

ENERGETIC PARAMETERS OF THE WORK OF THE UNIVERSAL SHREDDER TO BULKY FEED

Summary

Nowadays, we are having many machines on the Polish market to the loading, the transportation and the distributing of bulky feed for animals. One such machine is the universal shredder to bulky feed and to the processing of the biomass on the compost with the precise batcher of components and biologicals. The paper presents results of the analysis of working load (the charge of the energy) used by the universal shredder during cutting out, loading and crumbling the silage from the corn and also the bales of the haylage and straw. The paper contains also the analysis of the shredder work with no load at all. Also analyzed was the torque load on PTO which propels shredder's hydraulic system.

ENERGETYCZNE PARAMETRY PRACY UNIWERSALNEGO ROZDRABNIACZA DO PASZ OBJĘTOŚCIOWYCH

Streszczenie

Obecnie na polskim rynku jest wiele maszyn do podbierania, transportu i zadawania pasz objętościowych dla zwierząt. Jedną z nich jest uniwersalny rozdrabniacz do pasz objętościowych oraz do przerobu biomasy na kompost z precyzyjnym dozownikiem komponentów i biopreparatów. W pracy zawarto analizę wyników badań obciążenia energetycznego uniwersalnego rozdrabniacza podczas jego pracy bez obciążenia oraz podczas wycinania, załadunku i rozdrabniania kiszonki z kukurydzy oraz załadunku i rozdrabniania bel sianokiszonki i słomy. Omówiono także obciążenie momentowe na WOM napędzającym układ hydrauliczny maszyny oraz obciążenie silników hydraulicznych napędzanych bezpośrednio z układu hydrauliki zewnętrznej ciągnika.

1. Wprowadzenie

Obecnie na polskim rynku mamy duży wybór maszyn do podbierania, transportu i zadawania pasz objętościowych dla zwierząt. Jedną z takich maszyn jest uniwersalny rozdrabniacz do pasz objętościowych oraz do przerobu biomasy na kompost z precyzyjnym dozownikiem komponentów i biopreparatów. Dozownik ten, opatentowany przez producenta, jest cechą innowacyjną rozdrabniacza.

Ten przyczepiany rozdrabniacz łączy w sobie funkcje samozaładowczego wozu paszowego, wyposażonego we frez (bęben) wybierający i tradycyjnego rozdrabniacza bel słomy, sianokiszonki czy siana. Od wspomnianych samojedznych wozów paszowych konstrukcja ta, oprócz układu napędowego, różni się systemem podawania wyfrezowanej kiszonki do skrzyni ładunkowej oraz zastosowaniem dozownika komponentów i biopreparatów. Załadunek wyciętej kiszonki wykonywany jest za pomocą uruchamianej okresowo przez operatora płyty załadunkowej. Takie rozwiązanie zapewnia mniejsze zapotrzebowanie mocy uniwersalnego ładowacza w porównaniu do podobnych maszyn.

W pracy zawarto analizę wyników badań obciążenia energetycznego uniwersalnego rozdrabniacza podczas rozruchu, pracy bez obciążenia oraz podczas wycinania, załadunku i rozdrabniania kiszonki z kukurydzy a także bel sianokiszonki i słomy. Omówiono również obciążenie momentowe na WOM napędzającym własny układ hydrauliczny maszyny i obciążenie silników hydraulicznych przenośników: zgarniakowego i ślimakowego napędzanych bezpośrednio z układu

hydrauliki zewnętrznej zagregowanego z rozdrabniaczem ciągnika.

2. Cel, miejsce i obiekt badań

Przeprowadzone badania miały na celu wyznaczenie zapotrzebowania mocy w czasie rozruchu i pracy uniwersalnego rozdrabniacza do pasz objętościowych oraz do przerobu biomasy na kompost z precyzyjnym dozownikiem komponentów i biopreparatów.

Badania uniwersalnego rozdrabniacza przeprowadzane były na terenie PIMR oraz na terenie Kórnickiego Przedsiębiorstwa Rolno-Handlowego i Usługowego „JAGROL” spółka z o.o. w Pierzchnie, Zakład Szczodrzykowo.

Badany uniwersalny rozdrabniacz, jak wspomniano, jest maszyną przyczepianą wyposażoną w skrzynię ładunkową ze zgarniakowym przenośnikiem podłogowym, wyrzutnik łopatkowy, zbiornik na komponenty mineralne z przenośnikiem ślimakowym oraz frez (bęben) rozdrabniający (rys. 1).



Rys. 1. Widok ogólny uniwersalnego rozdrabniacza połączonego z ciągnikiem „Ursus 4512” w położeniu roboczym

Fig. 1. The general view of the universal shredder jointed with the tractor „Ursus 4512”

Dzięki zamocowaniu frezu (bębna) rozdrabniającego na obrotowym ramieniu zyskał on możliwość wycinania kiszonki z przemy znajdujacej się w silosie oraz rozdrabniania kiszonki, beł słomy i sianokiszonki w skrzyni ładunkowej.

Wycinana kiszonka opada na ścianę załadowczą, którą periodycznie unosi operator wrzucając wyciętą masę kiszonki do skrzyni ładunkowej. Wspomniana ściana załadowcza służy także do załadunku innych pasz objętościowych jak beł sianokiszonki, siana lub słomy do skrzyni ładunkowej rozdrabniacza, a także jako tylna burta w czasie transportu paszy objętościowej z miejsca jej składowania do obory lub innego miejsca jej skarmiania.

Wszystkie podzespoły uniwersalnego rozdrabniacza są napędzane hydraulicznie. Maszyna posiada dwa niezależne układy hydrauliczne. Własny, kompletny układ hydrauliczny, napędzający silniki hydrauliczne wirnika wyrzutnika i frezu (bębna) rozdrabniającego, jest napędzany z WOM współpracującego ciągnika. Drugi obwód hydrauliczny rozdrabniacza zasilany jest z układu hydrauliki zewnętrznej współpracującego ciągnika. Steruje on dwoma silnikami hydraulicznymi: jednym napędzającym przenośnik podłogowy w skrzyni ładunkowej, drugim napędzającym przenośnik ślimakowy w zbiorniku komponentów oraz siłownikami dwustronnego działania: do regulacji ustawienia przesłony wirnika wyrzutnika, do ustawiania kąta pochylenia kanału wyrzutowego wyrzutnika, siłownikiem sterującym pracą płyty załadowczej (poprzez jej podnoszenie i opuszczanie), oraz siłownikiem sterującym, poprzez czworobok przegubowy, położeniem ramion frezu (bębna) rozdrabniającego.

3. Wyniki badań

3.1. Pomiar momentu obrotowego

Pomiaru momentu obrotowego, pobieranego przez uniwersalny rozdrabniacz dokonano za pomocą zestawu do pomiaru momentu obrotowego. Czujnik momentu obrotowego zamontowano pomiędzy końcówką WOM a multiplikatorem zespołu pompowego (rys. 2).



Rys. 2. Czujnik momentu obrotowego
Fig. 2. The sensor of the torc

Czujnik momentu obrotowego zestawu połączono z wielokanałowym wzmacniaczem pomiarowym SPIDER-8 firmy Hottinger, w celu rejestrowania przebiegów zmienności pobieranego podczas rozruchu momentu obrotowego, na biegu luzem oraz podczas pracy, w krótkich przedziałach czasu wynoszącego 1/30 sek. (30 Hz) [3]. Dokonywano pomiaru momentów dla frezu (bębna) rozdrabniającego i wyrzutnika w chwili rozruchu, w czasie ustabilizowanej pracy bez obciążenia oraz w czasie normalnej pracy przy wycinaniu kiszonki (rys. 3.), rozdrabnianiu beł słomy i sianokiszonki.

Wyniki pomiarów zestawiono w tab. 1



Rys. 3. Wycinanie kiszonki przez frez wybierający uniwersalnego rozdrabniacza

Fig. 3. Cutting out of the silage by the drum mill of the universal shredder

3.2. Pomiar przepływu oleju w układzie hydraulicznym

Pomiarów wielkości przepływu oleju w układzie hydraulicznym rozdrabniacza uniwersalnego dokonano Hydrotesterem typu HT3SM w:

- linii zasilania silnika hydraulicznego napędzającego przenośnik podłogowy,
- linii zasilania silnika hydraulicznego napędzającego przenośnik ślimakowy w zbiorniku komponentów,
- linii zasilania silnika hydraulicznego napędzającego bęben rozdrabniający,
- linii zasilania silnika hydraulicznego napędzającego wirnik wyrzutnika,

Wyniki pomiarów zestawiono w tab.2.

3.3. Wyniki pomiarów energetycznych

Moc pochłaniana przez pracujący uniwersalny rozdrabniacz zagregowany z ciągnikiem składa się z mocy przekazywanej przez WOM na własny układ hydrauliczny uniwersalnego rozdrabniacza, w którym główną rolę odgrywają silniki hydrauliczne: frezu (bębna) rozdrabniającego i wirnika wyrzutnika oraz mocy potrzebnej do napędów silników hydraulicznych przenośników: zgarniakowego w skrzyni ładunkowej oraz ślimakowego w zbiorniku komponentów przekazywanej przez układ hydrauliki zewnętrznej współpracującego z rozdrabniaczem ciągnika. Sumaryczną średnią moc

z użytą podczas rozruchu i pracy uniwersalnego rozdrabniacza obliczano z następującej zależności [1, 4, 5]:

$$N_{sr} = \frac{M_{sr} \cdot \omega}{1000} + N_{pp} + N_{ps} \text{ [kW]} \quad (1)$$

gdzie:

M_{sr} – średni moment napędzający [Nm],

ω – prędkość kątowna wałka odbioru mocy, na którym był mierzony moment [rad/s],

N_{pp} – moc silnika hydraulicznego napędzającego przenośnik podłogowy [kW],

N_{ps} – moc silnika hydraulicznego napędzającego przenośnik ślimakowy [kW].

Moc N_{pp} pobieraną przez silnik hydrauliczny przenośnika podłogowego wyznaczono ze wzoru:

$$N_{pp} = \frac{Q \cdot p}{450} \cdot \eta \cdot 0,735 \text{ [kW]} \quad (2)$$

gdzie:

Q – strumień zasilającego silnik oleju hydraulicznego [l/min],

p – ciśnienie zasilania silnika [kg/cm²],

η – ogólna sprawność silnika, przyjęto 0,85.

Moc N_{ps} pobieraną przez silnik hydrauliczny przenośnika ślimakowego również wyznaczono ze wzoru

(3), przy uwzględnieniu jego parametrów pracy (strumienia zasilającego i ciśnienia zasilania).

Wyniki obliczeń parametrów energetycznych zestawiono w tab. 3.

Moc obliczona na podstawie poboru momentu obrotowego jest mocą użytą przez wszystkie elementy i zespoły własnego, napędzanego z WOM współpracującego ciągnika, układu hydraulicznego uniwersalnego rozdrabniacza. Dla oceny sprawności zaprojektowanego własnego układu hydraulicznego wartości mocy pobieranej przez silniki hydrauliczne napędzające: frez (bęben) rozdrabniający i wirnik wyrzutnika, porównano z wartościami mocy obliczonymi na podstawie zmierzonych momentów obrotowych pobieranych z WOM współpracującego ciągnika. Wyniki zebrano w tab. 4.

4. Dyskusja wyników badań laboratoryjnych

Z pomiarów momentu obrotowego przekazywanego przez WOM ciągnika na zestaw pompy napędzający własny układ hydrauliczny uniwersalnego rozdrabniacza, wynika, że moment obrotowy pobierany przez ten układ wynosi średnio podczas pracy bez obciążenia: 500 Nm – podczas rozruchu maszyny oraz 215 Nm – w ustalonych warunkach pracy. Wyniki pomiarów przedstawione w tabeli 1 wykazują, że największy wpływ na średni pobór momentu do napędu bez obciążenia ma wirnik wyrzutowy.

Tab. 1. Wyniki pomiarów momentu obrotowego, pobieranego przez rozdrabniacz z WOM współpracującego ciągnika

Tab. 1. Results of measurement of the torc, received by the shredder from PTO of the co-operative tractor

Lp.	Parametry	Wartości momentów		
		M_{max}	M_{sr}	M_{min}
		[Nm]		
1.	Moment rozruchowy	550	500	450
2.	Praca na biegu luzem - obroty WOM $n = 540 \text{ min}^{-1}$			
	– wirnik wyrzutnika - obroty wirnika $n = 360 \text{ min}^{-1}$	135	120	105
	– bęben rozdrabniający - obroty bębna $n = 250 \text{ min}^{-1}$	105	95	85
	– wszystkie napędy (wirnik + bęben)	240	215	190
3.	Podczas rozdrabniania beli słomy	350	320	290
4.	Podczas rozdrabniania beli sianokiszonki	640	610	580
5.	Podczas wycinania kisonki z kukurydzy z silosu przejazdowego bębniem rozdrabniającym	670	630	590

Tab. 2. Wyniki pomiarów przepływu oleju w instalacji hydraulicznej rozdrabniacza

Tab. 2. Results of measurement of the flow of oil in the hydraulic installation of the universal shredder

Lp.	Parametry	Ciśnienie oleju na zasilaniu w [MPa]			Wielkość przepływu oleju w [dm ³ ·min ⁻¹]	Obliczona moc silnika w [kW]
		P_{max}	P_{sr}	P_{min}		
1.	Silnik hydrauliczny rzutnika, obroty wirnika rzutnika - $n = 360 \text{ min}^{-1}$					
	- na biegu luzem;	5,0	5,0	5,0	40	2,78
	- rozdrabnianie beli słomy;	11,5	11,0	10,5	40	6,12
	- rozdrabnianie beli sianokiszonki;	15,5	15,0	14,5	40	8,35
2.	Silnik hydrauliczny bębna rozdrabniającego, obroty bębna - $n = 250 \text{ min}^{-1}$					
	- na biegu luzem;	7,0	6,0	5,0	45	3,76
	- rozdrabnianie beli słomy;	10,0	9,0	8,0	45	5,64
	- rozdrabnianie beli sianokiszonki;	15,0	15,0	14,0	45	9,39
	- wycinanie kisonki z kukurydzy z silosu przejazdowego;	16,5	16,0	15,5	90	20,02
3.	Silnik hydrauliczny przenośnika podłogowego, prędkość przesuwania - $v = n = 0,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$					
	- na biegu luzem;	4,0	3,5	3,0	19	0,92
	- rozdrabnianie beli słomy;	5,0	4,5	4,0	18	1,12

4.	Silnik hydrauliczny przenośnika ślimakowego					
	- na biegu luzem, obroty ślimaka - $n = 350 \text{ min}^{-1}$;	3,5	3,0	2,5	12	0,50
	- dozowanie komponentów paszowych, obroty ślimaka - $n = 150 \text{ min}^{-1}$;	4,5	4,0	3,5	9	0,50

Tab. 3. Zestawienie wyników obliczeń parametrów energetycznych
 Tab.3. The list results of calculation of energetic parameters

Lp.	Wyszczególnienie	Pobór mocy w [kW]		Łączny pobór mocy w [kW]
		Przekazywanej przez WOM	Wykorzystywanej przez układ hydrauliczny zewnętrznej	
1.	Na biegu jałowym	12,15	1,42	13,57
2.	Podczas rozdrabniania beli słomy	18,08	1,64	19,72
3.	Podczas rozdrabniania beli sianokiszonki	34,46	1,88	36,34
4.	Podczas wycinania kisonki z kukurydzy z silosu przejazdowego frezem wybierającym	35,59	-	35,59

Tab. 4. Sprawność własnego układu hydraulicznego uniwersalnego rozdrabniacza
 Tab.4. The efficiency of the own hydraulic system of the universal shredder

Lp.	Wyszczególnienie	Wielkość mocy w [kW]		Sprawność układu hydraulicznego η
		Przekazywanej przez WOM	Wykorzystywanej przez silniki hydrauliczne	
1.	Na biegu jałowym	12,15	6,54	0,54
2.	Podczas rozdrabniania beli słomy	18,08	11,76	0,52
3.	Podczas rozdrabniania beli sianokiszonki	34,46	17,74	0,65
4.	Podczas wycinania kisonki z kukurydzy z silosu przejazdowego bębniem rozdrabniającym	35,59	20,02	0,56

Średni pobór momentu obrotowego przez rozdrabniacz podczas pracy cechuje się dużą zmiennością. Jest to zjawisko charakterystyczne dla tego typu maszyn, zależne od rodzaju wykonywanej pracy i rozdrabnianego materiału. Zmienność ta dla badanego uniwersalnego rozdrabniacza zawiera się w przedziale od $320 \div 630 \text{ Nm}$. Wynik taki należy uznać jednak za dobry. Maksymalną wartość momentu obrotowego 630 Nm zarejestrowano podczas wycinania frezem (bębnem) rozdrabniającym kisonki z kukurydzy w silosie przejazdowym. Podobną wartość (610 Nm) otrzymano podczas rozdrabniania beli sianokiszonki.

Zdecydowanie mniejszego zapotrzebowania mocy wymaga rozdrabnianie bel słomy. Jest to spowodowane mniejszą masą, większą jednorodnością i mniejszą zwięzłością jej struktury aniżeli w analogicznych belach sianokiszonki. Maksymalna wartość momentu obrotowego wyniosła w tym przypadku 320 Nm .

Największa moc potrzebna do napędu rozdrabniacza uniwersalnego, będąca sumą mocy przekazywanej przez wał odbioru mocy na własny układ hydrauliczny i mocy przekazywanej przez układ hydrauliczny zewnętrznej, współpracującego z rozdrabniaczem ciągnika wynosi 37 kW . 95% tej mocy stanowi moc przekazywana przez wał odbioru mocy napędzający własny układ hydrauliczny rozdrabniacza. Oznacza to, że do współpracy z rozdrabniaczem uniwersalnym mogą być stosowane bez ograniczeń ciągniki klasy 0,9 [PN-78/R-36100] o mocy ok. $45\text{-}50 \text{ kW}$.

Sprawność własnego układu hydraulicznego uniwersalnego rozdrabniacza określona przez porównanie mocy zużywanej przez silniki hydrauliczne frezu (bębna) rozdrabniającego i wirnika wyrzutnika obliczonej na podstawie zmierzonej wielkości przepływu i ciśnienia oleju hydraulicznego do mocy przekazywanej przez WOM współpracującego ciągnika a obliczonej na podstawie zmierzonej wartości momentu obrotowego wynosi $0,54\text{-}0,65$.

0,65. Jest to wartość zadawalająca i świadczy o poprawności zaprojektowanego układu hydraulicznego.

5. Podsumowanie i wnioski

W efekcie badań energetycznych parametrów pracy uniwersalnego rozdrabniacza do pasz objętościowych oraz do przerobu biomasy na kompost z precyzyjnym dozownikiem komponentów i biopreparatów ustalono wielkość momentu obrotowego pobieranego przez zespoły robocze - wirnik wyrzutnika i bęben rozdrabniający. Średnio wartość tego momentu, bez obciążenia, wynosi: podczas rozruchu - 500 Nm oraz 215 Nm w ustalonych warunkach pracy. Wyniki pomiarów wykazują również, że największy wpływ na średni pobór momentu do napędu bez obciążenia ma wirnik wyrzutnika.

Badany uniwersalny rozdrabniacz do pasz objętościowych oraz do przerobu biomasy na kompost z precyzyjnym dozownikiem komponentów i biopreparatów nie jest maszyną o dużym zapotrzebowaniu mocy. Największa wyznaczona w czasie badań moc pobierana przez niego była rzędu 37 kW . Pozwala to na agregowanie rozdrabniacza z ciągnikami o mocy $45\text{-}50 \text{ kW}$ z klasy 0,9.

Sprawność własnego układu hydraulicznego uniwersalnego rozdrabniacza wynosi $0,54\text{-}0,65$. Jest to wartość zadawalająca i świadczy o poprawności zaprojektowanego układu hydraulicznego.

6. Literatura

- [1] Baszta T. M.: Urządzenia hydrauliczne. Konstrukcja i obliczanie. WNT, Warszawa 1967.
- [2] Dmitrewski J.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 3. Maszyny i urządzenia do mechanizacji produkcji zwierzęcej. PWRiL, Warszawa 1978.
- [3] Hottinger-Baldwin-Messtechnik. Digitales mehrverksystem SPIDER-8 Hottinger-Baldwin-Messtechnik – 1994.
- [4] Frąckowiak P., Adamczyk F., Jankowiak S., Pomianowski R.: Rozdrabniacz z dozownikiem koncentratów paszowych,

zwłaszcza do zadawania kiszzonek. Badania laboratoryjne i funkcjonalne. PIMR, Poznań 2004.

- [5] Joński J., Kostyra R.: Uniwersalny rozdrabniacz do pasz objętościowych oraz do przerobu biomasy na kompost z precyzyjnym dozownikiem komponentów i biopreparatów. Wykonanie schematu blokowego i kinematycznego uniwersalnego rozdrabniacza i wariantowe obliczenia

parametrów pracy zasadniczych mechanizmów roboczych. INVENTOR, Mokobody 2007.

- [6] Kuczewski J.: Podstawy eksploatacji agregatów rolniczych. PWRiL, Warszawa 1974.
- [7] Polska Norma PN-78/R-36100. ciągniki rolnicze. Klasy według siły uciągu.