

NOWE ROZWIĄZANIA W KONSTRUKCJI GUM STRZYKOWYCH

Michał Gedymin, Adam Chmielowski

Institut Budownictwa, Melioracji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, Oddział Poznań

Streszczenie. Porównano zmiany wymiarów pod wpływem naciągu oraz szczelność (dokładność) zamykania się nowych typów gum strzykowych o kwadratowym i trójkątnym przekroju trzonu a także kołowym z pierścieniami usztywniającymi. Przeanalizowano celowość i spodziewane korzyści z wprowadzonych zmian konstrukcyjnych (także w stosunku do innych typów gum strzykowych opisanych w najnowszej literaturze (Internece)). Wielokierunkowy sposób zamykania się niektórych nowych gum strzykowych wymaga opracowania nowej metodyki oceny nacisków masujących. Zaproponowano nową formułę do teoretycznego obliczenia tych nacisków jako sumę sił nacisku od zakrzywionej ścianki gumy strzykowej oraz od jej swobodnego odcinka pod strzykiem.

Słowa kluczowe: wielokątny trzon gumy strzykowej, masaż strzyków, laboratoryjna ocena jakości masażu strzyków

Wstęp

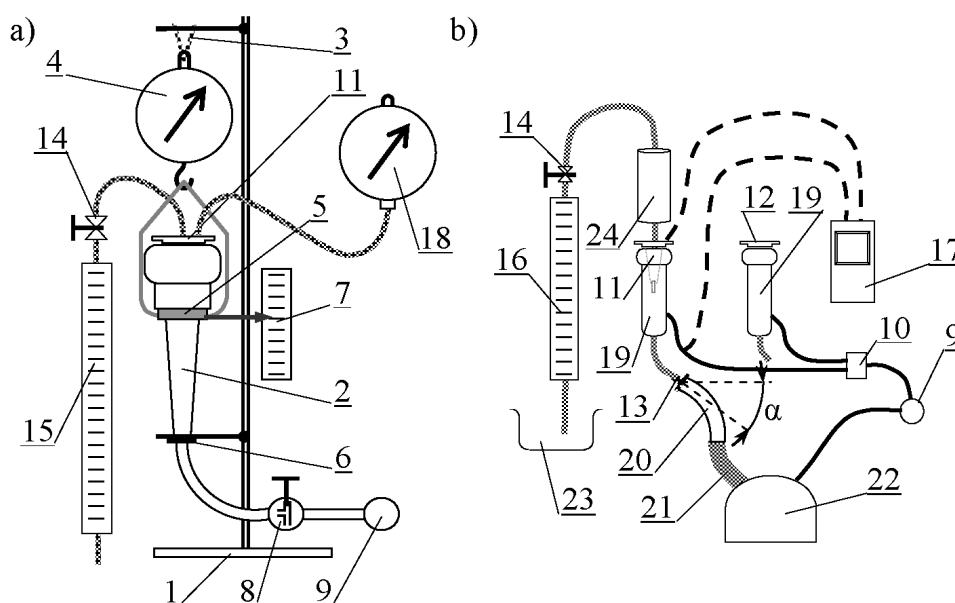
Jednym z głównych parametrów umożliwiających właściwy dój jest odpowiedni naciąg gumy strzykowej w kubku. Zbyt słaby powoduje bowiem opóźnienie otwierania się gumy i skrócenie fazy ssania, ale jednocześnie wraz ze spadkiem siły naciągu poprawia się dopasowanie ścianek trzonu gumy do kształtu strzyka w fazie masażu i lepsze odcinanie podciśnienia. Wg Boasta i in. [2004] naciski masujące są tym większe im mniejszy jest promień ugięcia się ścianki wokół strzyka. Dobre dopasowywanie się klasycznej (zamykającej się w jednej płaszczyźnie) gumy do strzyka jest równoznaczne z lepszą szczelnością zamknięcia gumy w fazie masażu i może być wskaźnikiem wspomnianej cechy.

Możliwe jest jednak radykalne zwiększenie nacisków masujących poprzez wielokrotne, równoległe, pionowe pofałdowanie trzonu gumy tak, aby powstały liczne „żebra” mogące wywierać znacznie większe siły na koniec strzyka niż klasycznie (płasko) zamykająca się guma strzykowa. Taka sytuacja wystąpi przy wielokierunkowym zamykaniu się gumy, co jest możliwe tylko w przypadku wielokątnego kształtu trzonu gumy.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na specjalnych stanowiskach badawczych (rys. 1a, 1b). Na stanowisku (rys. 1a) badano zmiany wymiarów gum pod wpływem naciągu w granicach 0 do 100 N oraz szczelność zamknięcia w fazie masażu – za pomocą probierczego

strumienia powietrza 5 do 25 l·min⁻¹. Na stanowisku (rys.1b) - na sztucznym wymieniu - szczelność tę oceniano przy użyciu strumienia wody 2 l/min wykonując dój tylko pojedynczego strzyka. Średnicę, boki oraz wysokości w przekroju poprzecznym trzonu gumy strzykowej mierzono zgodnie z normą ISO 5707 w odległości 75 mm od górnej krawędzi główki. Do pomiarów wszystkich wielkości liniowych użyto suwmiarki o dokładności 0,1 mm, naprężeń – dynamometru o dokładności 0,5 N, przebiegu podciśnienia – wakuometru lub Pulsatortestera Pt-V o dokładności 0,5 kPa, dopływu wody – rotametr o dokładności 0,02 l·min⁻¹, napływu powietrza – rotametr o dokładności 0,2 l·min⁻¹.

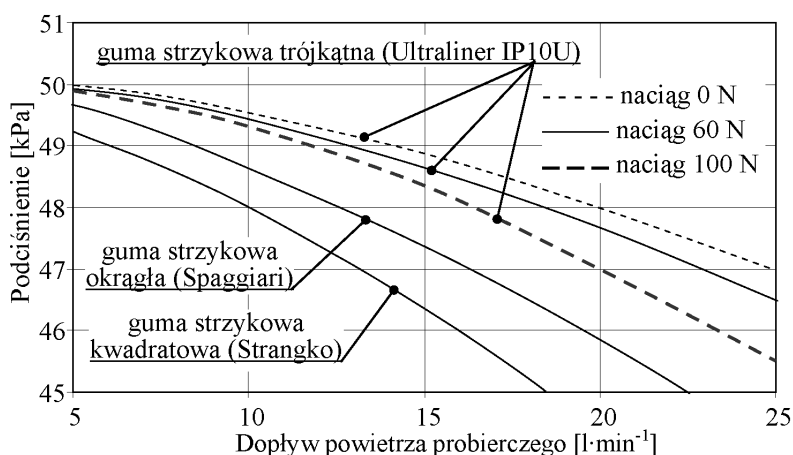


Rys. 1. Stanowisko do badań szczelności (dokładności) zamykania się gum strzykowych: a) za pomocą powietrza, b) za pomocą wody: 1 – podstawa, rama przyrządu, 2 – badana guma strzykowa, 3 – zaczep do naciągania, 4 – dynamometr, 5 – tuleja do naciągania gumy s., 6 – płyta do osadzania gumy s., 7 – skala do pomiaru naciągu, 8 – zawór trójdrożny, 9 – rurociąg powietrzny dojarki, 10 – pulsator, 11 – sztuczny strzyk, 12 – zatyczka, 13 – końcówka krótkiego przewodu mlecznego, 14 – zawór regulacyjny 15 – rotametr powietrzny, 16 – rotametr wodny, 17 – Pulsatortester Pt-V, 18 – wakuometr, 19 – kubek udojowy, 20 – kolektor (rura szklana), 21 – długi przewód mleczny, 22 – bańka, 23 – zbiornik zasilający, 24 – zbiornik wyrównawczy

Fig.1. Teat gum leaktightness (closure) testing post: a) with the use of air, b) with the use of water; 1 – base, frame of the device, 2 – tested teat gum, 3 – catch for stretching, 4 – dynamometer, 5 – sleeve for stretching the teat gum, 6 – plate for setting the teat gum, 7 – scale for tension measurement, 8 – three-way valve, 9 – pneumatic pipeline of the milking apparatus, 10 – pulsator, 11 – artificial teat, 12 – stopper, 13 – short milking pipe tip, 14 – control valve, 15 – air rotameter, 17 – Pulsatortester Pt-V, 18 – vacuum meter, 19 – teat cup, 20 – collector (glass pipe), 21 – long milking pipe, 22 – can, 23 – feeding tank, 24 – compensating tank

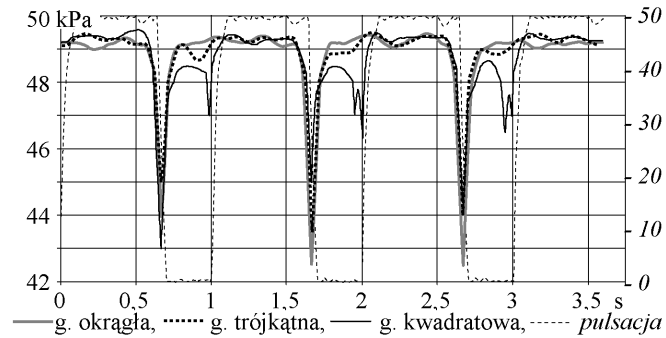
Wyniki

Wyniki pomiarów szczelności (dokładności) zamykania się poszczególnych gum strzykowych przy pomocy probierczego strumienia powietrza przedstawiono na wykresie rys. 2, a za pomocą strumienia wody – na rys. 3. Z tego drugiego wykresu wynika, że tylko guma kwadratowa (Strangko) zamyka się na tyle dokładnie, że widać to w postaci dodatkowych chwilowych spadków podciśnienia w fazie masażu (ok. 2 kPa) spowodowanych pewnym niewielkim wypływem wody ze sztucznego strzyka. Natomiast w badaniach z użyciem powietrza (rys. 2) najmniejsze spadki podciśnienia wykazywała guma trójkątna, co wyraźnie wskazuje na niezbyt dokładne zamykanie się tej gumy w tej fazie. Pomiary średnic (rys. 6) gumy okrągłej z pierścieniami usztywniającymi (Spaggiari) pozwalają stwierdzić, że guma ta ulega owalizacji pod wpływem sił naciągu i korzystny kształt jak na rys. 8e występuje tylko w jednej płaszczyźnie. Ponadto przy ocenie wielokątnych gum strzykowych przydatne jest określenie wielkości zjawiska rozdęcia (baloningu) występujące w przypadku pojawienia się w czasie doju dużych oporów przepływu w krótkim i długim przewodzie mlecznym, a co pokazano na wykresie (rys. 6). Przy różnicy ciśnień powyżej 7 kPa gumy wielokątne odkształcają się tak samo jak okrągłe zachowując nadal prawie nie zmieniony kształt.



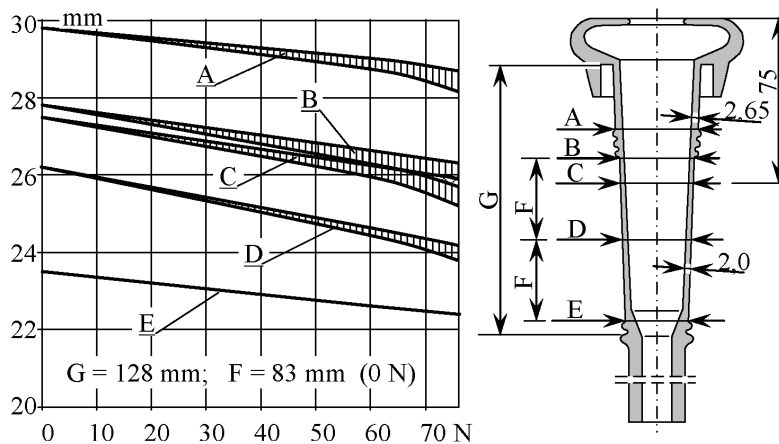
Rys. 2. Wielkość podciśnienia pod strzykiem w fazie masażu przy napływie powietrza pod strzyk $5\div 25\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ i przy zmianie naciągu gumy strzykowej $0\div 100\text{ N}$. Podciśnienie robocze 50 kPa

Fig.2. Value of the negative pressure under the teat at the massage phase at $5\div 25\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ airflow rate under the teat, the change in the teat gum tension being $0\div 100\text{ N}$. Operating negative pressure 50 kPa .



Rys. 3. Przebiegi podciśnienia pod sztucznym strzykiem w różnych gumach przy wypływie wody $2\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$, podciśnieniu roboczym 50 kPa , uzyskane na stanowisku rys.1b

Fig.3. Negative pressure courses under the artificial teat in the case of various gums at water outflow rate of $2\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ and operating negative pressure of 50 kPa , obtained at the post Fig. 1b





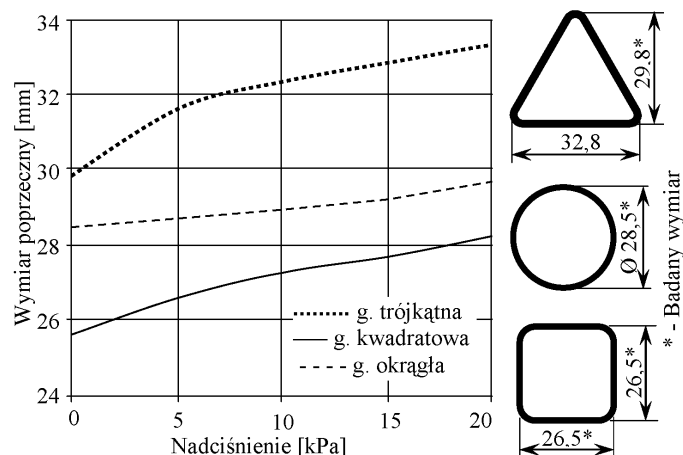
Rys. 4. Zmiana wymiarów poprzecznych gumy strzykowej okrągłej z pierścieniami usztywniającymi (Spaggiari) przy zmianie siły naciągu.  – maksymalna różnica pomiarów danej średnicy w dwóch prostopadłych kierunkach

Fig. 4. Changes in the transverse dimensions of the circular teat gum with stiffening rings (Spaggiari) with a change in the tension force.  - maximum difference in the measurements of a given diameter in two perpendicular directions

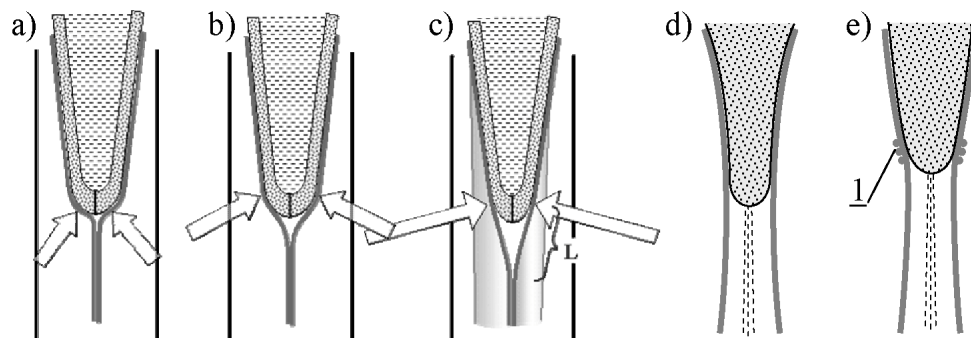


Rys. 5. Zmiana wymiarów poprzecznych trzonów różnych gum strzykowych pod wpływem rozdęcia (dodatniej różnicy ciśnień między komorą podstrzykową a międzysięcienną)

Fig. 5. Changes in the transverse dimensions of various teat gum stems under the influence of expansion (positive difference in pressures between the under-teat chamber and interwall chamber)

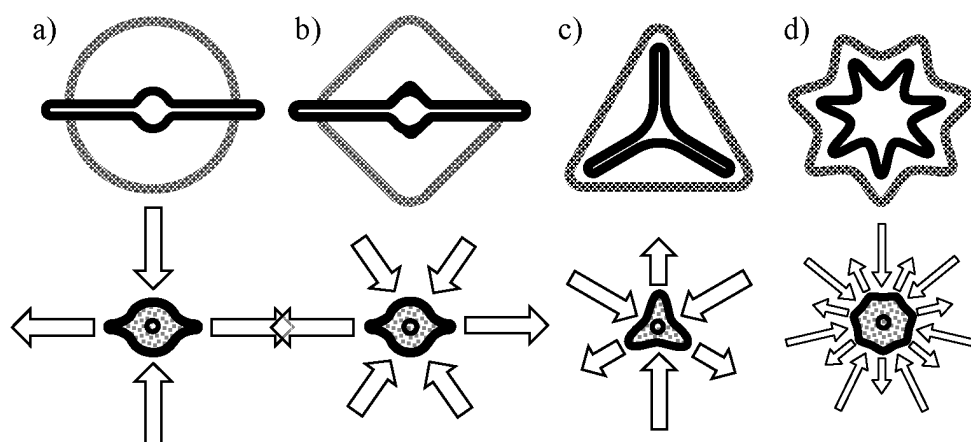
Omówienie wyników badań i wnioski

Podstawowym celem wdrożenia do praktyki dojarskiej trójkątnych gum strzykowych wydaje się być możliwość uzyskania znacznie większych nacisków masujących niż w dotychczas spotykanych gumach. Inne parametry tych gum nie wskazują na ich lepsze dopasowanie lub współpracę ze strzykiem. Kilukrotnie mniejsza szczelność zamknięcia tych gum w fazie masażu w porównaniu do wyników badań gum płasko zamykających się – w tym kwadratowej [Gedymin 2005, 2006] wynika z większej liczby szczelin oraz ich większych rozmiarów – dróg którymi podciśnienie może swobodnie przenikać w kierunku strzyka (rys. 7c). Stąd potrzeba wypracowania zupełnie nowej metodyki, bowiem użycie probierczego strumienia powietrza lub wody nie dało jednoznacznych do zinterpretowania wyników (wykresy – rys. 2, 3). Szczególnie należałoby się skupić na możliwości pomiaru nacisków tylko w obrębie samego końca strzyka, bowiem z teoretycznych rozważań wynika, że występują tylko w tym miejscu (rys. 8). Zaproponowana przez Szlachtę i Wierciocha [1993] metoda pomiaru nacisków masujących bazująca na ich jednorodnym rozkładzie na całej powierzchni kontaktu strzyka z gumą strzykową nie nadaje się tu z przyczyn oczywistych. Wyniki pomiarów zmiany kształtów wielokątnych gum strzykowych pod wpływem nadciśnienia (rys. 5) pokazują, że płaskie ściany trzonu tych gum odkształcają się nieznacznie, co oznacza że strzyki krów dojonych takimi gumami będą musiały zawsze przybierać w przekroju kształt kwadratu lub trójkąta, a co dotychczas nie zostało przebadane z punktu widzenia fizjologii. Jednakże gumy o przekroju kwadratowym trzonu jak dotąd zbierają bardzo pochlebne oceny ze strony użytkowników, natomiast o trójkątnych brak jest szerszej opinii z wyjątkiem zalecenia, że należy je używać do doju krów rasy Jersey. Na rys. 6a, b, c przedstawiono różne sytuacje oddziaływania gumy strzykowej na strzyk w fazie masażu.



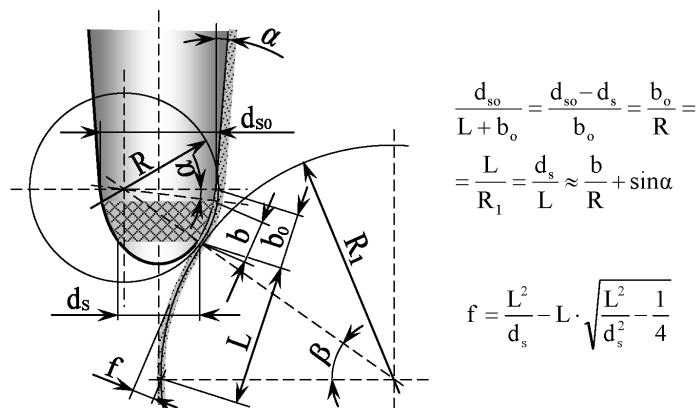
Rys. 6. Oddziaływanie gumy strzykowej na strzyk: - w fazie masażu: a) guma miękka, słabo naciągnięta, b) guma sztywniejsza, mocniej naciągnięta, c) guma trójkątna (strzałki pokazują wypadkowe siły masujących); - w fazie ssania: d) guma okrągła klasyczna, e) guma okrągła z pierścieniami usztywniającymi (1)

Fig. 6. Effect of the teat gum on the teat: at the massage phase: a) soft gum, weakly stretched, b) stiffer gum, more strongly stretched, c) triangular gum (arrows show the resultant massaging forces): - at the suction phase: d) classic circular gum, e) circular gum with stiffening rings (1)

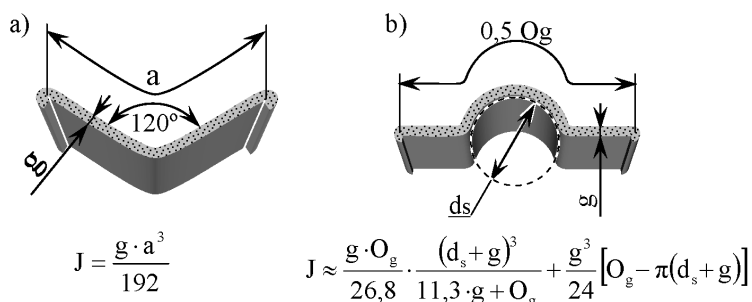


Rys. 7. Schematyczne (w przekroju poprzecznym) widoki zamykania się różnych gum strzykowych i odpowiadające im kierunki (tylko składowe poziome) oddziaływania sił masujących koniec strzyka oraz reakcji na podciśnienie (rys. a,b,c – badania własne, d – [www. boumatic.com/product_milking_systems](http://www.boumatic.com/product_milking_systems))

Fig. 7. Schematic (cross-section) views of the closing of various teat gums and the relevant directions (only the horizontal components) of the action of forces massaging the teat tip and the reaction to negative pressure (Fig. a, b, c – individual study, d - www. boumatic.com/product_milking_systems)



Rys. 8. Zależności geometryczne dla trzonu gumy strzykowej współpracującej ze strzykiem
 Fig. 8. Geometric dependencies for the stem of the teat gum cooperating with the teat



Rys. 9. Wyznaczanie momentu bezwładności przekroju poprzecznego dla gumy: a – trójkątnej, b – kwadratowej (oraz okrągłej o sztywniejszych ściankach)
 Fig. 9. Setting the moment of inertia of the cross section of the gums: a – triangular, b – square (and circular gum with stiffer walls)

Wykorzystując wzory z mechaniki technicznej [Niezgodziński 1973] zaproponowano teoretyczne wyznaczanie nacisków p_m . W przypadku gdy przyjąć, że guma strzykowa zachowuje się jak błona, to naciski masujące wyniosą:

$$p_m = p_1 = \frac{1000 \cdot N}{O_g \cdot R} \text{ [kPa]}$$

gdzie:

- O_g – obwód trzonu gumy [mm],
- N – siła naciągu gumy strzykowej w kubku udojowym [N],
- R – promień zaokrąglenia końca strzyka [mm],
- d_s – średnica nie masowanego końca strzyka [mm],
- a – szerokość boku gumy wielokątnej [mm],
- g – grubość ścianki trzonu gumy [mm].

Takie podejście reprezentuje większość badaczy np. Boast i in. 2004, Williams, Mein 1980 przy czym ci ostatni przyjęli na podstawie wielu obserwacji, że $R:R_1 = 5:1$ i w związku z tym $p_1 = 0,2 \cdot \Delta p_g$. Jeżeli jednak przyjąć, że ścianka gumy strzykowej ma jakąś sztywność to promień R_1 i długość L na pewno się zwiększą co oznacza wzrost nacisków o wartość p_2 czyli $p_m = p_1 + p_2$ [kPa].

Ugięcie f pręta zginanego i rozciąganego jednocześnie oblicza się z zależności

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_b} + \frac{1}{f_p}$$

gdzie: $f_b \cdot = \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot N_x} = \frac{\Delta p_g \cdot a_x \cdot L^2}{8000 \cdot N_x}$ [mm] (ugięcie błony)

$f_p \cdot = \frac{q \cdot L^4}{76,8 \cdot E \cdot J} = \frac{\Delta p_g \cdot a_x \cdot L^4}{76800 \cdot E \cdot J}$ [mm] (ugięcie pręta obciążonego poprzecznie)

oraz gdzie $\frac{a_x}{O_g} = \frac{N_x}{N}$, a_x – szerokość przyjęta do obliczeń J [mm], q – obciążenie liniowe

[N/mm], L – długość odcinka gumy strzykowej nie opartego o strzyk lub przeciwległą ścianę [mm], Δp_g – różnica ciśnień między wnętrzem a zewnątrz gumy strzykowej [kPa], E – moduł sprężystości gumy [$MN \cdot m^{-2}$; $N \cdot mm^{-2}$], J – moment bezwładności przekroju poprzecznego fragmentu trzonu gumy o szerokości a_x [mm^4].

Przyjmując, że $EJ = 0$ i całkowite ugięcie f wynika tylko z odpowiednio zwiększonego

naciągu gumy możemy napisać że $f = \frac{\Delta p_g \cdot a_x \cdot L^2}{8000 \cdot (\Delta N_x + N_x)}$ [mm] i wykorzystując formułę na

odwrotność strzałek ugięcia wyznaczyć $\Delta N_x = \frac{76,8 \cdot E \cdot J}{8 \cdot L^2}$ [N] gdzie ΔN_x – dodatkowa

wirtualna siła naciągu gumy na szerokości a_x . Wobec tego $p_2 = \frac{\Delta N_x \cdot 1000}{a_x \cdot R}$ [kPa]. Dłu-

gość L można obliczyć: $L = \sqrt{\frac{L_1^2}{2} + \sqrt{\frac{L_1^4}{4} + \frac{L_2^4}{4}}}$ [mm] gdzie $L_1 = \sqrt{\frac{N \cdot d_s \cdot 1000}{\Delta p_g \cdot O_g}}$ [mm] (dłu-

gość błony), $L_2 = \sqrt[4]{\frac{E \cdot J \cdot 38400}{\Delta p_g \cdot a_x}}$ [mm] (długość pręta zginanego).

Tak więc sztywność ścianki trzonu gumy strzykowej ma tak samo istotne znaczenie dla masażu strzyków jak jej naprężenie (naciąg); szczególnie dla gum wielokątnych, a pojawienie się gum o trójkątnym kształcie trzonu stawia nowe problemy badawcze wymagające nowych metodyk i być może zweryfikowania kryteriów oceny gum strzykowych.

Bibliografia

- Boast D., Hale M., Turner D., Hillerton E., Middleton N., Ohnstad I.** 2004. Variation in the rubber chemistry and dynamic mechanical properties as liners age. *Bulletin of the IDF*, 388. s. 65-74.
- Gedymin M.** 2005. Wpływ zmiany kształtu trzonu gumy strzykowej z okrągłego na kwadratowy na jej oddziaływanie na strzyk. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowa: Problemy Intensyfikacji Produkcji Zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. IBMER Warszawa. s.133-136.
- Gedymin M.** 2006. Wpływ zmiany kształtu trzonu gumy strzykowej z okrągłego na trójkątny na jej oddziaływanie na strzyk. XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa: Problemy Intensyfikacji Produkcji Zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. IBMER Warszawa, s.123-129.
- Nieźgodziński M., Nieźgodziński T.** 1973. *Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe*. PWN Warszawa, wydanie II.
- Szlachta J.; Wiercioch M.** 1993 Naciski masujące oraz powierzchnia otwarcia zmodyfikowanych gum strzykowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 1. s.65-73.
- Williams D.M. Mein G.A.** 1981. Effects of pulsation and pulsation failure on the bovine teat canal. *Proc. Intl. Workshop of Machine Milking and Mastitis, Moorepark Ireland; IDF Brussels Belgium*. s. 73-81.

NEW SOLUTIONS CONCERNING THE CONSTRUCTION OF TEAT GUMS

Abstract. Changes in the dimensions under the influence of tension, as well as leaktightness (closure) of new types of teat gums with a square or triangular stem section, and with a circular stem section with stiffening rings, were compared. The purposefulness and the expected benefits resulting from the introduced constructional changes (also in relation to other types of teat gums described in the latest literature (Internet)) were analyzed. The multidirectional way of closing certain new types of teat gums needs the development of new methodology of massage pressure estimation. A new formula was proposed so as to calculate theoretically these pressures as a sum of pressure forces from the curved wall of the teat gum and from its unbounded section under the teat.

Key words: polygonal stem of the teat gum, teat massage, laboratory assessment of teat massage quality

Adres do korespondencji:

Michał Gedymin; mgedymin@ibmer.waw.pl
Instytut Budownictwa, Melioracji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, Oddział Poznań
ul. Biskupińska 67
60-463 Poznań