozwiązanie konstrukcyjne poszczególnych elementów aparatu udojowego, konstrukcja i właściwości gum strzykowych (elastyczność i objętość komory podstrzykowej), pojemność kolektora, rodzaj pulsacji. Czynniki te mają zasadniczy wpływ na kształtowanie się podstawowych parametrów doju. Przy pulsacji przemiennnej, fazie podciśnienia rosnącego po jednej stronie aparatu udojowego towarzyszy faza podciśnienia malejącego po drugiej stronie. Obniża to wahania podciśnienia w obrębie aparatu ale jednocześnie powoduje różnicę ciśnień pomiędzy parami kubków udojowych. Powstała różnica ciśnienia sprawia, że powietrze lub mieszanina powietrza z mlekiem są transportowane z jednej pary gum strzykowych do drugiej. Dochodzi więc do przepływu powrotnego poprzecznego, a jak wykazał Nordegren [1980] i Cleasson [1978], jego intensywność wzrasta ze wzrostem równomierności stosunku taktów pulsacji przemiennnej. Gdy nie ma przepływu mleka lub jest on niewielki, wówczas opory przepływu w krótkich przewodach mlecznych są małe, natomiast przepływ powrotny (strumieniowy, uderzenia, poprzeczny) znacznie wzrasta.

W odniesieniu do pulsacji jednoczesnej wyrażany jest pogląd o dużych wahaniami podciśnienia i niskim przepływie powrotnym [Cleasson 1978], co dotychczas nie zostało jednoznacznie opisane w postaci formuły matematycznej. Ponadto, w literaturze brak jest uogólnionych opisów wpływu parametrów charakteryzujących zmiany ciśnienia w obrębie aparatu udojowego na intensywność przepływów powrotnych przy doju krów o dużej wydajności mlecznej.

Cel pracy

Celem pracy było wyznaczenie uogólnionego modelu opisującego wpływ wybranych parametrów ciśnieniowych na wielkość przepływów zwrotnych w krótkim przewodzie mlecznym aparatu udojowego dla pulsacji jednoczesnej i przemiennej.

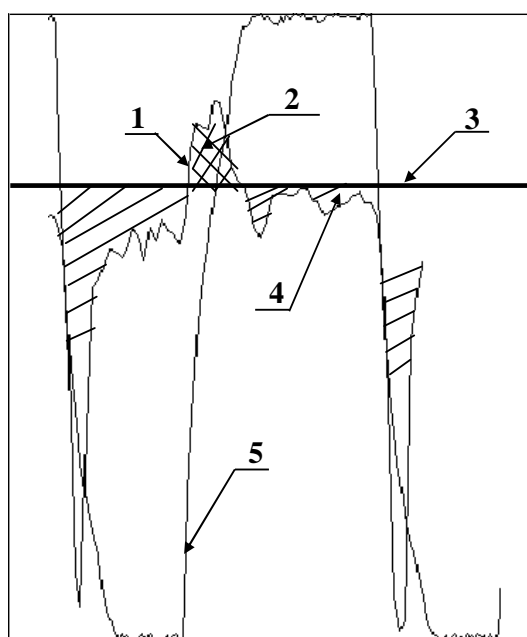
Metodyka

Do wyznaczenia modelu wykorzystano wyniki badań zrealizowane dla różnych poziomów podciśnienia ($P = 42, 46, 50$ kPa) przy stosowaniu natężeń przepływu cieczy mlekozastępczej $Q_m = 0, 2, 4, 6, 8$ kg/min, czterech długości strzyka 50, 62, 75, 100 mm przy pulsacji jednoczesnej i przemiennej. Zastosowano osiem wariantów aparatów udojowych różniących się rozwiązaniem konstrukcyjnym i pojemnością kolektora (310 i 480 cm³), średnicą krótkiego przewodu mlecznego oraz rodzajem i kształtem gumy strzykowej (FL7W WT, SL2 CTF, FL7S, SL2 CTF WT).

Zasada wyznaczania przepływu powrotnego oparta jest na pomiarze pędu przepływającej cieczy w krótkim przewodzie mlecznym i jest on wyrażony w N·s. Przepływająca ciecz (medium) w krótkim przewodzie oddziałuje na ażurową przesłonę (belkę tensometryczną), powodując jej odchylenie się pod naporem przepływającej mieszaniny cieczy i powietrza. Powierzchnia czynna przystony stanowi 33% całkowitego przekroju króćca gumy strzykowej. Tensometry naklejone na belce tensometrycznej przekazują sygnał do akwizytora adekwatny do wielkości pędu cofającego się medium. Dla każdego cyklu pulsatora uzyskuje się krzywą charakteryzującą przepływy mediów w krótkim przewodzie mlecznym (rys. 1).

Na otrzymanym wykresie (rys. 1), krzywa 1 obrazuje przepływy w krótkim przewodzie mlecznym zarówno w kierunku kolektora (przepływ zasadniczy) jak i przepływ powrotny (w kierunku strzyka). Zasadę wyznaczania linii przepływu zerowego 3 (rys. 1) zamieszczono w pracy [Wiercioch i Szlachta 1995]. Aby wielkość przepływu otrzymać w wymaganych jednostkach należało wyskalować czujnik przepływomierza według zasady popędu siły za pomocą wzorcowych mas. Masy wzorcowe przeliczono na jednostkę siły wyrażoną w niutonach. Kalibracja

czujnika polegała na zapisie sygnałów pochodzących od czujnika przepływu dla danej siły wzorcowej działającej przez okres jednej sekundy. W ten sposób otrzymano pola charakteryzujące dynamikę wychylenia się belki tensometrycznej czujnika w czasie 1 sekundy. Po scałkowaniu powierzchni otrzymano pola powierzchni dla poszczególnych mas wzorcowych, które pozwoliły na obliczenie prostej regresji. W ten sposób uzyskano linię kalibracji czujnika przepływu powrotnego medium w krótkim przewodzie mlecznym.



Rys. 1 Schemat ideowy pomiaru przepływu powrotnego 1 – pęd przepływu cieczy w krótkim przewodzie mlecznym, 2 – pole przepływu powrotnego, 3 – linia zerowa przepływu, 4 – pole przepływu normalnego cieczy (mleka), 5 – zmiany podciśnienia w komorze międzyściennej

Fig. 1. Schematic diagramme of return flow measurement 1 – flow momentum in short milk pipe, 2 – return flow area, 3 – zero line of the flow, 4 – normal flow area of the liquid (milk), 5 – vacuum changes in the interwall chamber

Wyniki badań

Analiza czynników inspirujących zjawisko przepływów powrotnych [Szlachta i in. 2000 a i b] pozwala na łączne rozpatrywanie aparatów udojowych, co pozwoli na uogólnienie opisu zjawiska przepływów powrotnych dla większości aktualnie

użytkowanych aparatów udojowych pracujących przy pulsacji jednoczesnej i przemiennej. Do podstawowych parametrów ciśnieniowych aparatu w aspekcie generowania przepływów powrotnych należy zaliczyć:

- amplituda podciśnienia ssania – aps ,
- średni spadek podciśnienia ssania – dps ,
- szybkość narastania podciśnienia na końcu strzyka – Sr ,
- szybkość narastania podciśnienia w komorze podstrzykowej – Pr ,
- szybkość narastania podciśnienia w kolektorze – Rr ,
- narastanie podciśnienia na końcu strzyka – $Sdp1$,
- różnica podciśnienia między końcem strzyka a kolektorem – $dp1max$,
- różnica podciśnienia między końcem strzyka a kolektorem – $dp1max1$.

Każdy aparat udojowy zawiera pewne parametry sterujące i zakłócające, którymi są przede wszystkim podciśnienie robocze – P oraz natężenie wypływu mleka Qm .

Wyjściowy model opisujący przepływy powrotne zmierzone podczas otwierania się gumy strzykowej i fazy ssania ma postać:

$$Pp = (P, Qm) (aps, dps, Sr, Pr, Rr, Sdp1, dp1max, dp1max1)$$

W celu uzyskania opisu ilościowego wpływu parametrów zakłócających i sterujących (P , Qm) oraz parametrów ciśnieniowych (aps , dps , Sr , Pr , Rr , $Sdp1$, $dp1max$, $dp1max1$) aparatu udojowego pracującego przy pulsacji jednoczesnej i przemiennej na intensywność przepływu powrotnego zastosowano metodę regresji wielorakiej z krokową eliminacją zmiennych niezależnych z modelu. Obliczenia wykonano w oparciu o pakiet statystyczny Statgraphics v.6. Kryterium eliminacji zmiennej niezależnej z modelu była wartość krytyczna t - v statystyki t -Studenta przy założonym poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W przypadku, kiedy wartość t - v statystyki t -Studenta była mniejsza od wartości krytycznej – co oznacza potwierdzenie hipotezy o braku istotnego wpływu danego parametru na zmienną zależną Pp - wówczas parametr ten został usunięty z modelu.

W wyniku zastosowania powyższych procedur regresji wielorakiej w modelu pozostały zmienne niezależne a zapis matematyczny przyjął postać:

- dla pulsacji jednoczesnej $Ppj = a + b \cdot Qm + c \cdot dps + d \cdot Sdp1 + e \cdot dp1max1$,
- dla pulsacji przemiennej

$$Ppp = a \cdot Qm + b \cdot aps + c \cdot Sr + d \cdot Pr + e \cdot Rr + f \cdot dp1max + g \cdot dp1max1$$

Tabela 1. Wyniki regresji wielokrotnej z krokową eliminacją zmiennych dla Ppj przy pulsacji jednoczesnej

Table 1. Results of multiple regression with step-by-step variable elimination for Ppp at simultaneous pulsation

Zmienna niezależna	Współczynnik	Błąd standardowy	Wartość testu - t	Poziom istotności
Stała a	0,374457	0,05794	6,4629	0,0000
Qm	-0,115815	0,007528	-15,3854	0,0000
dps	-0,028555	0,00464	-6,1547	0,0000
Sdp1	0,117092	0,00487	24,0412	0,0000
dp1max1	0,204032	0,023554	8,6625	0,0000

Ostatecznie model opisujący przepływy zwrotne w krótkim przewodzie mlecznym przy pulsacji jednoczesnej przyjmuje postać równania empirycznego:

$$P_{pj} = 0,374457 - 0,115815 \cdot Q_m - 0,028555 \cdot d_{ps} + 0,117092 \cdot S_{dp1} + 0,204032 \cdot dp_{1max1}$$

przy zadawalającym współczynniku determinacji $R^2 = 0,79$.

Tabela 2. Wyniki regresji wielokrotnej z krokową eliminacją zmiennych dla Ppp przy pulsacji przemiennej

Table 2. Results of multiple regression with step-by-step variable elimination for Ppp at alternate pulsation

Zmienna niezależna	Współczynnik	Błąd standardowy	Wartość testu - t	Poziom istotności
Stała a	0,017199	0,091626	0,1877	0,8512
Qm	-0,100202	0,011157	-8,9811	0,0000
aps	-0,08515	0,016377	-5,1992	0,0000
Sr	0,008072	0,002649	3,0470	0,0024
Pr	-0,052492	0,006113	-8,5863	0,0000
Rr	0,075092	0,008024	9,3579	0,0000
dp1max	0,0927	0,015401	6,0192	0,0000
dp1max1	0,104899	0,025571	4,1023	0,0000

Ostatecznie model opisujący przepływy zwrotne w krótkim przewodzie mlecznym przy pulsacji przemiennej przyjmuje postać równania empirycznego:

$$P_{pp} = -0,100202 \cdot Q_m - 0,08515 \cdot a_{ps} + 0,008072 \cdot S_r - 0,052492 \cdot P_r + 0,075092 \cdot R_r + 0,0927 \cdot dp_{1max} + 0,104899 \cdot dp_{1max1}$$

przy zadawalającym współczynniku determinacji $R^2 = 0,78$.

Podsumowanie

Ciśnieniowe parametry doju tj. średni spadek podciśnienia ssania i amplituda podciśnienia ssania charakteryzują aparat udojowy w aspekcie intensywności wysysania mleka i wciągania strzyka do kubka oraz zapewniają określoną różnicę ciśnienia pomiędzy komorami kubka a tym samym wpływają na zapewnienie dostatecznego masażu strzyka. Amplituda podciśnienia ssania charakteryzuje przede wszystkim stabilność podciśnienia w aparacie udojowym. Natomiast pozostałe parametry: szybkość narastania podciśnienia na końcu strzyka, w komorze podstrzykowej i kolektorze, wzrost podciśnienia na końcu strzyka, różnica podciśnienia między końcem strzyka a komorą podstrzykową i między końcem strzyka a kolektorem oraz przepływ powrotny charakteryzują dany aparat głównie w aspekcie skłonności do przepływów powrotnych. Parametry te należy uważać za podstawowe wskaźniki charakteryzujące dany aparat udojowy w aspekcie jego przystosowania do realizacji doju krów o dużej wydajności mlecznej.

Wnioski

1. Zaproponowane w pracy modele pozwalają na łączne rozpatrywanie wpływu parametrów ciśnieniowych (a_{ps} , d_{ps} , S_r , P_r , R_r , S_{dp1} , $dp1_{max}$, $dp1_{max1}$) w warunkach zmieniającego się chwilowego wypływu mleka ze strzyka Q_m .
2. Przydatność modeli potwierdzono przy współczynniku determinacji R^2 powyżej 0,7.

Bibliografia

- Cleasson C.O. 1978. Personal information. Agric. University, Uppsala.
- Nordegren S. A. 1980. Cyclic Vacuum Fluctuations in Milking Machines. Diss. Hohenheim.
- Szlachta J., Krzyś A., Luberański A. 2000 a. Przepływy zwrotne w krótkim przewodzie mlecznym wybranych aparatów udojowych. *Inżynieria Rolnicza* 2/2000. s. 155-163.
- Szlachta J., Krzyś A., Luberański A. 2000 b. Modelowanie wpływu parametrów ciśnieniowych na przepływy zwrotne w krótkim przewodzie mlecznym aparatu udojowego. *Inżynieria Rolnicza* 2/2000. s. 165-173.
- Wiercioch M., Szlachta J. 1995. Przepływ powrotny w zmodyfikowanych aparatach udojowych. *Rocz. Akademii Rolniczej w Poznaniu – CCLXXIV*, s. 101-106.

**RETURN FLOW MODELS IN SHORT MILK PIPE
OF A MILK UNIT WORKING WITH SIMULTANEOUS
AND ALTERNATE PULSATION**

Summary

A mathematical formula has been found to describe the impact of selected pressure parameters on return flow intensity P_p in the short milk pipe of the milking unit working with simultaneous and alternate pulsation. The suitability of models with the determination coefficient R^2 above 0.7.

Key words: simultaneous and alternate pulsation, model for back flow in a short milk tube