

*Andrzej Małkiewicz
Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Oddział w Gdańsku
Stanisław Stężała
Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Oddział w Gdańsku
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza w Szczecinie*

WPLÝW STOPNIA NAPEŁNIENIA I PRĘDKOŚCI PRZESUWU CIĘGNA NA ENERGOCHŁONNOŚĆ ZADAWANIA PASZ PRZENOŚNIKIEM LINOWO-KRAŻKOWYM

Streszczenie

Badane zależności wyznaczono dla pasz sypkich i granulowanych, dla dwóch różnych podziałek osadzenia krążków, tj. 50 mm i 100 mm. Zarówno w przypadku pasz granulowanych jak i sypkich zwiększenie podziałki z 50 mm do 100 mm powoduje niewielki wzrost zużycia energii na 1 kg transportowanej paszy - w odniesieniu do tych samych prędkości przesuwu ciągu i stopnia napełnienia maksymalnie 4-8,8% dla pasz sypkich i 5,4-8,8% dla pasz granulowanych. Większy wpływ na wzrost wskaźnika jednostkowego zużycia energii ma prędkość przesuwu ciągu linowo-krążkowego - przy tym samym stopniu napełnienia maksymalnie dla pasz sypkich 24% przy podziałce 50 mm i 26,9% przy podziałce 100 mm oraz 26,3% przy podziałce 50 mm i 24,2% przy podziałce 100 mm dla pasz granulowanych. Wynika stąd, że dla tych samych przenośników, przy stałej wilgotności pasz, wynoszącej 11% dla pasz sypkich i 12% dla pasz granulowanych (wilgotność nabywanych przez rolników pasz), zużycie energii niezbędnej do przetransportowania 1 kg paszy maleje ze wzrostem stopnia napełnienia i rośnie ze wzrostem prędkości przesuwu ciągu linowo-krążkowego.

Słowa kluczowe: przenośnik linowo-krążkowy, pasze sypkie, pasze granulowane, ciągnio przenośnika, stopień napełnienia, prędkość przesuwu

Wstęp

W produkcji żywca wieprzowego największym składnikiem kosztów jest koszt paszy, szacowany wg różnych źródeł na 60-80% całości nakładów. Racjonalne żywienie trzody chlewnej polega m. in. na przygotowaniu odpo-

wiednich jakościowo i ilościowo pasz, a także na odpowiednim ich zadaniu do koryt bez zbędnych strat i przy niskim zużyciu energii elektrycznej. Takim kryteriom odpowiada przenośnik linowo-krążkowy, którym często transportuje się pasze sypkie lub granulowane od stanowisk przygotowania pasz do ich zasypywania do koryt.

Takie czynniki, jak: długość i średnica rur transportowych, wilgotność pasz, średnica i podziałka krążków cięgien linowo-krążkowych [Krasik, Sidorenko 1973], rodzaj napędu (zaczepowy lub cierny), rodzaj pasz, stopień napełnienia przenośnika i prędkość przesuwu cięgna linowo-krążkowego), wpływają w bardziej lub mniej znaczący sposób na zużycie energii elektrycznej [Borisow i in. 1973]. Znając zależności pomiędzy ww. czynnikami a zużyciem energii, można wyznaczyć optymalne parametry, przy których występuje najniższe zużycie energii w odniesieniu do umownej ilości transportowanej paszy (np. 1 kg).

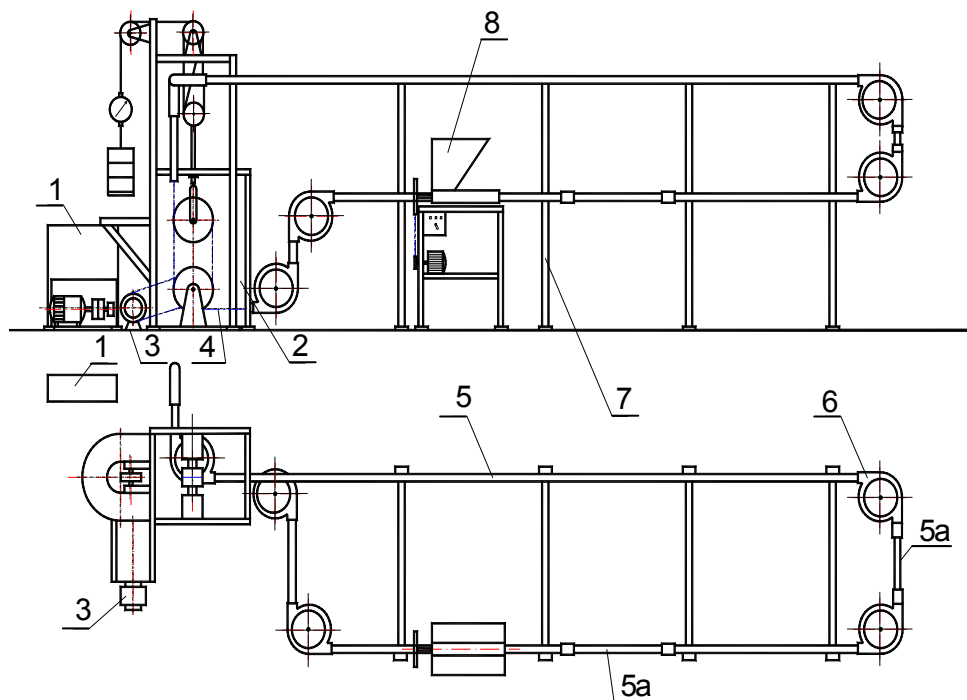
Celem pracy jest wyznaczenie zależności pomiędzy rodzajami pasz (granulowana, sypka) a zużyciem energii niezbędnej do ich transportu, przy różnym stopniu napełnienia przenośnika linowo-krążkowego i różnej prędkości przesuwu cięgna roboczego oraz stałych pozostałych parametrach, tj. długości roboczej i średnicy wewnętrznej rury przenośnika, zmian kierunku transportu (liczby kierownic), długości cięgna linowo-krążkowego, jego podziałki oraz rodzaju i średnicy krążków.

Uzyskane wyniki poszerzą wiedzę na temat transportu pasz systemem linowo-krążkowym i mogą być wykorzystane do optymalizacji parametrów użytkowania przenośników.

Metodyka badań

Badania zmierzające do osiągnięcia postawionego celu wykonywano zgodnie z przyjętą i przedstawioną poniżej metodyką. Skonstruowano i wykonano stanowisko badawcze o napędzie ciernym (rys. 1), wyposażone w silnik hydrauliczny umożliwiający płynną zmianę obrotów koła napędowego przenośnika linowo-krążkowego o długości cięgna linowo-krążkowego $L = 29,45$ m. Średnica wewnętrzna rury wynosiła 46 mm, a średnica krążków 38 mm, podziałki cięgna linowo-krążkowego 50 mm i 100 mm, średnica liny cięgna wynosiła 6 mm.

Przenośnik zasilany był w paszę z dozownika ślimakowego, umożliwiającego płynną zmianę jej ilości zadawanej do przewodu paszowego. Długość odcinka roboczego przenośnika (odległość od punktu zasypywania do punktu opróżniania) wynosiła 17,77 m [Małkiewicz 2001; Małkiewicz, Wojdak 2001].



Rys. 1. Stanowisko badawcze: 1- hydrauliczny agregat napędowy, 2- konstrukcja wsporcza zespołu napędowego, 3- zespół napędowy z naciąganiem, 4- ciągnio liniowo-krążkowe, 5- rury transportujące paszę, 5a- odcinki rur z przezroczystego metaplexu, 6- koła kierunkowe, 7- konstrukcja wsporcza rur transportujących paszę, 8- dozownik ślimaczy z napędem i zbiornikiem paszy)

Fig. 1. Testing stand. 1– hydraulic driving unit, 2– structure supporting the driving unit, 3– driving unit with tensioning device, 4– cable-disc line, 5– pipes for feed transport, 5a– pipe section of transparent plastic (metaplex), 6– directional wheels, 7– construction supporting the pipes for feed transport, 8– worm batcher with drive and feed container

Wilgotność paszy granulowanej $W_g = 12\%$ jest wilgotnością podstawową, którą ma pasza z wytwórni, natomiast dla paszy sypkiej wilgotność ta wynosi $W_s = 11\%$ (tab. 1) [Małkiewicz, Stężala 2004].

Tabela 1. Parametry paszy sypkiej i granulowanej użytej do badań
Table 1. Parameters of loose and granulated feeds used for tests

Rodzaj paszy	Wilgotność paszy (%)	Gęstość w stanie usypowym
Sypka	$W_s = 11\%$	$\gamma_s = 546 \text{ kg/m}^3$
Granulowana	$W_g = 12\%$	$\gamma_g = 599 \text{ kg/m}^3$

Zadawania pasz dokonano w 5 replikacjach po 2 min dla każdej kombinacji czynników. Próbkę ważono przy użyciu wagi osobowej z dokładnością do 100 g (przy masie próbki w granicach 10,5–13,5 kg).

Moc (P) potrzebną do przemieszczania ciągną linowo-krażkowego wewnątrz rury transportowej wyznaczano dla wszystkich przyjętych prędkości i dla różnych stopni napełnienia przewodu, wg równania [Małkiewicz, Stężala 2002]:

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

gdzie:

M – moment obrotowy pomierzony na kole napędowym, Nm,

n – liczba obrotów koła napędowego, 1/min.

Zestaw pomiarowy, umożliwiający bezpośredni pomiar i rejestrację momentu obrotowego i prędkości obrotowej na wale napędowym stanowiska badawczego, składał się z momentomierza-czujnika Mi20 i miernika ALFA1000, który współpracując z momentomierzem indukcyjnym i komputerem klasy IBM PC może pracować jako miernik lub rejestrator.

Liczbę obrotów mierzono przy pomocy tachometru DT-2236. Prędkość przesuwu ciągną roboczego zmieniano co 0,1 m/s w granicach 0,3-0,7 m/s. Stopień napełnienia przewodu paszowego (α) zmieniano co 0,1 od 0,3 do 0,7 dla każdej prędkości przesuwu ciągną.

Do badań zastosowano dwa ciągną linowo-krażkowe o równej długości, różniące się podziałką osadzenia krażków: 50 i 100 mm.

Jako stopień napełnienia przewodu paszowego (α) przyjęto stosunek objętości roboczego odcinka przewodu zajętego przez transportowaną paszę (V_p) do całkowitej czynnej objętości tego odcinka (V_t):

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

gdzie:

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

gdzie:

V_o – objętość roboczego odcinka przewodu paszowego przenośnika,

V_c – objętość ciągną linowo-krażkowego.

Przy stałej gęstości (γ) badanej paszy

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

gdzie:

G_p – masa paszy znajdującej się w roboczym odcinku przewodu,

G_t – masa paszy wypełniającej całkowicie roboczy odcinek przewodu.

Stopień napełnienia (α) ustalano przez regulację szybkości zadawania paszy dozownikiem ślimakowym do rury przenośnika linowo-krażkowego.

Wydajność (Q) przenośnika linowo-krażkowego wyznaczano dla każdej prędkości przesuwu cięgna linowo-krażkowego (v) przy różnym stopniu napełnienia (α) na podstawie wyników pomiarów ilości paszy transportowanej przez 120 s (q) odbieranej w punkcie odbioru.

$$Q = \frac{3600 \cdot q}{\tau}, \text{ kg/h} \quad (5)$$

gdzie:

q – ilość paszy przetransportowanej w czasie τ ,

τ – 120 s.

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

$$E_e = \frac{P}{Q}, \text{ Wh/kg} \quad (6)$$

gdzie:

P – energia zużyta na przetransportowanie paszy,

Q – liczba kilogramów przetransportowanej paszy.

Wskaźnik (E_e) jest podstawowym kryterium oceny efektywności energetycznej badanego przenośnika linowo-krażkowego.

Wyniki i ich omówienie

Analizując zbiór wyników uzyskanych przy różnym stopniu napełnienia (α) przewodu paszowego i różnej prędkości (v) przesuwu cięgna linowo-krażkowego można wnioskować, że w przypadku wyznaczania zależności $E_e = f(v)$ przy $\alpha = \text{const}$ dla różnych wartości α od $\alpha = 0,3$ do $\alpha = 0,7$, wartość wskaźnika jednostkowego zużycia energii rośnie liniowo zgodnie z równaniem $y = ax + b$, wraz ze wzrostem prędkości przesuwu cięgna. Dotyczy to zarówno pasz sypkich, jak i granulowanych (tab. 2 i 3, rys. 2). W przypadku wyznaczenia zależności $E_e = f(\alpha)$ przy $v = \text{const}$ dla różnych wartości v od 3 m/s do 0,7 m/s, wartość współczynnika E_e maleje również liniowo zgodnie z równaniem $y = -ax + b$, wraz ze wzrostem stopnia napełnienia α (rys. 3). Równania regresji oddają poprawnie charakter tych zależności. Najniższy współczynnik determinacji wyznaczonych równań przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ wynosi $R^2 = 0,9411$, a najwyższy $R^2 = 0,9974$.

Tabela 2. Zestawienie wyników badań energochłonności transportu pasz sypkich przy zmiennym stopniu napełnienia przenośnika i stałej prędkości przesuwu ciągła
 Table 2. Results of testing the energy consumption by loose feed transport at variable filling degree of the conveyor and constant line shifting velocity

Rodzaj i wilgotność paszy	Podziałka $t_1 = 50$ mm					Podziałka $t_2 = 100$ mm				
	prędkość przesuwu ciągła v (m/s)	stopień napełnienia α	moc P (W)	wydajność Q (kg/h)	wskaźnik zużycia energii E_e (Wh/kg)	prędkość przesuwu ciągła v (m/s)	stopień napełnienia α	moc P (W)	wydajność Q (kg/h)	wskaźnik zużycia energii E_e (Wh/kg)
Pasza sypka o wilgotności $W_s = 11\%$	0,3	0,3	151	267	0,57	0,3	0,3	165	275	0,60
		0,4	194	356	0,54		0,4	212	366	0,58
		0,5	237	445	0,53		0,5	259	458	0,56
		0,6	270	534	0,51		0,6	295	550	0,54
		0,7	308	623	0,50		0,7	336	641	0,52
	0,4	0,3	215	356	0,60	0,4	0,3	234	366	0,64
		0,4	282	475	0,59		0,4	305	488	0,62
		0,5	338	593	0,57		0,5	369	611	0,60
		0,6	383	712	0,54		0,6	418	733	0,57
		0,7	431	830	0,52		0,7	470	855	0,55
	0,5	0,3	278	445	0,62	0,5	0,3	303	458	0,66
		0,4	357	593	0,60		0,4	390	611	0,64
		0,5	429	741	0,58		0,5	468	764	0,61
		0,6	493	890	0,55		0,6	538	916	0,59
		0,7	556	1038	0,54		0,7	607	1069	0,57
	0,6	0,3	350	534	0,66	0,6	0,3	382	550	0,70
		0,4	456	712	0,64		0,4	502	733	0,69
		0,5	565	890	0,63		0,5	609	916	0,66
		0,6	657	1068	0,62		0,6	717	1099	0,65
		0,7	734	1246	0,59		0,7	801	1283	0,62
	0,7	0,3	430	623	0,69	0,7	0,3	469	641	0,73
		0,4	559	830	0,67		0,4	610	855	0,71
		0,5	680	1038	0,65		0,5	742	1069	0,69
		0,6	790	1245	0,63		0,6	862	1282	0,67
		0,7	906	1453	0,62		0,7	989	1496	0,66

Ww. zależności wyznaczono dla dwóch różnych rodzajów pasz i dwóch różnych podziałek osadzenia krążków. Zaobserwowano, że zarówno w przypadku pasz granulowanych, jak i sypkich, zwiększenie podziałki osadzenia krążków powoduje niewielki wzrost zużycia energii, przypadającej na 1 kg

transportowanej paszy. Wynosi on w odniesieniu do tych samych prędkości przesuwu ciągła i tego samego stopnia napełnienia maksymalnie 4-8,8% dla pasz sypkich i 5,4-8,8% dla pasz granulowanych.

Znacznie większy wpływ na wzrost wskaźnika jednostkowego zużycia energii (E_e) ma prędkość przesuwu ciągła. Wynosi on przy tych samych stopniach napełnienia $\alpha = \text{const}$ dla pasz sypkich 24% przy podziałce 50 mm i 26,9% przy podziałce 100 mm oraz 26,3% przy podziałce 50 mm i 24,2% przy podziałce 100 mm dla pasz granulowanych. Zależność wskaźnika jednostkowego zużycia energii (E_e) od stopnia napełnienia przewodu paszowego (α) przy różnej, ale stałej dla kolejnych badań, prędkości przesuwu ciągła (v) jest również istotna, lecz znacznie mniejsza niż poprzednia.

Zwiększanie stopnia napełnienia od $\alpha = 0,3$ do $\alpha = 0,7$ dla kolejnych prędkości przesuwu ciągła od $v = 0,3$ m/s do $v = 0,7$ m/s wpływa na obniżenie wskaźnika E_e o około 10% dla prędkości przesuwu ciągła $v = 0,7$ m/s i około 13% dla prędkości przesuwu ciągła $v = 0,3$ m/s, dla obu rodzajów pasz oraz podziałki 50 mm i 100 mm.

Uwzględniając kryteria opracowanego w IBMER Systemu Maszyn Rolniczych, zgodnie z którymi wydajność przenośników pasz sypkich i granulowanych powinna wynosić $Q \geq 1000$ kg/h, praktyczne wykorzystanie uzyskanych wyników ograniczono tylko do takich przypadków, które je spełniają. Na tej podstawie liczbę uzyskanych wyników należy ograniczyć tylko do takich, które spełniają ww. kryterium wydajności. Wynika stąd, że w przypadku badanego typu przenośnika o podziałce osadzenia krążków 50 mm, przy transportowaniu pasz sypkich najniższy jednostkowy wskaźnik zużycia energii $E_e = 0,54$ Wh/kg, osiągnięto dla prędkości przesuwu ciągła $v = 0,5$ m/s i stopnia napełnienia $\alpha = 0,5$, a najwyższy $E_e = 0,65$ Wh/kg dla prędkości $v = 0,7$ m/s i stopnia napełnienia $\alpha = 0,5$.

Podczas transportu tych samych pasz przenośnikiem o podziałce osadzenia krążków równej 100mm i uwzględnieniu wcześniej przyjętych kryteriów wydajności ($Q \geq 1000$ kg paszy/h), uzyskano najniższy jednostkowy wskaźnik zużycia energii $E_e = 0,57$ Wh/kg dla prędkości przesuwu ciągła $v = 0,5$ m/s i stopnia napełnienia przenośnika $\alpha = 0,7$, a najwyższy $E_e = 0,69$ Wh/kg dla prędkości przesuwu ciągła $v = 0,7$ m/s i stopnia napełnienia $\alpha = 0,5$.

W przypadku transportu pasz granulowanych (przy spełnieniu kryteriów Systemu Maszyn Rolniczych), stosując przenośnik z podziałką 50 mm, najniższy wskaźnik jednostkowego zużycia energii $E_e = 0,62$ Wh/kg uzyskano dla prędkości przesuwu ciągła $v = 0,5$ m/s i stopnia napełnienia $\alpha = 0,7$, natomiast najwyższy ($E_e = 0,76$ Wh/kg) osiągnięto przy prędkości przesuwu ciągła $v = 0,7$ m/s i stopniu napełnienia $\alpha = 0,5$. Stosując przenośnik z ciągłym o podziałce osadzenia krążków równej 100 mm i uwzględniając kryteria Sys-

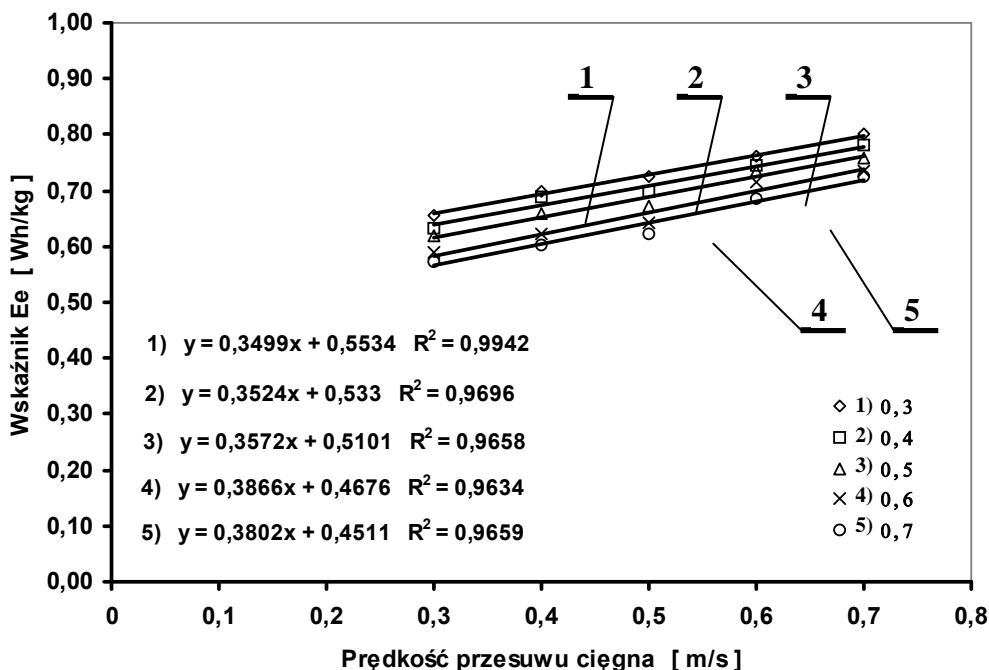
temu Maszyn Rolniczych, najniższy wskaźnik $E_e = 0,66$ Wh/kg paszy osiągnięto przy prędkości przenośnika $v = 0,5$ m/s i stopniu napełnienia $\alpha = 0,7$, natomiast najwyższy $E_e = 0,81$ Wh/kg paszy uzyskano przy prędkości przenośnika $v = 0,5$ m/s i stopniu napełnienia $\alpha = 0,5$ (tab. 3).

Tabela 3. Zestawienie wyników badań energochłonności transportu pasz granulowanych przy zmiennym stopniu napełnienia przenośnika i stałej prędkości przesuwu ciągła

Table 3. Results of testing the energy consumption at transporting of granulated feeds at variable filling degree of the conveyor and constant string shifting velocity

Rodzaj i wilgotność paszy	Podziałka $t_1 = 50$ mm					Podziałka $t_2 = 100$ mm				
	prędkość przesuwu ciągła v [m/s]	stopień napełnienia α	moc P [W]	wydajność Q [kg/h]	wskaźnik zużycia energii E_e [Wh/kg]	prędkość przesuwu ciągła v [m/s]	stopień napełnienia α	moc P [W]	wydajność Q [kg/h]	wskaźnik zużycia energii E_e [Wh/kg]
Pasza granulowana o wilgotności $W_g = 12\%$	0,3	0,3	192	293	0,66	0,3	0,3	214	302	0,71
		0,4	247	391	0,63		0,4	273	402	0,68
		0,5	302	488	0,62		0,5	333	504	0,66
		0,6	345	586	0,59		0,6	384	605	0,63
		0,7	393	684	0,57		0,7	437	703	0,62
	0,4	0,3	274	391	0,70	0,4	0,3	301	406	0,74
		0,4	359	521	0,69		0,4	395	541	0,73
		0,5	430	651	0,66		0,5	470	671	0,70
		0,6	487	782	0,62		0,6	534	808	0,66
		0,7	549	912	0,60		0,7	599	939	0,64
	0,5	0,3	354	488	0,72	0,5	0,3	389	506	0,77
		0,4	455	651	0,70		0,4	495	668	0,74
		0,5	547	814	0,67		0,5	597	839	0,71
		0,6	628	977	0,64		0,6	685	1006	0,68
		0,7	709	1140	0,62		0,7	779	1182	0,66
	0,6	0,3	446	586	0,76	0,6	0,3	488	605	0,81
		0,4	582	782	0,74		0,4	631	804	0,78
		0,5	717	977	0,73		0,5	780	1011	0,77
		0,6	837	1172	0,71		0,6	916	1211	0,76
		0,7	935	1367	0,68		0,7	1014	1399	0,72
	0,7	0,3	547	684	0,80	0,7	0,3	596	703	0,85
		0,4	712	912	0,78		0,4	776	938	0,83
		0,5	866	1140	0,76		0,5	945	1174	0,81
		0,6	1007	1368	0,74		0,6	1097	1406	0,78
		0,7	1155	1596	0,72		0,7	1257	1639	0,77

Graficzne przykłady zmian wskaźnika jednostkowego zużycia energii E_e dla paszy granulowanej w zależności od prędkości przesuwu ciągną (v) oraz stopnia napełnienia przenośnika zilustrowano na rysunkach 2 i 3.



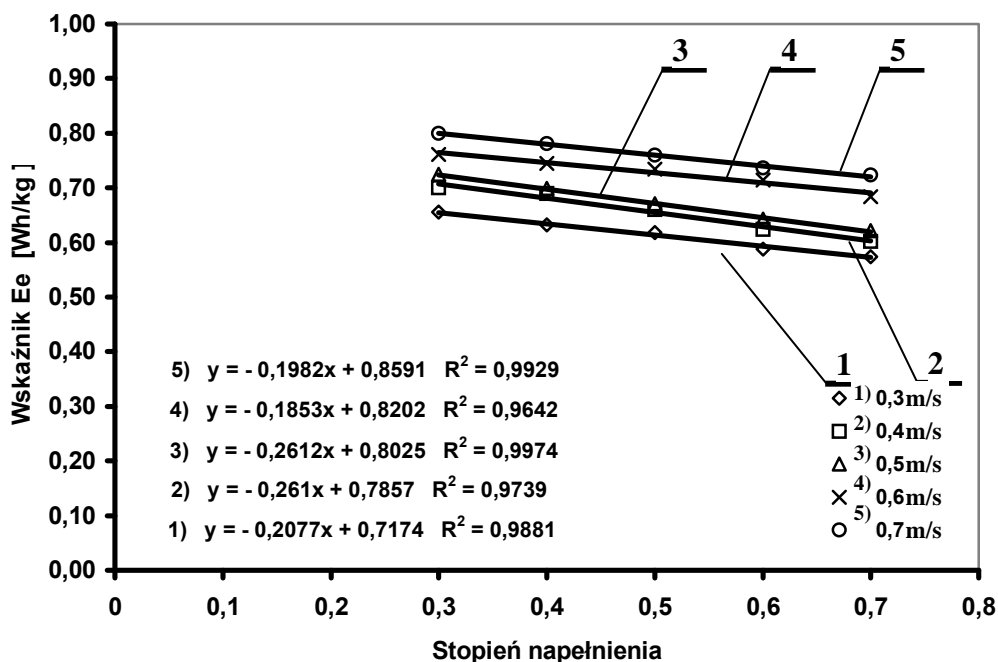
Rys. 2. Zmiany wskaźnika zużycia energii jako funkcja prędkości przesuwu ciągną roboczego przenośnika o podziałce osadzenia krążków 50mm przy transporcie paszy granulowanej

Fig. 2. Changes of energy consumption index as a function of string shifting velocity in the conveyor at disc intervals 50 mm, transporting granulated feed and various levels of conveyor filling

Stwierdzenia i wnioski

1. Wyznaczono zależności pomiędzy zużyciem energii niezbędnej do przemieszczenia 1 kg paszy sypkiej oraz granulowanej a prędkością przesuwu ciągną i stopniem napełnienia przewodu paszowego dla dwu różnych odległości osadzenia krążków na ciągnie linowo-krążkowym przenośnika linowo-krążkowego.
2. Zaobserwowano, że w przypadku transportowania pasz granulowanych w stosunku do sypkich występuje wzrost zużycia energii; przypadającej na 1 kg transportowanej paszy o ok. 15%.
3. Znaczący wpływ na wzrost energochłonności transportu pasz przy niezmiennym stopniu napełnienia ma prędkość przesuwu ciągną przenośnika.

4. Wzrost stopnia napełnienia przy stałej prędkości przesuwu cięgna przenośnika przyczynia się do zmniejszenia energochłonności w istotnym, chociaż znacznie mniejszym stopniu niż jej zwiększenie przy wzroście prędkości transportu.



Rys. 3. Zmiany wskaźnika zużycia energii jako funkcja stopnia napełnienia przewodu paszowego przenośnika o podziałce osadzenia krążków 50 mm przy transporcie paszy granulowanej

Fig. 3. Changes of energy consumption index as a function of conveyor filling degree at disc intervals 50 mm and transporting granulated feed at different velocities

Bibliografia

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

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

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. Wojdak J. 2001. Metodyka badań wpływu rodzaju pasz i parametrów transportu na energochłonność przenośników linowo-krażkowych. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy inżynierii rolniczej na progu III tysiąclecia: technika-środowisko-człowiek. Międzyzdroje, ss. 268-272

Małkiewicz A. Stężala S. 2002. Wpływ prędkości przesuwu ciągną na energochłonność linowo-krażkowych transporterów pasz inwentarskich. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. Warszawa, ss. 181-186

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

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