

## **ANALIZA WPLYWU STRUMIENIA MASY CIECZY ORAZ OBCIĄŻENIA RUROCIĄGU MLECZNEGO NA WARTOŚĆ ŚREDNIEGO PODCIŚNIENIA SSANIA W KUBKU UDOJOWYM DOJARKI RUROCIĄGOWEJ**

Danuta Skalska, Józef Szlachta, Adam Luberański

**Streszczenie:** Analizowano zmiany średniego podciśnienia ssania w kubku udojowym dojarki przewodowej przy pracy sześciu aparatów udojowych, instalowanych kolejno przed aparatem pomiarowym, który był podłączony do kurka stanowiskowego najdalej oddalonego od jednostki końcowej dojarki przewodowej z odnogą (rurociąg powrotny do mycia położony powyżej rurociągu mlecznego). Wykazano istotny wpływ zadanego strumienia cieczy symulującej wypływy mleka  $Q_m$  oraz współczynnika obciążenia instalacji udojowej  $K_o$ , stanowiącego sumaryczny wpływ strumienia cieczy i doprowadzanego powietrza do instalacji udojowej na zmianę średniego podciśnienia ssania na końcu strzyka. Przy pełnym obciążeniu instalacji udojowej, kiedy pracuje sześć aparatów udojowych, na spadek podciśnienia na końcu strzyka (21 kPa) wpływa spadek podciśnienia (16 kPa) spowodowany przez strumień wypływu cieczy (mleka)  $Q_m$  w aparacie pomiarowym oraz spadek podciśnienia (5 kPa) – pochodzący od obciążenia dojarki  $K_o$ .

**Słowa kluczowe:** dojarka przewodowa, współczynnik obciążenia dojarki, średnie podciśnienie ssania

### **WSTĘP**

Technika udojowa stosowana w oborze musi zapewnić pełne opróżnienie gruczołu mlekowego krowy. Jednocześnie chodzi o maksymalne zapewnienie ochrony wymienia przed negatywnym wpływem techniki. Jest to najważniejsze kryterium stawiane producentom urządzeń udojowych. Wymagania wzrastają przy doju krów o wydajności powyżej 6000 litrów rocznie dojarkami rurociągowymi, które zapewniają korzystniejsze warunki pracy dojarza, lepsze warunki higieniczne mleka. Jednak podczas transportu mleka z kolektora do wyżej położonego rurociągu oraz transportu mleka w samym rurociągu następują znaczne spadki i wahania podciśnienia pod strzykiem [Szlachta 1986, Woyke 1995]. Stymulacja strzyka i jego ochrona przed ciągłym działaniem podciśnienia ze strony gumy strzykowej staje się często upośledzona i niewystarczająca do

zapewnienia warunków niezbędnych do szybkiego, pełnego i bezpiecznego opróżniania gruczołu mlekowego krowy [Szlachta 2001, Luberański 2002]. Stabilny poziom podciśnienia zapewnia prawidłowy przebieg doju oraz bezpośrednio wpływa na zdrowotność krów mlecznych. Aby uzyskać stabilne podciśnienie pod strzykiem, należy przede wszystkim zadbać o stałą wartość podciśnienia w instalacji udojowej dojarki. Niewłaściwie dobrana lub źle funkcjonująca instalacja próżniowa wpływa niekorzystnie na proces doju, prowadząc do spadków i nieregularnych wahań podciśnienia towarzyszących procesowi doju [Woolford 1979, Tan i in. 1989, 1993]. Prawidłowo zaplanowany rurociąg mleczny powinien mieć dokładnie określoną zdolność przepływu mleka, aby przeciwdziałać tworzeniu się „korków mlecznych”, które przyczyniają się do znacznych wahań i spadków podciśnienia w instalacji udojowej [Woyke 1995, Szlachta 1999]. Zależy to od bardzo wielu czynników. Do najważniejszych z nich zaliczane są [Kupczyk 1986, Józefowicz 1995, Szlachta 1999]: średnica rurociągu mlecznego, liczba aparatów udojowych pracujących równocześnie, czas międzypodłączeniowy aparatów udojowych, przepływ szczytowy mleka z aparatów udojowych (wydajność krów).

Podczas doju szczególnie ważne są relacje zachodzące między układem podciśnienia i układem mlecznym, zwłaszcza przy wysoko położonym rurociągu mlecznym i doju krów o dużej wydajności mlecznej, kiedy znacznie wzrastają opory energetyczne przepływu cieczy i powietrza w całym układzie mlecznym. Równoczesna praca wielu aparatów udojowych jest przyczyną znacznego „obciążenia” układu mlecznego cieczą, co pozostaje w ścisłym związku z jego wypełnieniem i zmiennością warunków ciśnieniowych zarówno w obrębie całej instalacji próżniowej, jak i aparatów udojowych [Szlachta 1999]. Stosowaniu dojarok przewodowych powoduje wzrost wymagań wobec:

- instalacji podciśnienia – wydajności i rezerwy pompy próżniowej, średnicy rurociągu podciśnienia głównego i obiegowego, długości pętli, wydajności i charakterystyki regulatora podciśnienia;
- instalacji mlecznej dojarki – średnicy rurociągu mlecznego, długości i spadku pętli mlecznej (bez niepotrzebnych wzniosów), optymalnej liczby jednocześnie pracujących aparatów udojowych;
- typu i parametrów pracy aparatów udojowych – rodzaj pulsacji, kształt rozwiązanie konstrukcyjne i pojemność kolektora, kształt i charakterystyka (elastyczność – TPD) gum strzykowych, średnica krótkich przewodów mlecznych, średnica długiego przewodu mlecznego.

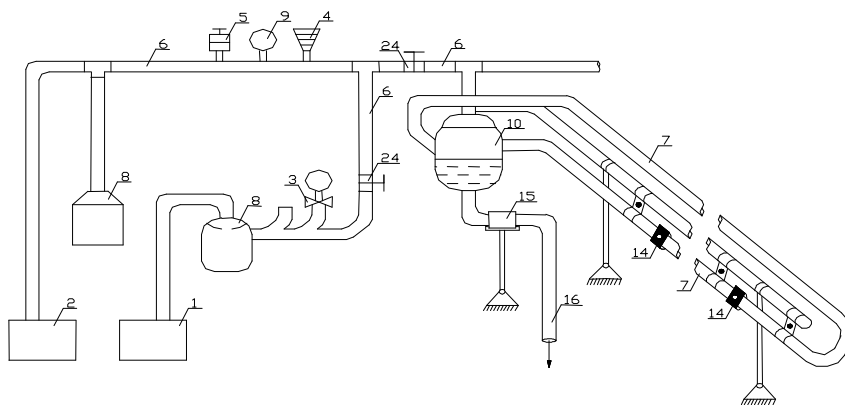
Przy właściwej konfiguracji instalacji podciśnieniowej i mlecznej dojarki oraz zastosowaniu nowoczesnych aparatów udojowych (np. aparaty z automatycznym wyłączeniem pulsacji AUTOPULS C lub z elektronicznym urządzeniem do automatycznego zdejmowania aparatów udojowych STIMOPULS MA firmy Westfalia, automatyczne zespoły udojowe MU350 z systemem podwójnego podciśnienia duovac MU 200D firmy DeLaval, system automatycznego zdejmowania aparatów po wydojeniu krowy SACO 800S firmy SAC Christensen, system Soffimat firmy Strangko) można znacząco poprawić warunki pracy dojarzy, zmniejszyć pracochłonność, a przede wszystkim poprawić higieniczne warunki doju krów. Urządzenia te cechuje jednak dodatkowe zużycie powietrza, co zwiększa wymagania wobec systemu wytwarzania i regulowania podciśnienia w dojarce przewodowej. Nowe, zastrzone normy ISO odnośnie instalacji

udojowej mają sprostać tym wyzwaniom i jednocześnie przeciwdziałać tworzeniu się korków mlecznych w rurociągu mlecznym, a w następstwie powstawaniu spadków podciśnienia w aparacie udojowym.

Celem pracy było przeprowadzenie analizy wpływu zadanego strumienia cieczy i powietrza (obciążenia dojarki przewodowej) na stabilność podciśnienia w aparatach udojowych, mając na uwadze wzrastające wymagania wobec parametrów doju dojarki przewodowej, zwłaszcza przy wzrastającej wydajności mlecznej krów.

## MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu. Użyto cieczy mlekozastępczej (woda destylowana), dla której zmierzone parametry doju nie różnią się istotnie od parametrów występujących przy stosowaniu mleka [Wiercioch 1998]. Parametry dojarki przewodowej dobrano według zaleceń normy ISO 5707 i 6690. Stanowisko pomiarowe zbudowano, wykorzystując dojarkę przewodową – zastosowano dwa warianty wytwarzania podciśnienia oraz trzy systemy regulacji podciśnienia (rys. 1):



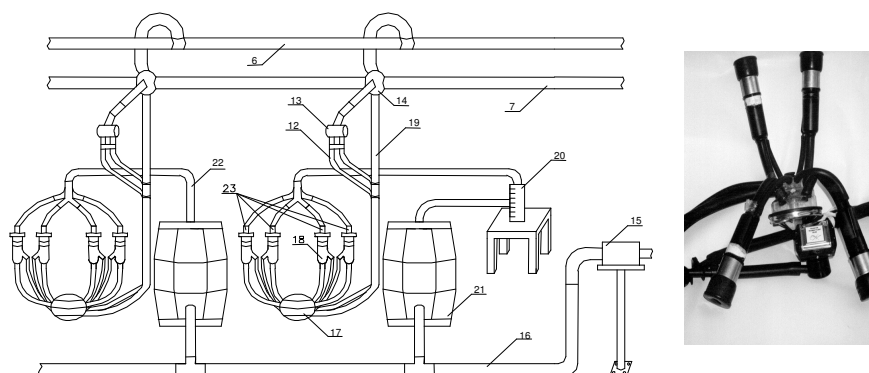
Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego – instalacja podciśnienia: 1 – agregat próżniowy z pompą RPA 21, 2 – agregat próżniowy z pompą VP 76, 3 – regulator podciśnienia Vcurex, 4 – regulator podciśnienia VRM 900, 5 – regulator podciśnienia VV 40, 6 – rurociąg podciśnienia, 7 – rurociąg mleczny, 8 – zbiornik wyrównawczy 20 l, 9 – wakuometr, 10 – zbiornik jednostki końcowej, 14 – kurek mleczny stanowiskowy, 15 – pompa mleczna, 16 – system dozowania cieczy, 24 – zawór odcinający

Fig. 1. Scheme of the research place – vacuum installation: 1 – vacuum pump RPA 21, 2 – vacuum pump VP-76, 3 – regulator Vacurex, 4 – regulator VRM 900, 5 – regulator VV 40, 6 – milking vacuum line, 7 – milk transfer line, 8 – interceptor 20 l, 9 – vacuum gauge, 10 – receiver, 14 – milk tap, 15 – releaser milk pump, 16 – system of dosage of liquid, 24 – hut of valve

I – agregat próżniowy składający się z pompy próżniowej RPA 21 (Westfalia), z tzw. pierścieniem wodnym o wydajności  $850 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  współpracującej z zaworem regulacji podciśnienia Vacurex,

II – agregat próżniowy składający się z pompy próżniowej VP - 76 (Alfa Laval), smarowanej olejem o wydajności  $900 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  współpracującej z zaworem regulacji podciśnienia VRM 900, (opcjonalnie z dwoma zaworami ciężarkowymi regulacji podciśnienia VV 40).

Ponadto instalację udojową wyposażono w zbiornik wyrównawczy o pojemności 20 l, zbiornik jednostki końcowej o pojemności 25 l oraz kurki stanowiskowe typu Combi DE 52.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego – system zadawania całkowitego strumienia przepływu cieczy  $Q_{mr}$  i strumienia przepływu cieczy z jednego aparatu udojowego  $Q_m$ : 6 – rurociąg podciśnienia, 7 – rurociąg mleczny, 12 – przewód pulsacyjny długi (6 szt.), 13 – pulsator pneumatyczny przemienny (60 pulsów na min, 6 szt.), 14 – kurek mleczny stanowiskowy, 15 – pompa mleczna, 16 – wąż odpływowy cieczy (mleka) z jednostki końcowej, 17 – kolektor Harmony  $450 \text{ cm}^3$  (6 szt.), 18 – aparat udojowy Harmony (6 szt.), 19 – przewód długi mleczny, 20 – rotometr, 21 – beczki na ciecz mlekopodobną, 22 – wąż z kryzami 23 – sztuczne strzyki

Fig. 2. Scheme of the research place-6-system of dosage of liquid: 6 – milking vacuum line, 7 – milk transfer line, 12 – long pulse tube, 13 – pulsator, 14 – milk tap, 15 – releaser milk pump, 16 – delivery line, 17 – claw Harmony  $450 \text{ cm}^3$ , 18 – milking unit Harmony, 19 – long milk tube, 20 – rotameter, 21 – liquid tank, 22 – tube from ruffs, 23 – artificial teat

Do badań wykorzystano aparaty udojowe typu Harmony (rys. 2); pojemność kolektora  $450 \text{ cm}^3$ , pulsatory pneumatyczne o stosunku pulsacji 60/40, sztuczne strzyki i system zadawania strumienia masy cieczy w zakresie od  $0\text{--}8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  w obiegu zamkniętym (rys. 2). Instalacja podciśnienia składała się z rurociągu o średnicy  $\phi = 50 \text{ mm}$  i długości  $l = 16,5 \text{ m}$  (ze stali) oraz z rurociągu o średnicy  $\phi = 70 \text{ mm}$  i długości  $l = 4,5 \text{ m}$  (z tworzywa PCV). Poprzez jednostkę końcową do układu podciśnienia podłączono rurociąg

mleczny (szklany, zawieszony na wysokości 2 m) o średnicy  $\phi = 50$  mm i długości  $l = 12 \times 2$  m i nachylony w kierunku jednostki końcowej 0,5% na jego całej długości. Rurociąg mleczny miał kształt odnogi i odnogi z rurociągiem wspomagającym mycie.

Pomiary zmian podciśnienia w komorze mlecznej kolektora, krótkim przewodzie pulsacyjnym, komorze podstrzykowej, na końcu strzyka oraz w rurociągu podciśnienia i w rurociągu mlecznym wykonano czujnikami podciśnienia PS-SM-100 firmy Vigor. Użyty do badań 15-kanałowy rejestrator zapewniał równoczesny zapis sygnałów z wszystkich czujników z częstotliwością 100 prób na sekundę. Zapisane w rejestratorze dane opracowano przy użyciu specjalistycznego oprogramowania do tego typu badań „Grafakw”. Zarówno przepływ cieczy w rurociągu, jak i jego obciążenie rejestrowano za pomocą Video – Kamera Recorder SONY CCD-TR840E.

W szczególności analizowano wrażliwość instalacji udojowej dojarki przewodowej w warunkach doju symulowanego krów o dużej wydajności mlecznej wyrażoną wartością średniego podciśnienia ssania na końcu strzyka ( $p_{ss}$ ) w aparacie pomiarowym w zależności od pozycji aparatu, zadanego strumienia wypływu cieczy  $Q_m$ , sumy zadanych strumieni przepływu mleka (cieczy) ze wszystkich aparatów udojowych podłączonych do dojarki  $Q_{mr}$ , ilości powietrza  $Q_{pa}$  doprowadzonego przez aparaty do dojarki. Ilość doprowadzanego powietrza wyraża zależność:

$$Q_{pa} = Q_{pam} + Q_{papsr}$$

$Q_{pa}$  – ilość powietrza dostarczona do rurociągu mlecznego,  $l \cdot \text{min}^{-1}$ ,

$Q_{papsr}$  – średnia ilość powietrza doprowadzona do rurociągu podciśnienia przez pulsatory,  $l \cdot \text{min}^{-1}$ .

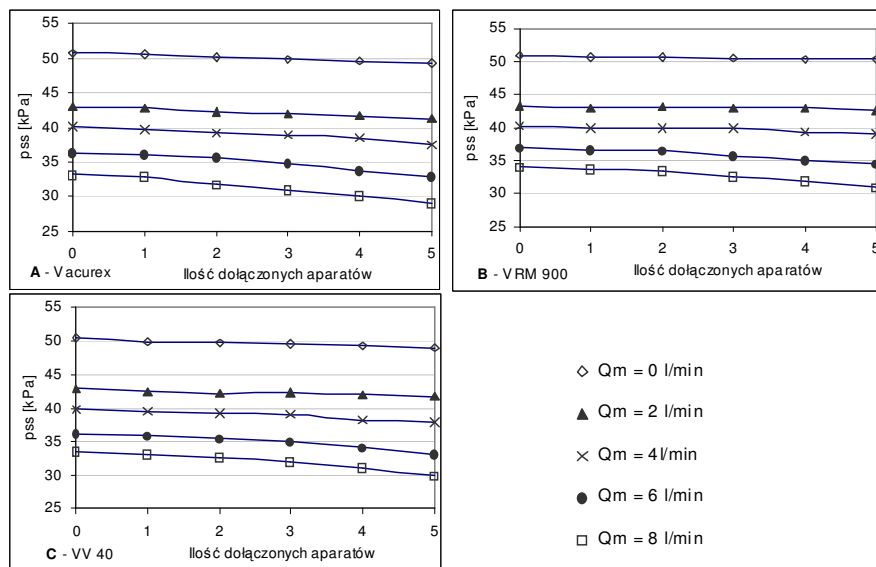
Wszystkie jednocześnie pracujące aparaty miały ten sam zadany strumień przepływu cieczy  $Q_m$  w zakresie, który w poszczególnych wariantach pomiarowych był zmieniany w przedziale od 0 do  $8 l \cdot \text{min}^{-1}$ , co  $2 l \cdot \text{min}^{-1}$ .

## WYNIKI I DISKUSJA

Wyniki badań pozwoliły na przeprowadzenie szerokiej analizy warunków ciśnieniowych podczas doju w dojarce przewodowej oraz oceny wpływu rozpatrywanych czynników (obciążenie rurociągu, zmienne strumienie przepływającej cieczy, pozycja aparatu) na zmiany podciśnienia na końcu strzyka, a zwłaszcza zmiany średniego podciśnienia ssania  $p_{ss}$ . Średnie podciśnienie ssania jest podstawowym parametrem charakteryzującym warunki doju krowy w aspekcie stabilizacji podciśnienia pod strzykiem, co ma wpływ na przebieg i dokładność doju, ale także na funkcje gumy strzykowej.

Zapewnienie stabilnych warunków dojarki przewodowej wymaga przede wszystkim odpowiednio wydajnego i sprawnego układu wytwarzania i regulowania podciśnienia.

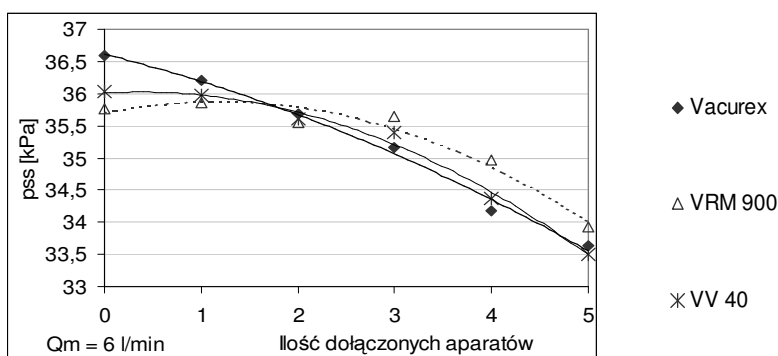
Zmiany średniego podciśnienia ssania w zależności od liczby podłączonych aparatów dla trzech rodzajów regulatorów wskazują (rys. 3), że wpływ ilości podłączonych aparatów na zmianę wartości  $p_{ss}$  jest nieznaczny i był zawarty w przedziale 3–5 kPa, natomiast ze wzrostem strumienia wypływającej cieczy z aparatów  $Q_m$ , następuje radykalny spadek podciśnienia o ok. 20 kPa. Nie stwierdzono różnic w wartościach tego spadku pomiędzy analizowanymi zaworami regulacji podciśnienia Vacurex, VRM 900 i VV40.



Rys. 3. Wpływ ilości dołączanych aparatów udojowych i zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatów  $Q_m$  na średnie podciśnienie ssania  $p_{ss}$  w aparacie pomiarowym dla trzech systemów regulacji podciśnienia

Fig. 3. Influence of number of milking units and stream of liquid  $Q_m$  on the average vacuum during the milking phase  $p_{ss}$  in the measuring unit

Potwierdzają to zbliżone przebiegi zależności  $p_{ss}$  dla  $Q_m = 6$  l·min<sup>-1</sup> dla trzech regulatorów w zależności od ilości załączanych aparatów za aparatem pomiarowym (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ ilości dołączanych aparatów udojowych na wartość średniego podciśnienia ssania  $p_{ss}$  w aparacie pomiarowym dla trzech rodzajów zaworów dla  $Q_m = 6$  l·min<sup>-1</sup>

Fig. 4. Influence of number of milking units on the average vacuum during the milking phase  $p_{ss}$  in the measuring unit for three regulators with  $Q_m = 6$  l·min<sup>-1</sup>

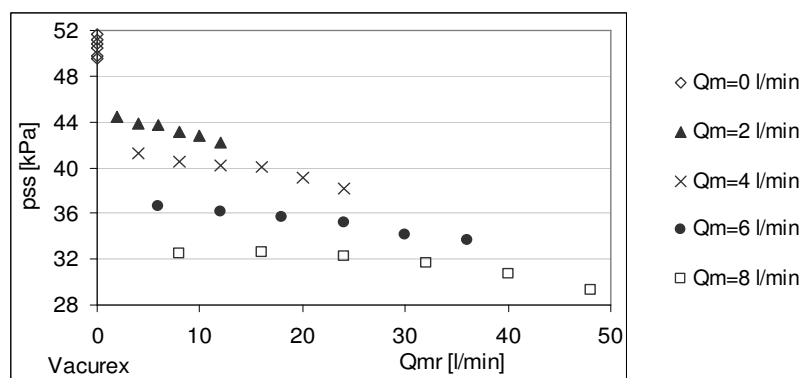
Dogłębna analiza kształtowania się wartości średniego podciśnienia ssania na końcu strzyka wymaga przyjęcia określonych założeń:

- wartość podciśnienia  $p_{ss}$  ma ściśle powiązanie z podciśnieniem panującym w rurociągu mlecznym,
- średnie podciśnienie w fazie ssania na końcu strzyka zależy od podciśnienia w rurociągu mlecznym, ilości powietrza doprowadzonego przez kolektory i od oporów przepływu powietrza na drodze koniec strzyka - rurociąg mleczny,
- parametry podciśnienia w rurociągu mlecznym (w pobliżu kurka aparatu pomiarowego) są kształtowane przez wszystkie pracujące aparaty udojowe i regulator podciśnienia,
- każdy z pracujących aparatów, dostarczając do instalacji udojowej określoną ilość powietrza i cieczy, generuje jednakowe jej obciążenie.

Opory przepływów powietrza na drodze koniec strzyka – rurociąg mleczny zależą od konstrukcji aparatu udojowego (ta część oporów jest stała) oraz od ilości cieczy znajdującej się na drodze przepływu, a także od sposobu jej rozmieszczenia w przekroju [Kupczyk 1998].

Tak więc można przyjąć, że wartość  $p_{ss}$  zależy od zadanego strumienia wypływu cieczy (mleka)  $Q_m$  z aparatu pomiarowego oraz podciśnienia panującego w rurociągu mlecznym w pobliżu kurka stanowiskowego P14. W świetle powyższego wydaje się być logiczne i bardziej uniwersalne przedstawienie zależności  $p_{ss}$  (także innych parametrów charakteryzujących pracę aparatu udojowego dojarki przewodowej) nie od ilości pracujących aparatów, lecz od obciążenia dojarki wnoszonego przez pracujące aparaty oraz zadanego strumienia przepływu cieczy  $Q_m$  z aparatu pomiarowego.

Wpływ całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy przemieszczającego się w rurociągu mlecznym  $Q_{mr}$  na średnie podciśnienie ssania w aparacie pomiarowym  $p_{ss}$  przy zadanym strumieniu wypływu cieczy z aparatów udojowych  $Q_m = 0, 2, 4, 6,$

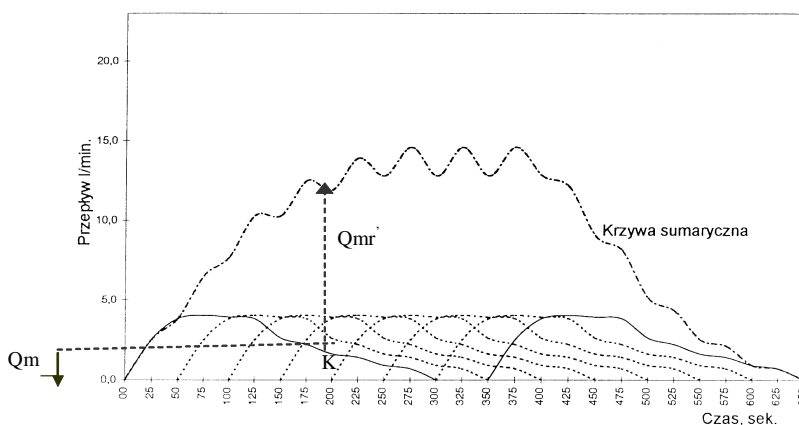


Rys. 5. Wpływ całkowitego zadanego strumienia przepływu cieczy w rurociągu mlecznym  $Q_{mr}$  na średnie podciśnienie ssania w aparacie pomiarowym  $p_{ss}$  przy zadanym strumieniu wypływu cieczy z aparatów udojowych  $Q_m = 0-8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

Fig. 5. Influence of total stream of liquid in milk transfer line  $Q_{mr}$  on the average vacuum during the milking phase in the measuring unit  $p_{ss}$  for stream of liquid  $Q_m = 0-8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

8 l·min<sup>-1</sup> zamieszczono na rysunku 5. Uzyskane zależności nie w pełni spełniają oczekiwania, ponieważ nie można precyzyjnie określić wartości  $p_{ss}$  przy małych  $Q_m < 2$  l·min<sup>-1</sup> aparatu pomiarowego przy dużych obciążeniach  $Q_{mr}$ .

Tymczasem przy równoczesnej pracy kilku aparatów udojowych zależności takie są typowe dla dojarki przewodowej i mają istotny wpływ na warunki doju i stabilizację podciśnienia w aparatach udojowych. Obrazuje to tzw. krzywa sumaryczna wypływu mleka z pracujących równocześnie aparatów (rys. 6).



Rys. 6. Teoretyczny przepływ mleka w dojarkie przewodowej dla 1 dojarza (na spadek); 8 aparatów udojowych kolejno załączanych co 50 s, przepływ szczytowy 4 l·min<sup>-1</sup> [Szlachta 1999]

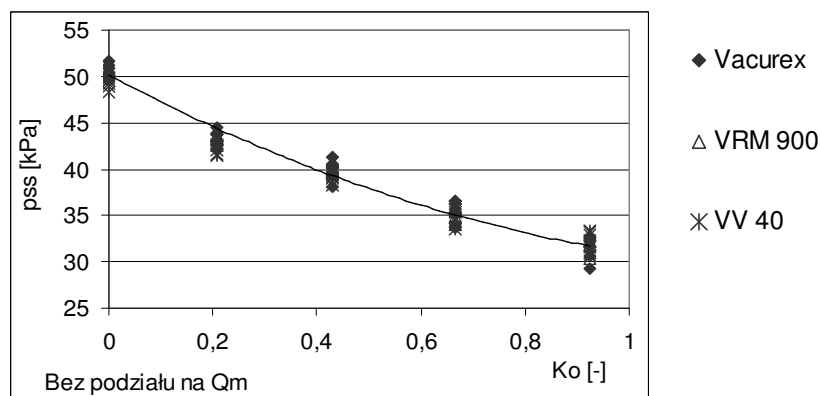
Fig. 6. The theoretical flow of milk in milk transfer line for one operator on slope; 8 milking units connected every 50 s; stream of liquid  $Q_m$  4 l·min<sup>-1</sup>

Posługując się teoretyczną zależnością (rys. 6), aby uzyskać zależność przepływu mleka w czasie doju sześciu krów i zmiany parametru  $p_{ss}$  w dowolnym aparacie udojowym, należy określić  $p_{ss}$  przy małym zadanym strumieniu wypływu mleka z aparatu udojowego  $Q_m$  i przy dużym całkowitym zadanym strumieniu przepływu mleka w rurociągu mlecznym  $Q_{mr}$ . W punkcie K (rys. 6), rozważany aparat udojowy ma bardzo mały strumień wypływu mleka  $Q_m$ , a jednocześnie do rurociągu mlecznego doprowadzany jest duży strumień mleka  $Q_{mr}$ . Dlatego też posłużono się obciążeniem instalacji dojarki przepływem powietrza. Ilość powietrza zużywanego przez pulsator przyjęto, posługując się danymi katalogowymi firmy DeLaval, a ilość powietrza zużywanego przez kolektor przyjęto na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu [Wiercioch 1998]. Sumaryczne oddziaływanie wielkości  $Q_{mr}$  i  $Q_{pa}$  wyrażono współczynnikiem obciążenia dojarki  $K_o$  zgodnie z zależnością:

$$K_o = \frac{\sum_1^n n \cdot Q_m}{\sum_1^n n \cdot (Q_{pam} + Q_{pap})}$$



Posługując się sumarycznym obciążeniem dojarki  $K_o$ , można w miarę precyzyjnie określić zmiany  $p_{ss}$  w szerokim zakresie zmian obciążenia (wartości  $Q_m > 0$ ) (rys. 7), natomiast przy wartości  $K_o = 0$  (czyli przy aparatach pracujących z zerowym zadaniem strumieniem wypływu cieczy  $Q_m = 0$ ), wartość parametru  $p_{ss}$  wyraźnie odbiega od zależności liniowej dla pozostałych wartości  $K_o$ .



Rys. 7. Wpływ współczynnika całkowitego obciążenia dojarki  $K_o$  na średnie podciśnienie ssania w aparacie udojowym dla trzech systemów regulacji

Fig. 7. Influence of the load coefficient of milkline  $K_o$  on the average vacuum during the milking phase  $p_{ss}$  for three regulators

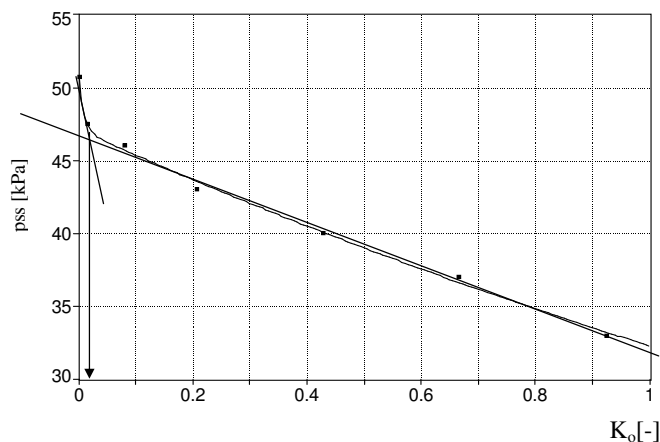
Uśredniony wpływ obciążenia  $K_o$  na zmianę  $p_{ss}$  dla analizowanych zaworów regulacji można opisać funkcją:

$$p_{ss} = 13,3 K_o^2 - 30,9K_o + 49,5; R^2 = 0,9653$$

Jednakże dla analizowanych wartości  $K_o$ , różnice pomiędzy zaworami regulacji podciśnienia są znaczne i wynoszą ok. 5 kPa (rys. 7). Wykonano dodatkowe pomiary wpływu  $K_o$  na zmiany  $p_{ss}$  dla małych zadanych strumieni wypływu cieczy  $Q_m$  z aparatów, tj.  $0,35 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $0,75 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $1,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , z uwzględnieniem analizowanych zaworów regulacji podciśnienia. Wyniki pomiarów uśredniono i dołączono do wyników analizowanych na rysunku 7.

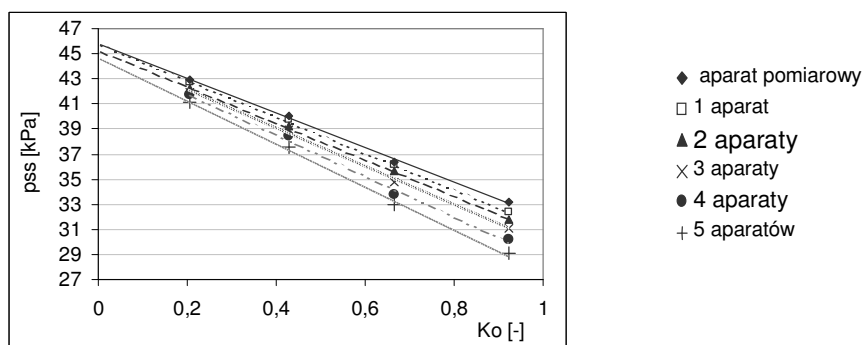
Analiza tak zestawionych wyników pozwala na określenie zmian  $p_{ss}$  w całym przedziale  $K_o$  średnio dla badanych zaworów regulacji podciśnienia (rys. 8).

W przedziale wartości  $K_o = 0,03$  do  $K_o = 0,923$  zmiany  $p_{ss}$  są odwrotnie proporcjonalne do  $K_o$  i wykazują zależność liniową, natomiast w przedziale  $K_o = 0-0,03$  zmiany  $p_{ss}$  opisuje także zależność liniowa, lecz o innym współczynniku regresji. Ponieważ podczas doju szczególnie istotne jest zachowanie optymalnych parametrów przy dużych wypływach mleka z wymion krów, kiedy współczynnik obciążenia instalacji udojowej  $K_o > 0,2$ , dlatego do określenia zmian średniego podciśnienia ssania pod strzykiem  $p_{ss}$  szczególnie przydatna jest funkcja liniowa opisująca te zmiany w przedziale  $K_o = 0,03-0,923$ . Posługując się tą zależnością, można określić wpływ współczynnika



Rys. 8. Wpływ współczynnika obciążenia całkowitego ( $K_o = 0-0,923$ ) na zmiany wartości  $p_{ss}$

Fig. 8. Influence of the total load coefficient  $K_o = 0-0,923$  on the change of the vacuum during the milking phase  $p_{ss}$

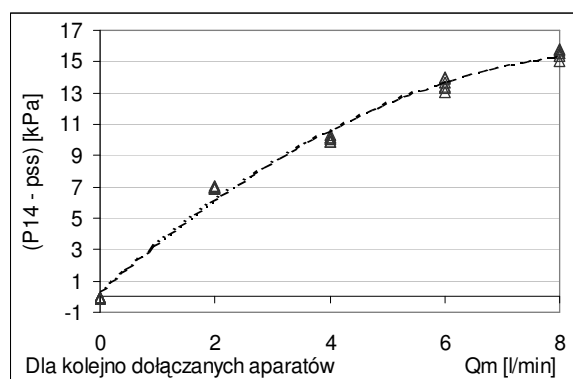


Rys. 9. Wpływ współczynnika całkowitego obciążenia dojarki  $K_o$  na średnie podciśnienie ssania w aparacie pomiarowym przy różnej ilości aparatów udojowych dołączanych do instalacji przed aparatem pomiarowym

Fig. 9. Influence of the total load coefficient  $K_o$  on the average vacuum during the milking phase  $p_{ss}$  in the measuring unit with variable number of milking units added in front of the measuring unit

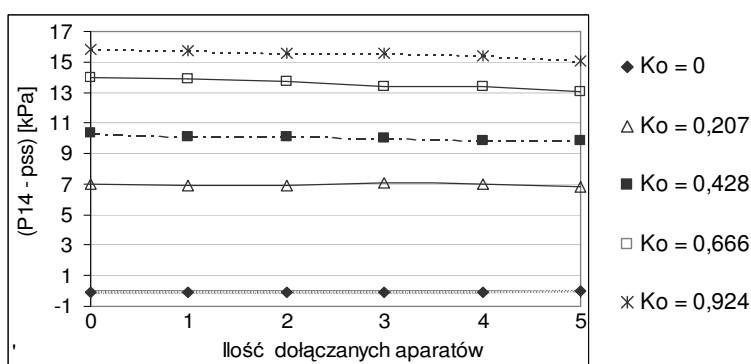
całkowitego obciążenia  $K_o$  na  $p_{ss}$  przy różnej ilości podłączanych aparatów udojowych do instalacji udojowej. Jeśli aparat pomiarowy jest podłączony do kurka stanowiskowego nr 6 (najdalej od jednostki końcowej), to spadki wartości  $p_{ss}$  dla kolejno podłączanych aparatów udojowych są znaczne i po podłączeniu piątego aparatu dla  $K_o = 0,923$  wynoszą ok. 5 kPa, a dla  $K_o = 0,4$  odpowiednio ok. 3 kPa (rys. 9). Przy obciążeniu rurociągu  $K_o = 0,923$  i pięciu pracujących aparatami wartość  $p_{ss}$  osiągnęła 29 kPa, czyli obniżyła się od wartości początkowej przy zerowym obciążeniu o 21 kPa. Wartość ta

reprezentuje spadek średniego podciśnienia na końcu strzyka pochodzącego od sumy czynników wywołujących spadek w instalacji udojowej. Natomiast dla zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatu pomiarowego, wynoszącego  $8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (rys. 8), różnica podciśnienia między rurociągiem mlecznym a końcem strzyka wynosi 16 kPa. Porównując obydwie rysunki (7 i 8), można zauważyć, że na wartość spadku podciśnienia na końcu strzyka (21 kPa) wpływa spadek podciśnienia (16 kPa) spowodowany przez zadany strumień wypływu cieczy (mleka)  $Q_m$  w aparacie pomiarowym i spadek podciśnienia (5 kPa) pochodzący od obciążenia dojarki  $K_o$ .



Rys. 10. Wpływ zadanego strumienia wypływu cieczy z aparatu  $Q_m$  na różnicę ciśnienia między rurociągiem mlecznym a końcem strzyka

Fig. 10. Influence of stream of liquid from milking unit  $Q_m$  on the difference of vacuum between milk transfer line and teat end



Rys. 11. Wpływ ilości dołączanych aparatów udojowych i współczynnika całkowitego obciążenia dojarki na różnicę podciśnienia między rurociągiem mlecznym a końcem strzyka ( $p_{14}-p_{ss}$ )

Fig. 11. Influence of the added number of milking units and the total load coefficient on the difference of vacuum between milk transfer line and teat end ( $p_{14}-p_{ss}$ )

W przypadku, gdy zadany jednostkowy strumień przepływu cieczy z aparatu pomiarowego obniżył się i wynosi ok.  $2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , a spadek podciśnienia pomiędzy rurociągiem mlecznym a końcem strzyka wynosi 7 kPa (rys. 10), dla całkowitego obciążenia dojarki przy 6 podłączonych aparatach udojowych całkowity spadek  $p_{ss}$  wynosi również 21 kPa, co daje różnicę 14 kPa. Spadek podciśnienia o wartości 14 kPa na końcu strzyka spowodowany jest obciążeniem rurociągu mlecznego, a spadek o wartości 7 kPa powoduje zadany strumień wypływu cieczy z aparatu udojowego  $Q_m$ . W świetle analizy danych (rys. 11) łatwo zauważyć, że ilość aparatów podłączonych do instalacji udojowej aparatów tylko w niewielkim stopniu wpływa na różnicę podciśnienia  $p_{ss}$  pomiędzy rurociągiem mlecznym a końcem strzyka. Różnica ta zależy przede wszystkim od współczynnika obciążenia dojarki  $K_o$ .

## WNIOSKI

W świetle przeprowadzonych badań można sprecyzować następujące wnioski.

1. Bezpieczny dój krów wysoko mlecznych dojarką rurociągową jest możliwy przy zapewnieniu pompy próżniowej o wymaganej wydajności oraz zastosowaniu odpowiednich zaworów regulacji podciśnienia. Sprawność wytwarzania i regulowania podciśnienia przez badane układy była zadawalająca i zapewniała spadki średniego podciśnienia ssania  $p_{ss}$  3–5 kPa przy  $Q_m = 0 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  niezależnie od liczby podłączonych aparatów. Jednakże ze wzrostem  $Q_m$  spadki wartości  $p_{ss}$  przy sześciu podłączonych aparatach osiągają wartość 20 kPa.

2. Posługując się sumarycznym obciążeniem dojarki  $K_o$ , można w miarę precyzyjnie określić zmiany  $p_{ss}$  w szerokim zakresie zmian obciążenia (wartości  $Q_m > 0$ ), natomiast przy wartości  $K_o = 0$  (czyli przy aparatach pracujących z zerowym zadaniem strumieniem wypływu cieczy  $Q_m = 0$ ) wartość parametru  $p_{ss}$  wyraźnie odbiega od zależności liniowej dla pozostałych wartości  $K_o$ .

3. Przy pełnym obciążeniu instalacji udojowej aparatów sześciu pracujących aparatach udojowych na wartość spadku podciśnienia na końcu strzyka (21 kPa) składa się spadek podciśnienia (16 kPa) spowodowany przez zadany strumień wypływu cieczy (mleka)  $Q_m$  w aparacie pomiarowym i spadek podciśnienia (5 kPa) pochodzący od obciążenia dojarki  $K_o$ .

## PIŚMIENNICTWO

- Józefowicz E., 1995. Algorytm symulacji przepływu mleka w dojarce jednostanowiskowej z rurociągiem. Roczn. AR w Poznaniu, Rolnictwo 46, 25–32.
- Kupczyk A., 1986. Spadki i wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarek przewodowych. Cz. II. Spadki podciśnienia w poziomym rurociągu mlecznym. Roczn. Nauk Rol. 77-C-1, 35–41.
- Luberański A., 2002. Stymulacyjna funkcja gumy strzykowej w procesie doju mechanicznego krów. Praca doktorska. Maszynopis, Wrocław.
- Szlachta J., 1986. Studia nad wybranymi elementami budowy i użytkowania aparatu udojowego. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Rozprawy. Rozprawa habilitacyjna.

- Szlachta J., 1999. Normy ISO a sprzęt udojowy. Poradnik Hodowcy 1, 1–15.
- Szlachta J., 2001. Rola aparatu udojowego w procesie doju mechanicznego krów. Mat. Konf. „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE”. Warszawa 25–26.09.2002, 9–22.
- Woolford M. W., 1974. Milking machine design: Factors effecting vacuum stability (In abstrakt). Agricultural Research In New Zealand 79, 1972–1973.
- Tan J. i in., 1989. Dynamic variations In vacuum milking systems. ASAE Paper 89-6065. St. Joseph, MI.
- Tan J. i in., 1992. Mathematical modeling of milking machine vacuum systems. Transactions of the ASAE 35(1), 327–332.
- Woyke W., 1995. Międzynarodowa Konferencja Naukowa IBMER „Podstawowe problemy w technice i technologii produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem aspektów ekologicznych”. Warszawa, 217–220.

#### **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF LIQUID MASS STREAM AND THE LOAD OF MILKLINE OF PIPELINE MILKING MACHINE ON THE AVERAGE VACUUM FOR THE MILKING PHASE IN THE TEAT CUP**

**Abstract.** Changes of average vacuum for milking phase in a teat cup of recorder milking machine was analysed. Analysis was conducted with 6 milking units working, installed one after another in front of measuring unit which was connected to milk tap most distant from receiver of milk line from branch (return line for washing is situated above the milk transfer line). In the article major influence of stream of liquid simulation of milking rate  $Q_m$  and load coefficient of milkline  $K_o$ , being a total influence the stream of liquid and transient air admission on changes of average vacuum for the milking phase is shown. By full load of milking installation, with 6 milking units working, the decrease of vacuum at the teat end (by 21 kPa) is influenced by the decrease (by 16 kPa) of vacuum caused by stream of outflow of liquid (milk)  $Q_m$  in measuring unit and the decrease of vacuum (by 5 kPa) caused by load of milkline  $K_o$ .

**Keywords:** recorder milking machine, load coefficient of the milkline, average vacuum for the milking phase

*Danuta Skalska, Józef Szlachta, Adam Luberański, Instytut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, ul. Chelmońskiego m37/41, 51-630 Wrocław, e-mail: szlachta@imr.ar.wroc.pl*