

Andrzej Małkiewicz

*Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Pomorskie Centrum Badań w Gdańsku*

Stanisław Stężala

*Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Pomorskie Centrum Badań w Gdańsku*

Instytut Inżynierii Rolniczej

Akademia Rolnicza w Szczecinie

WPŁYW RODZAJU I WILGOTNOŚCI PASZY NA ENERGOCHŁONNOŚĆ PRACY PRZENOŚNIKA LINOWO-KRAŻKOWEGO

Streszczenie

Podczas badań pasze transportowano doświadczalnym przenośnikiem linowo-krażkowym o napędzie ciernym, zbudowanym z typowych elementów stosowanych w seryjnie produkowanych przenośnikach. W trakcie pracy przenośnika wyznaczano zużycie energii przypadające na 1 kg przetransportowanej paszy. Uzyskano wyniki wskazujące na to, że zużycie energii związane z transportem pasz sypkich jest niższe niż w przypadku pasz granulowanych. Zużycie energii może być różne, w zależności od zawartości wilgoci. Przemieszczając użytym do badań przenośnikiem linowo-krażkowym pasze sypkie lub granulowane, przy zachowaniu ich optymalnych wilgotności i parametrów transportu, zużywa się o około 15% mniej energii w przypadku paszy sypkiej niż granulowanej.

Słowa kluczowe: przenośnik linowo-krażkowy, energochłonność, wilgotność, pasza sypka, pasza granulowana

Wstęp

Współczesne rolnictwo wymaga coraz większego nasycenia środkami transportu zewnętrznego i wewnątrz gospodarstwa. Dotyczy to zarówno produkcji roślinnej jak i zwierzęcej, gdzie stosowane są stacjonarne oraz mobilne środki transportu. Między innymi w produkcji zwierzęcej znajdują szerokie zastosowanie różnego typu przenośniki stacjonarne. W większości specjalistycznych gospodarstw hodowlanych proces przygotowania i zadawania pasz jest całkowicie zmechanizowany. Urządzenia linowo-krażkowe, które należą do zgarniakowych przenośników rurowych, często stosowane są w systemach wewnątrzzakładowego transportu materiałów sypkich. Stanowią wyposażenie

ferm drobiarskich oraz obiektów do chowu trzody chlewnej na odcinku od urządzeń przygotowujących paszę do punktów ich zadawania [Myczek 1992]. Prowadzone były próby zastosowania przenośników linowo-krażkowych w stacjonarnych liniach paszowych przeznaczonych do mechanizacji zadawania pasz dla owiec i bydła [Jugowar 1992].

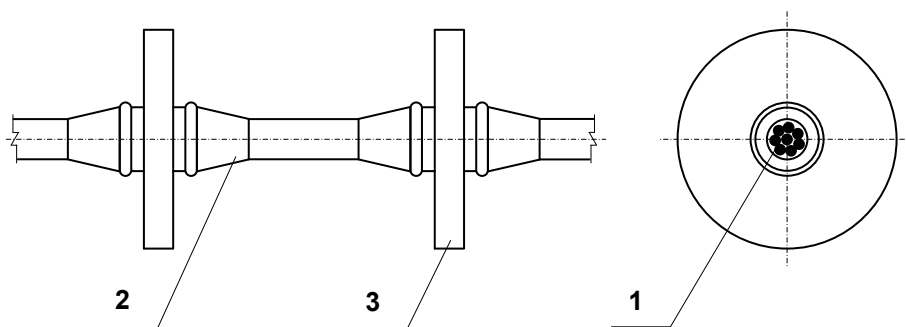
Ważnym kryterium w użytkowaniu tego typu konstrukcji jest poziom zużycia energii podczas pracy. Zużycie energii elektrycznej w trakcie użytkowania przenośników linowo-krażkowych zależy od takich czynników jak: długość i średnica rurociągów transportowych, średnica i podziałka osadzenia krażków cięgien linowo-krażkowych [Krasik, Sidorenko 1973], rodzaj napędu (zaczepowy lub cierny), ilość zmian kierunku transportu, rodzaj pasz i stopień ich zawilgocenia, stopień napełnienia przenośnika i prędkość przesuwu cięgna linowo-krażkowego [Borisow i in. 1973]. Znając zależności wpływu tych czynników na zużycie energii, można dokonywać obliczeń i ustalić punkt, przy którym występuje najniższe zużycie energii w odniesieniu do umownej ilości transportowanej paszy (np. 1 kg).

Uzyskane podczas badań wyniki powinny poszerzyć wiedzę na temat transportu pasz systemem linowo-krażkowym i mogą być wykorzystane do ustalenia optymalnych parametrów użytkowania przenośników.

Celem pracy było empiryczne wyznaczenie zależności pomiędzy zużyciem energii występującym podczas transportu przenośnikiem linowo-krażkowym a rodzajem i stopniem wilgotności paszy.

Założenia badawcze

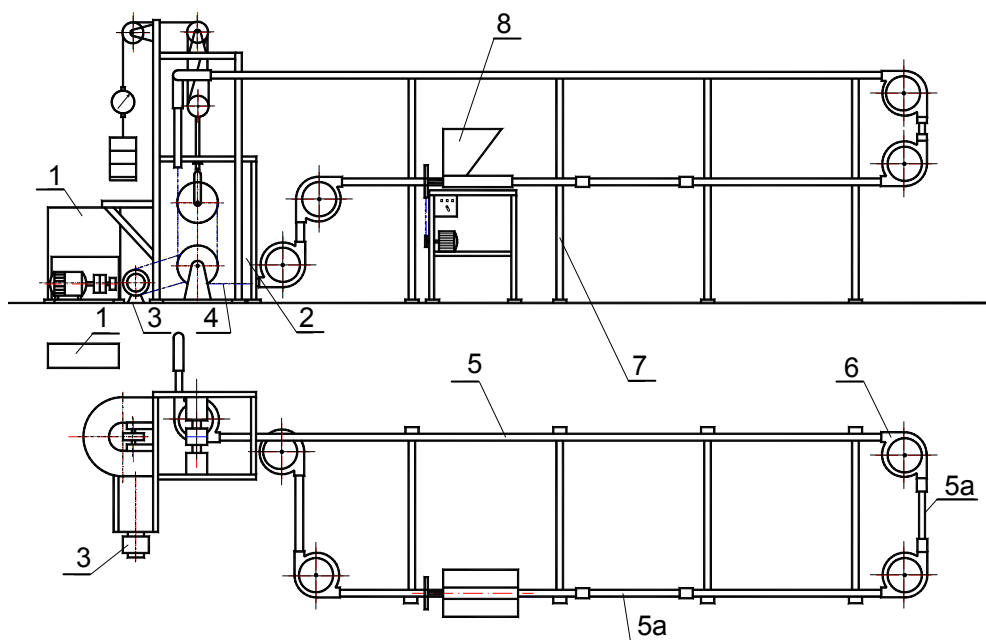
Badania realizowano przy zastosowaniu przenośnika linowo-krażkowego o średnicy wewnętrznej rur transportowych 46 mm, średnicy krażków 38 mm, podziałce cięgna linowo-krażkowego 50 mm i średnicy stalowej liny cięgna 6 mm oraz kształcie poliamidowych krażków jak na rysunku 1. Przyjęto również wydajność przenośnika $Q = 1000-1200$ kg paszy·h⁻¹.



Rys. 1. Szkic fragmentu cięgna linowo-krażkowego: 1- lina, 2- otulina PCW, 3- krażek
Fig. 1. Draft of the rope-wheel strand element: 1- rope, 2- PVC covering, 3- disc

Stanowisko badawcze

Uwzględniając ogólne wymagania dotyczące struktury i funkcji stanowisk badawczych [Leszek 1997], skonstruowano i wykonano stanowisko badawcze, wyposażone w silnik hydrauliczny umożliwiającą płynną zmianę obrotów koła napędowego przenośnika linowo-krążkowego o długości ciągną $L = 28,88$ m. Średnica wewnętrzna rury, średnica krążków, podziałka ciągną linowo-krążkowego i średnica liny ciągną były zgodne z założeniami. Schemat kinematyczny przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Stanowisko badawcze – przenośnik linowo-krążkowy: 1- hydrauliczny agregat napędowy, 2- konstrukcja wsporcza zespołu napędowego, 3- zespół napędowy z naciągiem, 4- ciągną linowo-krążkowe, 5- rury transportujące paszę, 5a-od-cinki rur z przezroczystego metaplexu, 6- koła kierunkowe, 7- konstrukcja wsporcza rur transportujących paszę, 8- dozownik ślimakowy z napędem i zbiornikiem paszy). Źródło: projekt własny autorów

Fig. 2. Testing stand – rope-wheel conveyor: 1– hydraulic driving unit, 2– bearing of the driving unit, 3– driving unit with a pull, 4– rope-wheel strand, 5– pipes transporting the feed, 5a– pipe sections of transparent metaplex, 6– directional wheels, 7– bearing construction of pipes transporting the feed, 8– worm feeder with drive and feed container. Source: author's own design

Przenośnik zasilany był w paszę z dozownika ślimakowego, umożliwiającego płynną zmianę jej ilości zadawanej do przewodu paszowego. Długość odcinka roboczego przenośnika była stała (odległość od punktu zasypywania do punktu opróżniania) i wynosiła 17,77 m [Małkiewicz 2001]. Materiały zastosowane w badaniach to:

- pasza sypka SUPERFINISZ (mieszanka pełnoporcjowa) przeznaczona dla tuczników od 70 kg wagi do końca tuczu; wilgotność handlowa paszy wynosiła 11%, a jej gęstość w stanie usypowym $546 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- pasza granulowana SUPERFINISZ (mieszanka pełnoporcjowa) przeznaczona dla tuczników od 70 kg wagi do końca tuczu; wilgotność handlowa paszy wynosiła 12%, a jej gęstość w stanie usypowym $599 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Realizacja badań

Za podstawowe kryterium oceny energetycznej badanego przenośnika linowo-krażkowego przyjęto wskaźnik zużycia energii (E_e). Badania rozpoczęto od wyznaczenia parametrów transportu, tj.: prędkości przesuwu cięgna i stopnia napełnienia, przy najniższym wskaźniku zużycia energii (E_e) w czasie przemieszczania, dla obu rodzajów pasz o zawartości wilgoci: 11% - pasza sypka i 12% - pasza granulowana (zawartość wilgoci w workowanej przez producentów paszy). Wydajność przenośnika $Q = 1000\text{-}1200 \text{ kg paszy} \cdot \text{h}^{-1}$. W kolejnym etapie wykorzystując uzyskane doświadczalnie dane, a więc: optymalną prędkość przesuwu cięgna i stopień napełnienia, dokonywano zmiany od 9% do 15% zawartości wilgoci w badanych paszach i wyznaczano poziom wskaźnika zużycia energii.

Moc (P) potrzebną do przemieszczania cięgna linowo-krażkowego wewnątrz rury transportowej wyznaczano dla wszystkich przyjętych prędkości i dla różnych stopni napełnienia przewodu wg równania [Moszyński 1954]:

$$P = \frac{M \cdot n}{0,9735} \text{ W} \quad (1)$$

gdzie:

M - moment obrotowy pomierzony na kole napędowym, Nm,
 n - liczba obrotów koła napędowego, min^{-1} .

Do pomiaru momentu obrotowego stosowano momentomierz-czujnik Mi20 oraz miernik ALFA1000, współpracujący z komputerem klasy IBM PC rejestrującym wartości dla różnych prędkości obrotowych z częstotliwością 1 Hz.

Stopień napełnienia przewodu paszowego (ψ) wyznaczano jako stosunek objętości roboczego odcinka przewodu zajętego przez transportowaną paszę (V_p), do całkowitej czynnej objętości tego odcinka (V_t):

$$\psi = \frac{V_p}{V_t} \quad (2)$$

gdzie:

$$V_p = V_o - V_c \quad (3)$$

gdzie:

V_o - objętość roboczego odcinka przewodu paszowego przenośnika, dm^3 ,
 V_c - objętość ciągną linowo-krażkowego, dm^3 .

Przy stałej gęstości (γ) badanej paszy

$$\psi = \frac{G_p}{G_t} \quad (4)$$

gdzie:

G_p - masa paszy znajdującej się w roboczym odcinku przewodu, kg,

G_t - masa paszy wypełniającej całkowicie roboczy odcinek przewodu, kg,

stopień napełnienia (ψ) ustalano przez zmianę prędkości obrotowej ślimaka dozownika ślimakowego [Dietrych i in. 1973], co powodowało zasypywanie różnej ilości badanej paszy do rury paszowej przenośnika linowo-krażkowego.

Wydajność (Q) przenośnika linowo-krażkowego wyznaczano dla każdej prędkości przesuwu ciągną linowo-krażkowego (v), przy różnych stopniach napełnienia (ψ), na podstawie wyników ważenia paszy odbieranej w punkcie wysypu.

$$Q = \frac{3600 \cdot q}{\tau} \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (5)$$

gdzie:

q - ilość paszy przetransportowanej w czasie τ ,

τ - czas transportowania paszy (120 s).

Jako wskaźnik zużycia energii (E_e) przyjęto ilość energii elektrycznej zużytej na przetransportowanie 1 kg paszy:

$$E_e = \frac{P}{Q} \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (6)$$

gdzie:

P - moc, W,

Q - wydajność przenośnika, $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$.

Wilgotność pasz wyznaczano zgodnie z PN-ISO 6496:2002 następująco:

- przeprowadzano dwa oznaczenia próbek analitycznych pobranych z próbki do badań,
- naczynka wagowe suszono w suszarce przez 30 min. w temperaturze 103°C , po czym studzono w eksykatorze,
- naczynka wagowe ważono wraz z pokrywkami na wadze analitycznej z niepewnością $0,1 \text{ mg}$,
- do naczynek wagowych odważano po 5 g paszy (paszę granulowaną należało wcześniej rozdrobnić) i równomiernie rozmieszczano,

- odważone próbki suszono przez 4 godz. od chwili, gdy temperatura osiągnęła 103°C,
- po określonym czasie suszenia nakładano pokrywki na naczynka, schładzano do temperatury otoczenia w eksykatorze i powtórnie ważono na tej samej wadze,
- wilgotność dla obu próbek obliczano wg wzoru

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \quad (7)$$

gdzie:

m_1 - masa paszy przed suszeniem, g,
 m_2 - masa paszy po suszeniu, g,

- z dwóch pomiarów obliczano średnią arytmetyczną i przyjmowano jako wynik (pod warunkiem, że bezwzględna różnica pomiędzy wartościami tych pomiarów nie przekraczała 0,2%),
- pomiarów wilgotności paszy dokonywano zarówno przed, jak i po badaniach stanowiskowych.

Do badań wilgotności paszy wykorzystano suszarkę uniwersalną SUP 4M oraz wagę analityczną WA 33.

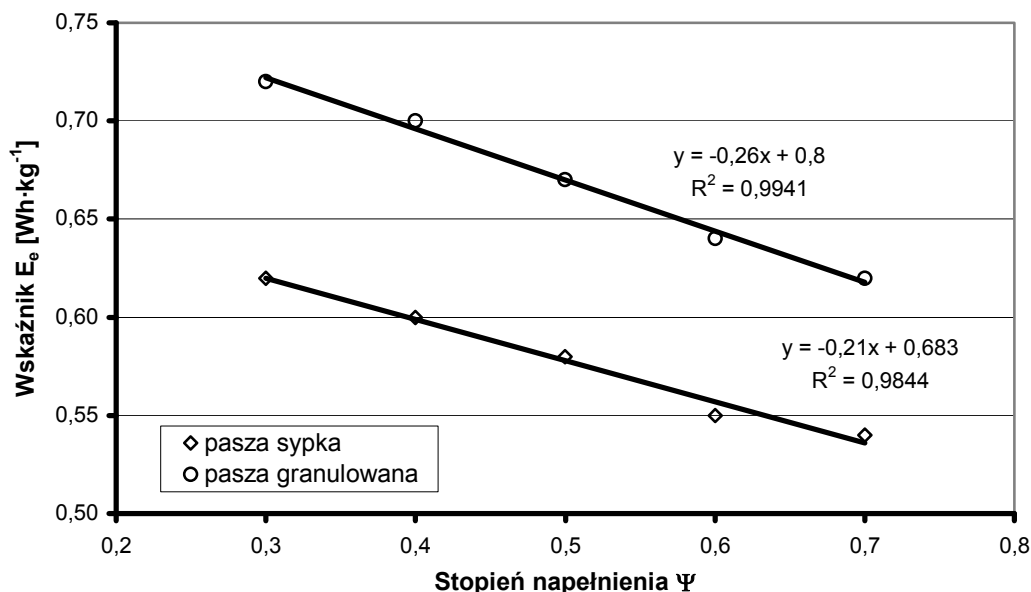
Pasze dostarczane przez producenta pasz mają swoją określoną wilgotność (sypka ok. 11%, a granulowana ok. 12%). Wilgotność ta gwarantuje dobre przechowywanie paszy workowanej lub luzem od momentu wyprodukowania do sprzedaży, ponieważ nie ulega ona zbrylaniu ani też zmianom mikrobiologicznym [Horabik, Molenda 2003; Małkiewicz, Stężala 2004].

Inne parametry wilgotności uzyskano przez nawilżanie lub suszenie pasz w specjalnej komorze w temperaturze ok. 40°C suszarką SEL 13N.

Wyniki badań

Uzyskane w trakcie badań wyniki zilustrowano na wykresach (rys. 3-5). Wskazują one, że występują wyraźne różnice dla wskaźnika E_e , w zależności od rodzaju transportowanej paszy, jak i jej wilgotności.

Przy optymalnej dla każdego rodzaju paszy prędkości przesuwu cięgna $v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i stopniu napełnienia przewodu paszowego $\Psi = 0,7$, umożliwiającą uzyskanie wydajności przenośnika $Q = 1000\text{-}1200 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ w całym, wspólnym dla obu pasz zakresie stosowanego stopnia zawartości wilgoci od $W = 10\text{-}14\%$, wskaźnik zużycia energii E_e , wyrażany w $\text{Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ paszy, przy wilgotności $W = 10\%$ jest o 40% wyższy dla paszy granulowanej w porównaniu z paszą sypką.



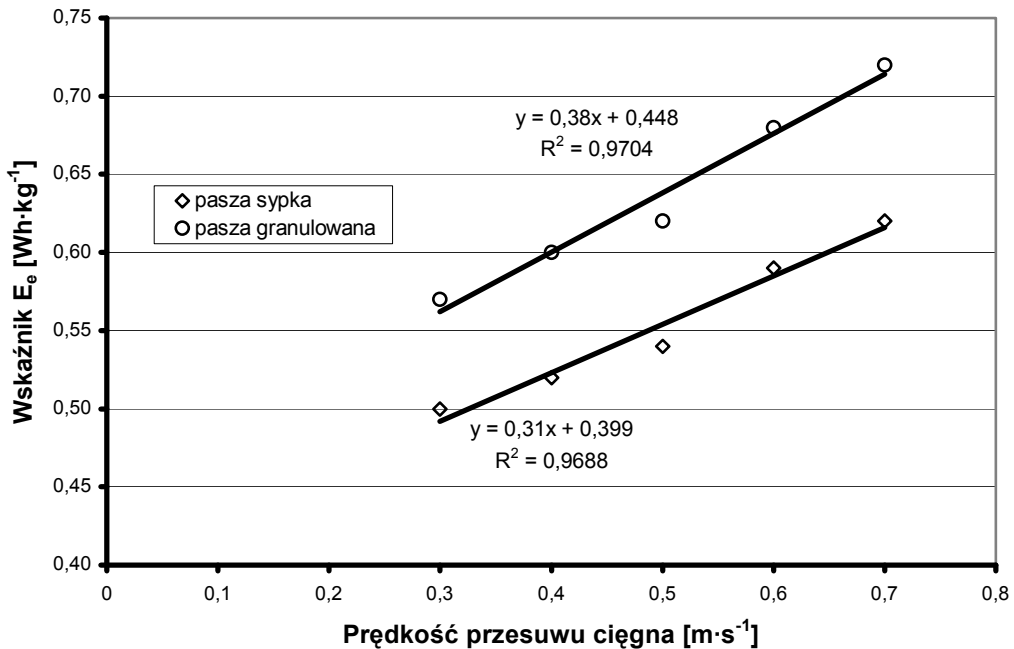
Rys. 3. Zmiany wskaźnika zużycia energii jako funkcja stopnia napełnienia przenośnika przy transporcie paszy sypkiej o wilgotności $W = 11\%$ oraz granulowanej o wilgotności $W = 12\%$ za pomocą ciągnika linowo-krążkowego o ustalonej prędkości przesuwu $v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 3. Changes of energy consumption index as a function of conveyor filling degree at transporting loose feed of moisture content $w = 11\%$, and granulated feed of moisture content $w = 12\%$, by means of rope-wheel strand of steady traveling velocity $v = 0.5 \text{ m/s}$

W zakresie wilgotności $W = 11,7\%-12,5\%$ wskaźniki E_e są dla obu rodzajów pasz porównywalne, po czym przy wilgotności $W = 14\%$ wartości obu wskaźników wzrastają, przy czym zużycie jednostkowe energii dla paszy sypkiej jest około 20% niższe niż dla paszy granulowanej (rys. 5).

Najniższy, optymalny ze względu na zużycie energii, wskaźnik E_e wynosi dla paszy sypkiej $0,54 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ i występuje przy wilgotności $W = 11\%$. Natomiast podobny wskaźnik E_e dla paszy granulowanej występuje przy wilgotności $W = 12\%$ i wynosi $0,62 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ paszy.

Wynika stąd, że przemieszczając stosowanym w badaniach przenośnikiem linowo-krążkowym paszę sypką, przy zachowaniu optymalnych parametrów transportu ($v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $\Psi = 0,7$) i wilgotności paszy ($W = 11\%$), zużywa się o około 15% energii mniej, niż w przypadku paszy granulowanej, transportowanej w podobnych, optymalnych warunkach.



Rys. 4. Zmiany wskaźnika zużycia energii jako funkcja prędkości przesuwu cięgna przy transporcie paszy sypkiej o wilgotności $W = 11\%$ oraz granulowanej o wilgotności $W = 12\%$ za pomocą cięgna linowo-krażkowego o ustalonym stopniu napełnienia przewodu paszowego $\psi = 0,7$

Fig. 4. Changes of energy consumption index as a function of strand travelling velocity at transport of loose feed of moisture content $w = 11\%$, and granulated feed of moisture content $w = 12\%$, by the use of rope-wheel strand of steady filling degree of feed transporting duct $\psi = 0.7$

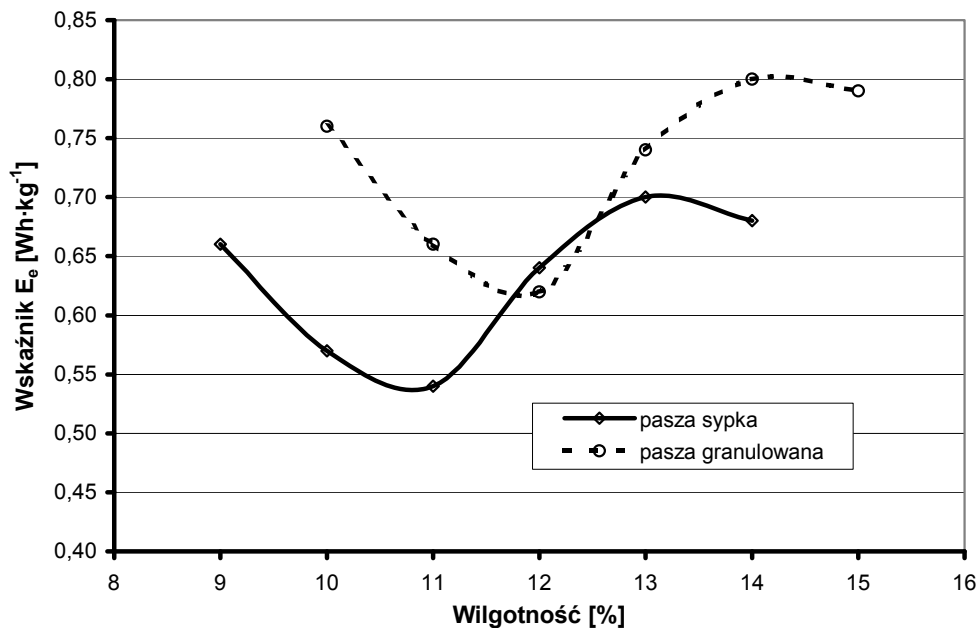
Wnioski i stwierdzenia

Jedną ze składowych bilansu energochłonności pracy przenośników linowo-krażkowych jest rodzaj paszy (sypka, granulowana).

Badania wykazały, że zużycie energii związane z transportem pasz sypkich jest niższe niż w przypadku pasz granulowanych.

Optymalna wartość wilgotności względnej pasz, tj. taka, przy której występuje najniższy wskaźnik zużycia energii podczas jej transportu w porównywalnych warunkach wynosi: 11% dla pasz sypkich i 12% dla pasz granulowanych.

Przemieszczając użytym do badań przenośnikiem linowo-krażkowym pasze sypkie lub granulowane, przy zachowaniu ich optymalnych wilgotności i parametrów transportu, zużywa się o około 15% mniej energii w przypadku paszy sypkiej niż granulowanej.



Rys. 5. Zmiany jednostkowego wskaźnika zużycia energii jako funkcja wilgotności przy transporcie paszy sypkiej i granulowanej za pomocą cięgna linowo-krążkowego dla stopnia napełnienia $\psi = 0,7$ i prędkości przesuwu cięgna $v = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 5. Changes of specific energy consumption index as a function of loose and granulated feed moisture content, transported by rope-wheel strand at filling degree $\psi = 0.7$ and strand traveling velocity $v = 0.5 \text{ m/s}$

Bibliografia

Borisow W., Załygin A., Czerewatienko W. 1973. K obosnowaniju optimalnogo szaga raboczego organa szajbowego transportera. Issledowanije i konstruowanije maszin dla żiwotnowodstwa. WISCHOM, ss. 71-76

Dietrych J., Korewa W., Kornberger Z., Zygmunt K. 1973. Podstawy konstrukcji maszyn. Część III. WN-T Warszawa

Horabik J., Molenda M. 2003. Makro- i mikroskopowe modele materiałów sypkich. Acta Agrophysica, 93: 17-31

Jugowar L. 1992. Technika komputerowa w żywieniu krów w oborach bezuwięziowych. Materiały na konferencję nt. Nowe techniki w produkcji zwierzęcej. Warszawa, ss. 10-14

Krasik M., Sidorenko W. 1973. Niekatoryje rezultaty issledowanija trubczatogo transportera s troso-szajbowym raboczym organom. Issledowanije i konstruowanije maszin dla żiwotnowodstwa. WISCHOM, ss. 77-83

Leszek W. 1997. Badania empiryczne. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom

Małkiewicz A. 2001. Wpływ stopnia napełnienia na energochłonność zadawania pasz przenośnikiem linowo-krążkowym. VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. Warszawa, ss. 156-160

Małkiewicz A. Stężala S. 2004. Wpływ wilgotności pasz sypkich na energochłonność ich zadawania przenośnikiem linowo-krążkowym. X Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. Warszawa, ss. 237-241

Moszyński W. 1954. Wykład elementów maszyn. Część III - napędy. PWT, Warszawa

Myczko A. 1992. Nowe technologie w żywieniu i utrzymaniu trzody chlewnej. Materiały na konferencję nt. Nowe techniki w produkcji zwierzęcej. Warszawa, ss. 20-32

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2006,
jako projekt badawczy.*