

# BADANIA FUNKCJONALNE PROTOTYPU PRZENOŚNIKA PNEUMATYCZNEGO SSĄCO-TŁOCZĄCEGO Z DMUCHAWĄ PIĘCIOSTOPNIOWĄ

## Summary

W pracy przedstawiono przebieg i wyniki badań funkcjonalnych prototypu przenośnika pneumatycznego ssąco-tłoczącego z dmuchawą pięciostopniową. Określono jego wydajność efektywną oraz pobór mocy mechanicznej przez dmuchawę przenośnika podczas transportu materiału ziarnistego - zboża.

**Słowa kluczowe:** ziarno, transport, przenośnik pneumatyczny, dmuchawa ssąco-tłocząca, przepływ powietrza, badania funkcjonalne

## Wprowadzenie

Przenośniki pneumatyczne ssąco-tłoczące przeznaczone są do bliskiego transportu ziarna zbóż, nasion strączkowych i oleistych w kierunku poziomym i pionowym. Mogą one być stosowane do napełniania i opróżniania spichlerzy i silosów zbożowych oraz do przewietrzania zboża w czasie jego składowania na pryzmach z rusztami i w silosach. Dzięki zastosowaniu elastycznego przewodu ssącego oraz segmentowej konstrukcji przewodu tłoczącego, przenośniki pneumatyczne ssąco-tłoczące mogą być stosowane do transportu ziarna między różnorodnymi obiektami, takimi jak: przyczepa, pryzma, magazyn o dowolnej konstrukcji oraz każdy silos zbożowy. Poszczególne elementy przewodów zasysających, tłocznych, wysyp oraz luki są połączone ze sobą za pomocą opasek zaciskowych, co zapewnia szybki i łatwy montaż oraz umożliwia różne ukształtowanie ciągu transportowego [1, 3].

Podstawowym elementem decydującym o wydajności przenośnika jest wentylator (dmuchawa), zasysający powietrze z materiałem ziarnistym przewodem ssącym do cyklonu, w którym mieszanina ulega rozdzielowi. Powietrze z cyklonu zasysane jest przez dmuchawę, a materiał ziarnisty poprzez dozownik obrotowy podawany jest do przewodu tłocznego za dmuchawą i transportowany rurociągiem do miejsca przeznaczenia [4, 6, 9].

## Cel badań

Celem badań było wyznaczenie wydajności efektywnej badanego prototypu przenośnika ssąco-tłoczącego oraz pobieranej mocy mechanicznej przez dmuchawę przenośnika podczas transportu materiału ziarnistego - zboża.

## Przebieg i metodyka badań

Obiektem badań był prototyp przenośnika pneumatycznego przedstawiony na rys. 1, który został zaprojektowany i wykonany w ramach realizacji Projektu Celowego nr ROW-III-173/2011. Przenośnik przeznaczony jest do pracy w wysoko towarowych gospodarstwach rolnych oraz w magazynach zbożowych, jak również w przemyśle rolno-spożywczym, zwłaszcza do przeładunku ziarna zbóż.

Jego podstawową charakterystykę techniczną przedstawiono w tab. 1.



Rys. 1. Badany przenośnik pneumatyczny ssąco-tłoczący z dmuchawą pięciostopniową

Fig. 1. Tested suction-and-force pneumatic conveyor with five-stage blower

Tab. 1. Charakterystyka techniczna prototypu przenośnika pneumatycznego

Table 1. Technical specifications of the pneumatic conveyor prototype

Dane techniczne	Jednostka miary	Wartość
Typ przenośnika	-	pneumatyczny ssąco-tłoczący
Prędkość obrotowa dmuchawy	obr·min <sup>-1</sup>	4300
Prędkość obrotowa dozownika	obr·min <sup>-1</sup>	60
Współpracujący ciągnik	kW	powyżej 90
Wydajność powietrza dmuchawy	m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	2800
Srednica rur tłoczących	mm	Ø160
Ciągnik współpracujący	klasa (kN)	min. 1,4 (14)
Obroty WOM	obr·min <sup>-1</sup>	1000
Prędkość transportowa	km·h <sup>-1</sup>	10
Ciśnienie w układzie hydraulicznym	MPa	16
Masa	kg	950
Obsługa	osób	1+ traktorzysta
Poziom hałasu	dB [A]	96
Poziom mocy akustycznej	dB [A]	113,2

Badania funkcjonalne przeprowadzono w magazynie Gospodarstwa Rolnego w miejscowości Daszewice, na mieszance pszenżyta i jęczmienia [10]. Pomiary wykonano dla standardowego wyposażenia przenośnika, co oznacza długość całkowitą transportowania wynoszącą 10 m. Widok przenośnika w trakcie pracy przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Badany przenośnik pneumatyczny w trakcie pracy  
Fig. 2. Tested pneumatic conveyor during operation

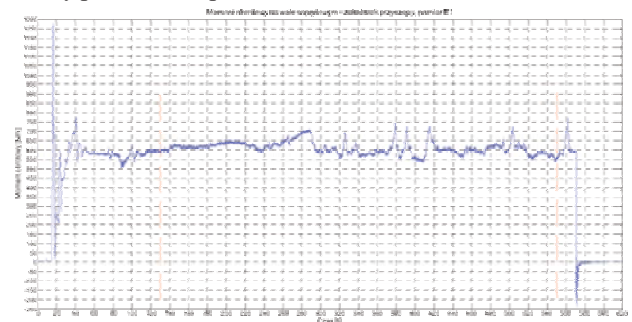


Rys. 3. Pomiar masy przetransportowanego zboża  
Fig. 3. Measurement of the mass of transported grain

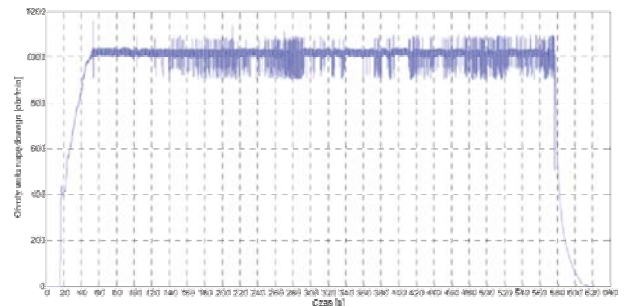


Rys. 4. Przetwornik momentu obrotowego MIR-200 oraz tachometr mikroprocesorowy CT6  
Fig. 4. Torque converter MIR-200 and microprocessor tachometer CT6

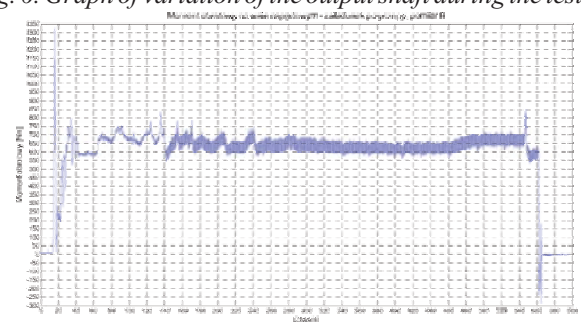
Zboże transportowano z przemy przemieszcznikiem na przyczepę o ładowności 5 t. Ze względu na ładowność przyczepy przyjęto czas próby - 7 minut. Pustą i załadowaną przyczepę ważono wagami najazdowymi do pomiaru nacisku koła. Przyczepę w trakcie pomiaru masy przedstawia rys. 3. Do pomiarów użyto po 2 szt. wag typu SAW 10C (500-10 000 kg) i SAW 6A (100-6 000 kg). Po wykonaniu pomiarów przyczepę opróżniano a zsypane zboże zgarniano z powrotem na przymę. Przed rozpoczęciem każdej próby sprawdzano tachometrem mikroprocesorowym CT6 prędkość obrotową wału napędowego (rys. 4). Moment obrotowy mierzono w sposób ciągły przetwornikiem momentu obrotowego MIR 200 (rys. 4). Był on połączony z wielokanałowym wzmacniaczem pomiarowym SPIDER-8 firmy Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, za pomocą którego rejestrowano uzyskiwane wartości i przebiegi zmienności pobieranego momentu obrotowego, a także prędkość obrotową wału napędowego. Wybrane wyniki z tych pomiarów przedstawiono w postaci wykresów na rys. 5-8. Z zebranych w czasie każdego pomiaru danych obliczono, posługując się programem „Matlab” [2, 8], średnie wartości tych parametrów z przedziałów czasowych, w których następował transport ziarna. Wyniki obliczeń przedstawiono poniżej. Pomiary powtarzano pięciokrotnie.



Rys. 5. Wykres momentu obrotowego na wale napędowym dmuchawy przenośnika w czasie załadunku przyczepy - pomiar E1  
Fig. 5. Graph of torque on the blower conveyor drive shaft at the time of loading of the trailer - the measurement of E1

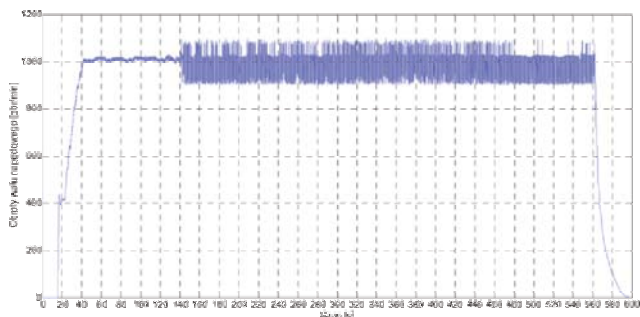


Rys. 6. Wykres zmienności prędkości obrotowej wału napędowego w czasie próby E1  
Fig. 6. Graph of variation of the output shaft during the test E1



Rys. 7. Wykres momentu obrotowego na wale napędowym dmuchawy przenośnika w czasie załadunku przyczepy - pomiar E2  
Fig. 7. Graph of torque on the blower conveyor drive shaft at the time of loading of the trailer - the measurement of E2





Rys. 8. Wykres zmienności prędkości obrotowej wału napędowego w czasie próby E2

Fig. 8. Graph of variation of the output shaft during the test E2

Moc mechaniczną przekazywaną na wał dmuchawy  $N$  określano ze wzoru [10]:

$$N = \frac{M_s \cdot n_2}{9549} \quad [\text{kW}], \quad (1)$$

gdzie:

$M_s$  - moment obrotowy [Nm],

$n_2$  - prędkość obrotowa wału napędowego ciągnika [obr·min<sup>-1</sup>].

Dla prawidłowej interpretacji wyników wydajności przenośnika oznaczono gęstość usypową użytej do badań mieszanki zbóż [7]. Wyniki pomiaru gęstości, wykonanej z użyciem gęstościomierza firmy Gottlieb Leder, zawiera tab. 2.

Wyniki z wybranych prób przedstawiono w tab. 3, oznaczono je jako E1 i E2.

Tab. 2. Wyniki pomiarów gęstości mieszanki ziarna pszenżyta i jęczmienia

Table 2. Measurements results of density of triticale and barley grains mix

Lp.	Masa pustego gęstościomierza	Masa gęstościomierza z ziarnem	Masa ziarna	Gęstość usypowa ziarna
	[g]	[g]	[g]	[kg·m <sup>-3</sup> ]
	a	b	b-a	d
1.	458,29	632,96	174,67	698,68
2.	458,29	634,95	176,66	706,64
3.	458,29	635,51	177,22	708,88
Gęstość usypowa, wartość średnia				704,73

Tab. 3. Wyniki pomiarów wydajności efektywnej  $W_1$  prototypu przenośnika pneumatycznego

Table 3. The results of measurement of effective performance  $W_1$  of pneumatic conveyor prototype

Lp.	Parametry i wskaźniki	Jedn. miary	Wartości parametrów i wskaźników				
1.	2	3	4				
1.	Data pomiaru	-	15-01-2013				
2.	Typ urządzenia	-	T480				
3.	Rok produkcji	-	2012				
Warunki środowiskowe							
4.	Temperatura otoczenia	°C	-1,8				
	Wilgotność powietrza	%	61,5				
	Ciśnienie atmosferyczne	hPa	1002,2				
Pomiar parametrów							
5.	Masa pustej przyczepy	kg	Koło 1	Koło 2	Koło 3	Koło 4	Masa całkowita
	Masa przyczepy z ziarnem	kg	650	700	750	700	2800
6.	Masa przyczepy z ziarnem	kg	2350	2250	1650	1560	7810
	Masa ziarna	kg					5010
	Czas pomiaru	s	420				
7.	Wydajność efektywna $W_1$ transportu w czasie próby	t·h <sup>-1</sup>					42,94
	Masa przyczepy z ziarnem	kg	1950	1910	1860	1880	7600
	Masa ziarna	kg					4800
	Czas pomiaru	s	420				
	Wydajność efektywna $W_1$ transportu w czasie próby	t·h <sup>-1</sup>					41,14

## Wyniki badań i ich analiza

Podczas transportu zboża badanym przenośnikiem z przemy na przyczepę uzyskano wydajność efektywną w zakresie  $W_1 = 41,1-42,9 \text{ t·h}^{-1}$ . Wyniki badań wydajności efektywnej  $W_1$  potwierdzają przyjętą w założeniach projektowych przenośnika pneumatycznego jego wysoką wydajność. Użyte w trakcie badań zboże (mieszanka pszenżyta i jęczmienia) miało gęstość usypową na poziomie  $700 \text{ kg·m}^{-3}$ . Dla celów porównawczych parametry eksploatacyjne podaje się najczęściej dla pszenicy, której gęstość usypową różne źródła określają na poziomie  $750-850 \text{ kg·m}^{-3}$  [10]. W przeprowadzonych badaniach należało więc przetransportować większą objętość ziarna dla uzyskania określonego wyniku, niż gdyby pomiary były wykonywane z ziarnem pszenicy. Nie można jednak jednoznacznie stwierdzić, że w przypadku transportu pszenicy wydajność efektywna  $W_1$  będzie także ok. 10-15% wyższa.

Analizując wyniki badań zebrane w czasie próby oznaczonej E1 wyznaczono dla przedziału czasu transportu ziarna:

- średni moment obrotowy  $M_{1sr.} = 613,37 \text{ Nm}$  (rys. 5),
- średnią prędkość obrotową  $n_{1sr.} = 1012 \text{ obr·min}^{-1}$  (rys. 6),
- średnie zapotrzebowania na moc obliczone wg wzoru (1):  $N_{1sr.} = 65,0 \text{ kW}$ ,

- szczytowe zapotrzebowania na moc obliczone wg wzoru (1):  $N_{1szczyt.} = 79,7 \text{ kW}$ .

Z kolei dla próby E2 uzyskano:

- średni moment obrotowy  $M_{1sr.} = 637,33 \text{ Nm}$  (rys. 7),
- średnią prędkość obrotową  $n_{1sr.} = 1012 \text{ obr·min}^{-1}$  (rys. 8),
- średnie zapotrzebowania na moc obliczone wg wzoru (1):  $N_{2sr.} = 66,0 \text{ kW}$ ,
- szczytowe zapotrzebowania na moc obliczone wg wzoru (1):  $N_{2szczyt.} = 89,4 \text{ kW}$ .

Wyniki pomiarów mocy mechanicznej pobieranej przez badany przenośnik pneumatyczny potwierdzają założone w projekcie przenośnika pneumatycznego wartości, a średnie zapotrzebowanie na moc jest nawet niższe od zakładanego.

## Podsumowanie i wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań prototypu przenośnika pneumatycznego ssąco-tłoczącego z dmuchawą pięciostopniową upoważniają do wyprowadzenia następujących stwierdzeń i wniosków:

1. Uzyskane w trakcie badań prototypu przenośnika pneumatycznego, parametry eksploatacyjne są zgodne z założeniami projektowymi urządzenia, oraz równorzędne z parametrami uzyskiwanymi przez podobne przenośniki czołowych firm światowych i europejskich.
2. Opcjonalnie należy wyposażyć przenośnik pneumatyczny w przedłużoną ssawę, dla ułatwienia operowania nią w dużej przymie ziarna oraz przy pobieraniu zboża z silosów.
3. Wyznaczona w badaniach wydajność efektywna  $W_1$  przenośnika zawierała się w zakresie  $W_1 = 41,1-42,9 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ .
4. Obliczony średni pobór mocy mechanicznej przez badany przenośnik podczas transportu zboża z przymy na przyczepę wynosił  $N_{sr} = 65,0-66,0 \text{ kW}$ , natomiast jego wartości szczytowe zawierały się w zakresie  $N_{szczyt} = 79,7-89,4 \text{ kW}$ .

### Bibliografia

- [1] Bień E., Bień J.: Urządzenia pneumatyczne w rolnictwie. PWRiL, Warszawa, 1970.
- [2] Brzózka J., Dobraczyński L.: Matlab, środowisko do obliczeń naukowo-technicznych. MIKOM, Warszawa, 2005.
- [3] Dmitrewski J.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T. 3. PWRiL, Warszawa, 1978.
- [4] Fortuna S.: Wentylatory - Podstawy teoretyczne, zagadnienia konstrukcyjno-eksploatacyjne, zastosowanie. Wydawnictwo Techwent, Kraków, 1999.
- [5] Jankowiak S., Pawłowski T.: Przenośnik ssąco-tłoczący do pneumatycznego przemieszczania materiałów ziarnistych (wydajność  $25 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Zadanie 7.2. Wyznaczenie charakterystyki sprawności układu pneumatycznego w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych. Zadanie 8.2. Sprawdzenie wskaźników technicznych w symulowanych warunkach pracy. Maszynopis PIMR, Poznań, 2001.
- [6] Kuczewski S.: Wentylatory. WNT, Warszawa, 1978.
- [7] Praca Zbiorowa. Pomiar wybranych właściwości fizycznych mieszanin ziarnistych i pasz. Dostęp: [www.kipr/zootechnika/Pomiary\\_wlasciwosci\\_fizycznych\\_mieszanin\\_ziarnistych.pdf](http://www.kipr/zootechnika/Pomiary_wlasciwosci_fizycznych_mieszanin_ziarnistych.pdf).
- [8] Rudra Pratrapp. MATLAB 7 dla naukowców i inżynierów. PWN, Warszawa, 2009.
- [9] Tuliszcza E.: Sprężarki, dmuchawy i wentylatory. WNT, Warszawa, 1976.
- [10] Wąchalski G., Spychała W., Frąckowiak P., Adamczyk F.: Opracowanie i wdrożenie innowacyjnego 5-stopniowego przenośnika pneumatycznego ssąco-tłoczącego. Zadanie 11. Badania laboratoryjne i funkcjonalne niekomercyjnego prototypu przenośnika pneumatycznego. Maszynopis, PIMR, Poznań, 2013.

Pracę wykonano w ramach projektu celowego nr ROW-III-173/2011 Opracowanie i wdrożenie innowacyjnego 5-stopniowego przenośnika pneumatycznego ssąco-tłoczącego.

## FUNCTIONAL TESTS OF THE PNEUMATIC SUCTION CONVEYOR PROTOTYPE WITH FIVE-STAGE BLOWER

### Summary

*This paper presents the process and results of functional tests of the pneumatic suction conveyor prototype with five-stage blower. Its efficient performance and mechanical power consumption of the blower during transport of granular material grain were determined.*

**Key words:** grain, transport, pneumatic conveyor, suction-and-force blower, air flow, functional tests