

Wacław Romaniuk<sup>1)</sup>, Katarzyna Biskupska<sup>1)</sup>, Vladimir Perednia<sup>2)</sup>,  
Anastasia Romanovich<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie

<sup>2)</sup> RUP Naukowo-Praktyczne Centrum Narodowej Akademii Nauk Białorusi  
ds. Mechanizacji Rolnictwa w Mińsku

## DOBÓR WOZU PASZOWEGO MIESZAJĄCEGO W ZALEŻNOŚCI OD KONCENTRACJI BYDŁA W GOSPODARSTWIE

### Streszczenie

W ramach dwustronnej umowy o współpracy między wyżej wymienionymi Instytutami wykonano badania wozów paszowych mieszających o różnych pojemnościach. Dokonano analizy przygotowania i zadawania wieloskładnikowych pasz w oborach dla krów. Przedstawiono zalety mobilnego wozu paszowego, opisano jego podstawowy parametr (pojemność), który wpływa na liczbę obsługiwanych krów oraz moc silnika ciągnika współpracującego, co przekłada się na zużycie paliwa. Określono, że optymalną pojemnością wozu paszowego w gospodarstwach do 100 krów jest 6 m<sup>3</sup>, a w pozostałych powyżej 12 m<sup>3</sup>.

**Słowa kluczowe:** wóz paszowy, pojemność, materiałochłonność, koszty produkcji

### Wstęp

Produkcja mleka i mięsa w Polsce i na Białorusi charakteryzuje się dużą różnorodnością pod względem wielkości gospodarstw (od 40 do 1200 krów mlecznych i od 100 do 2000 sztuk bydła mięsnego). Ponadto mniejszych gospodarstw jest trzykrotnie więcej niż dużych. Na przykład gospodarstw mlecznych do 200 krów jest ok. 80%, natomiast powyżej 400 krów – mniej niż 10%. W gospodarstwach mięsnych występuje również mała koncentracja zwierząt.

Inną cechą chowu bydła jest wieloskładnikowość żywienia. Z analizy wynika, że w jego skład wchodzi m.in. kiszonki z kukurydzy, sianokiszonki, okopowe i różne dodatki. Najefektywniejszym sposobem wykorzystania tych pasz jest podanie ich w postaci mieszanki paszowej. Do przygotowywania mieszanek paszowych jest wykorzystywany specjalistyczny stacjonarny lub, ostatnio bardziej popularny, mobilny zestaw urządzeń, którego minusem jest duża materiałochłonność.

W krajach rozwiniętych w ostatnich latach również rozpowszechniło się zadawanie zmiksowanych pasz w formie TMR (całkowicie wymieszana dawka – ang. Total Mixed Ration) z wykorzystaniem mobilnych wozów mieszająco-dożujących. W systemie tym wszystkie składniki dawki, a więc pasze objętościowe, treściwe i inne dodatki, są podawane w formie jednej „mieszanki pełnoporcjowej”, dostępnej dla zwierząt przez całą dobę. Skład dawki jest dostosowany do stanu fizjologicznego krów. Pasje są mieszane według zawartości składników pokarmowych, w zależności od wymagań krowy w poszczególnych fazach laktacji. Najczęściej wyróżnia się cztery okresy fizjologiczne: zasuszanie, po wycieleniu – do 3 tygodni, I okres laktacji – od 21 do 150 dnia, II okres laktacji – od 151 do 300 dnia. Czasem okres zasuszenia dzieli się na początkowy i końcowy.

Zastosowanie systemu TMR w żywieniu krów jest możliwe w oborach stanowiskowych i wolnostanowiskowych, z wykorzystaniem wozu paszowego. W oborach stanowiskowych i wolnostanowiskowych stosuje się również odmianę systemu TMR, która nazywa się PMR – częściowo wymieszana dawka (ang. Portion Mixed Ration lub Partly Mixed Ration), ewentualnie SMR – dawka częściowo wymieszana (ang. Semi Mixed Ration) [Winnicki, Kołodziejczyk 2011]. Według tego systemu wszystkie krowy w oborze tworzą jedną grupę technologiczną, której podaje się „paszę pełnoporcjową”, dostosowaną składem do średniej wydajności wszystkich krów dojnych. Krowy o wyższej wydajności otrzymują dodatek paszy treściwej podawany indywidualnie – ręcznie albo z automatu paszowego. Z tego wynika, że TMR = PMR + indywidualnie zadawana pasza treściwa, np. w stacjach paszowych.

TMR oznacza, że wszystkie pasze są podawane w postaci jednej mieszanki pełnodawkowej, z podziałem krów na grupy technologiczne. Natomiast termin PMR, że wszystkim krowom podawana jest dawka dostosowana do średniej wydajności w oborze, zaś krowy o wyższej wydajności są dokarmiane indywidualnie paszą treściwą, według założonego programu.

Firmy zachodnie, takie jak: Luclar, Seko, Twistem (Włochy), Marmix, Strautmann, Himel (Niemcy), DeLaval (Szwecja) i inne, mają w swojej ofercie szeroką gamę tego rodzaju maszyn: mieszająco-zadających i ładująco-mieszająco-zadających. Ze względu na sposób agregatowania wyróżnia się maszyny półzawieszane, przyczepiane i samojezdne [DeLaval 2011; Himel Maschinen GmbH & Co.KG 2010; Luclar International 2011; Marmix GmbH 2010].

Zaletą mobilnych wozów mieszających jest ich niewielka materiałochłonność oraz duża niezawodność procesu technologicznego.

Celem pracy była analiza wpływu koncentracji bydła w gospodarstwie na dobór wozu paszowego mieszającego. Podstawowymi elementami analizy były następujące czynniki, charakteryzujące wóz paszowy mieszający: pojemność skrzyni ładunkowej, materiałochłonność, koszty eksploatacji (w tym np. koszty energii, cena urządzenia).

## **Metodyka badań**

Badania i analizę przedmiotową wozów paszowych mieszających prowadzono według metodyki przedstawionej przez Gancarza [2007; 2009]. Uzupełnienie do ww. prac w zakresie materiałochłonności w relacji z kosztami produkcji podano poniżej w wynikach badań i podstawach wyjściowych ich wyznaczenia.

## **Podstawy wykonania badań i ich wyniki**

Dobór pojemności wozu paszowego przeważnie zależy od liczby obsługiwanych zwierząt, a także wydajności urządzeń ładujących i elementów wozu, takich jak mieszadła z docinaczami oraz przenośniki dozujące.

Zwiększając ilość paszy ładowanej do wozu paszowego, można zwiększyć liczbę obsługiwanych zwierząt. Jednak wraz ze zwiększeniem pojemności wzrasta również zużycie metalu, paliwa na napęd elementów, nakłady eksploatacyjne oraz całkowita cena urządzenia.

Firmy zachodnie powszechnie produkują i stosują wozy paszowe mieszające, co umożliwiło analizę zależności ich pojemności ładunkowej oraz innych parametrów (tab. 1).

Analizując wozy paszowe różnych producentów stworzono wykresy (rys. 1) zużycia metali na ich budowę i kosztów produkcji wozów (skrzyni ładunkowej), w zależności od ich pojemności. Wynika z nich, że wraz ze zwiększeniem pojemności zbiorników wzrasta zużycie metali (materiałochłonność) i koszt produkcji urządzenia odbywa się w linii prostej typu:

$$(G, C) = AV + C_0 \quad (1)$$

gdzie:

- $G$  – zużycie materiału (metal) na budowę wozu paszowego [kg];
- $C$  – cena sprzedaży wozu paszowego [USD];
- $A$  – współczynnik proporcjonalności dla wozu paszowego mieszającego dla kosztu produkcji jest równy  $2560 \text{ USD} \cdot \text{m}^{-3}$ , a dla zużycia metali –  $360 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;
- $V$  – pojemność wozu paszowego (skrzyni ładunkowej) [ $\text{m}^3$ ];
- $C_0$  – wartość stała, niezależna od pojemności zbiornika, kosztu produkcji maszyny jest równa 2280 USD, zużycia metali – 730 kg.

Dobową ilość paszy zapewniającą zwierzętom niezbędne składniki pokarmowe w gospodarstwie, można obliczyć ze wzoru:

$$M_c = \sum q_i n_j \quad (2)$$

Tabela 1. Charakterystyka techniczna wozów paszowych mieszających  
Table 1. Technical characteristics of the feed mixing wagons

Nazwa firmy i marka wozu Producer name and type of wagon	Pojemność skrzyni ładunkowej Capacity of load chamber [m <sup>3</sup> ]	Masa Weight [kg]	Moc silnika ciągnika współpracującego [KM] Engine power of mating tractor [HP]
DeLaval (Szwecja Sweden)			
Optimix ST	8	3 850	50
Optimix SC	12	5 000	70
Marmix (Niemcy Germany)			
Twin 10	10	3 000	70
Twin 12	12	3 500	80
Twin 15	15	4 300	90
Strautmann (Niemcy Germany)			
Multi-Mix-700	7	3 500	60
Multi-Mix-900	9	3 900	70
Himel (Niemcy Germany)			
Futtermischer F-5	5,5	1 740	40
Futtermischer F-7	7,8	2 675	50
Futtermischer F-9	9,8	3 300	55
Futtermischer F-12	12,8	4 320	65
Futtermischer F-17	17,0	5 750	85
Luclar Insternational (Włochy Italy)			
Star system mix:			
Centaurus	5	3 100	62
Pegasus 7	7	3 800	68
Orion 9	9	4 600	75
Taurus 12	12	5 500	80
Herkules 15	15	6 600	90

Źródło: opracowanie własne na podstawie: DeLaval International [2011]; Himel GmbH [2010]; Luclar International [2011]; Marmix GmbH [2010].

Source: own elaboration based on: DeLaval International [2011]; Himel GmbH [2010]; Luclar International [2011]; Marmix GmbH [2010].

gdzie:

$M_c$  – dobową ilość paszy zapewniającą zwierzętom niezbędne składniki pokarmowe;

$q_i$  – norma dobową paszy dla  $j$  zwierząt;

$n_i$  – liczba zwierząt.

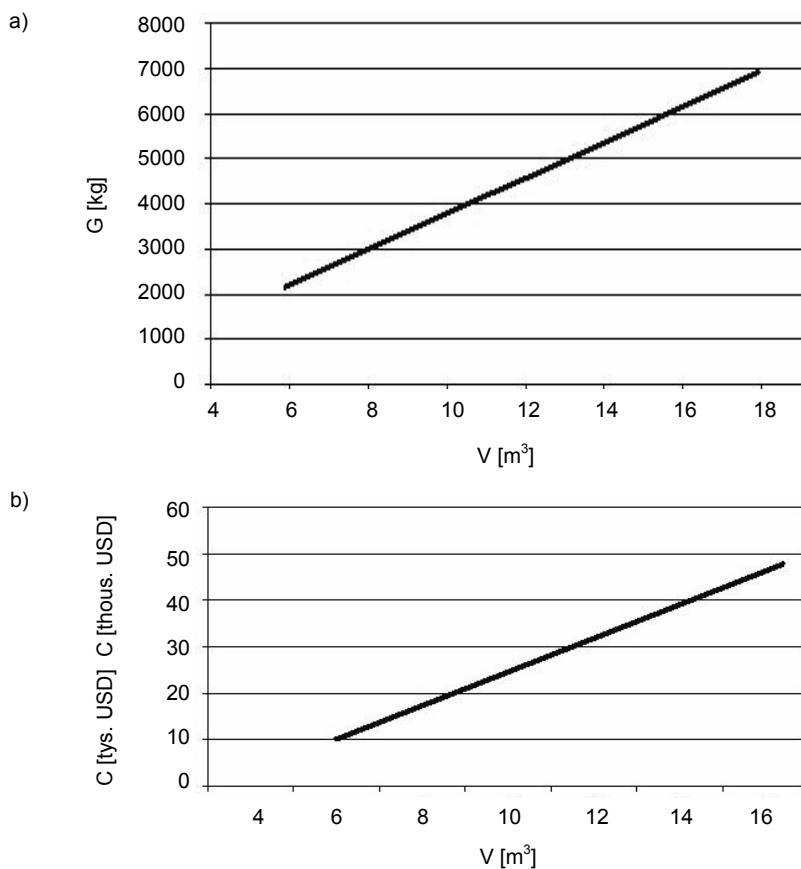
Biorąc pod uwagę, że w gospodarstwach zajmujących się produkcją zwierzęcą, a zwłaszcza chowem krów mlecznych, zadawanie paszy odbywa się 1–3 razy dziennie, jednorazową dawkę pokarmu można obliczyć ze wzoru:

$$M_p = \frac{\sum q_i n_j}{k} \quad (3)$$

gdzie:

$M_p$  – jednorazowa dawka paszy;

$k$  – dobową częstotliwość zadawania paszy.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Zależność zużycia metali (a) i kosztu produkcji wozu paszowego (b) od pojemności zbiornika (skrzyni ładunkowej)

Fig. 1. Dependence of metals consumed for wagon production (a) and production costs of feed mixing wagon (b) on the mixing chamber (bunker) capacity

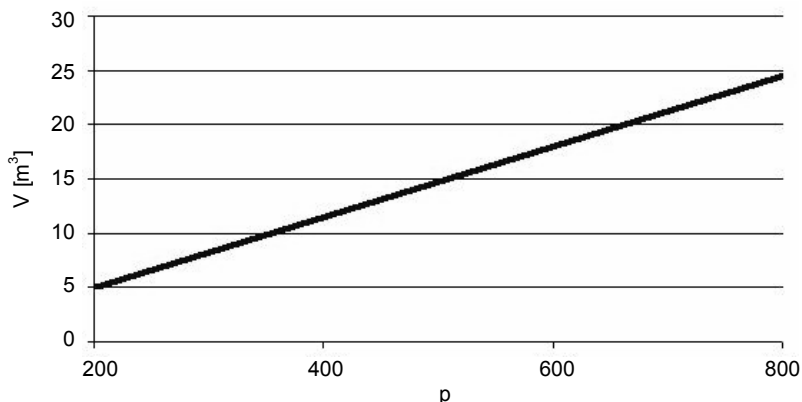
Aby zapewnić jednorazową dawkę paszy, trzeba znać niezbędną pojemność (ładowność) skrzyni równą:

$$V_b = \frac{I_b}{\rho} = \frac{\sum q_i n_j}{k\rho} \quad (4)$$

$V_b$  – niezbędna pojemność skrzyni;

$\rho$  – gęstość paszy znajdującej się w wozie paszowym.

Produkcja wozów mieszających z pojemnością zbiornika zapewniającą jednoczesne zadawanie paszy wszystkim zwierzętom (rys. 2) jest rozwiązaniem nieuzasadnionym ze względu na to, że taki wóz będzie pracował tylko 1–3 godzin na dobę, a koszt jego budowy będzie bardzo wysoki (rys. 1b).



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 2. Zależność pojemności wozu paszowego od liczby obsługiwanych zwierząt  
 Fig. 2. Dependence of feed mixing wagon capacity on the number of animals served

Do efektywnego wykorzystania wozu paszowego mieszającego, zwłaszcza w przypadku wozów samojezdnych, ładowność zbiornika powinna zapewniać zadawanie paszy w czasie określonym wymogami zootechnicznymi w kilku cyklach [Perednia 1990; Perednia, Macukevič 1980].

W tym przypadku pojemność wozu paszowego ( $m^3$ ) będzie równa:

$$V_m = \frac{V_b}{m} \quad (5)$$

gdzie:

$V_m$  – pojemność wozu paszowego;

$m$  – liczba cykli zadawania paszy i jest równa:

$$m = \frac{t_c}{\sum_{i=1}^n t_j} \quad (6)$$

gdzie:

$t_c$  – zmienny czas pracy wozu paszowego;

$\sum_{i=1}^n t_j$  – czas potrzebny na wykonanie wszystkich operacji technologicznych w jednym cyklu pracy wozu paszowego jest równy:

$$\sum_{i=1}^n t_j = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 \quad (7)$$

gdzie:

$t_1$  – czas obsługi technicznej i innych operacji pomocniczych;

- $t_2$  – czas przejazdu wozu paszowego do miejsca załadunku;  
 $t_3$  – czas załadunku paszy objętościowej;  
 $t_4$  – czas przejazdu wozu paszowego do miejsca załadunku pasz wysokobiałkowych;  
 $t_5$  – czas załadunku pasz wysokobiałkowych;  
 $t_6$  – czas potrzebny na wymieszanie pokarmu;  
 $t_7$  – czas zadawania wymieszanej paszy.

Pojemność zbiornika wozu paszowego przy  $m$ -cyklach jego pracy obliczamy ze wzoru:

$$V_m = \frac{V_p(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7)}{kt_c} \quad (8)$$

Ilość pokarmu, którą wóz paszowy jest w stanie wymieszać i podać zwierzętom, przedstawia się następująco:

$$M_c = M_k m \quad (9)$$

gdzie;

$M_k$  – masa paszy ładowanej do wozu paszowego.

Na podstawie powyższych danych wykonano techniczno-ekonomiczną analizę wskaźników eksploatacji wozów paszowych o różnych pojemnościach (tab. 2) dla gospodarstw o różnej wielkości (tab. 3).

*Tabela 2. Możliwa liczba obsługiwanych zwierząt w zależności od pojemności zbiornika wozu paszowego mieszającego*

*Table 2. Possible number of served animals depending on feed mixing wagon load chamber capacity*

Wskaźnik Index	Pojemność zbiornika wozu paszowego Capacity of feed mixing wagon chamber [m <sup>3</sup> ]				
	6	10	12	14	20
Maksymalna masa paszy ładowanej do zbiornika [kg] Maximum mass of feed loaded to wagon chamber [kg]	1 512	2 520	3 024	3 780	5 040
Masa dostarczonej paszy na jedną zmianę [kg] Mass of feed supplied per one shift [kg]	27 216	35 280	36 288	37 800	40 300
Możliwa liczba obsługiwanych krów [szt.] Possible number of served cows [heads]	560	735	756	787	840
Możliwa liczba obsługiwanych jałówek lub bydła mięsnego do masy 500 kg [szt.] Possible number of served heifers or beef cattle up to 500 kg weight [heads]	1 330	1 350	1 390	1 450	1 550

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 3. Techniczno-ekonomiczna charakterystyka wozu paszowego mieszającego dla gospodarstw z różną obsadą i roczną średnią wydajnością na poziomie 6000 l mleka

Table 3. Technical and economic characteristics of feed mixing wagon for the farms of different cattle stock density at average annual milk yielding 6000 l

Lp. No.	Wskaźnik Index	Pojemność zbiornika wozu paszowego Capacity of feed mixing wagon chamber [m <sup>3</sup> ]				
		6	10	12	14	20
Gospodarstwo z obsadą 200 krów Farm with a stock of 200 cows						
1	jednostkowe nakłady finansowe [USD·t <sup>-1</sup> ] financial inputs per unit [USD·t <sup>-1</sup> ]	1,46	2,23	3,86	4,36	8,62
2	bezpośrednie nakłady [USD·t <sup>-1</sup> ] direct inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	3,38	4,36	7,33	8,42	15,51
3	nakłady kapitałowe [USD·t <sup>-1</sup> ] capital inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	3,67	4,92	7,80	9,07	17,23
Gospodarstwo z obsadą 400 krów Farm with a stock of 400 cows						
1	jednostkowe nakłady finansowe [USD·t <sup>-1</sup> ] financial inputs per unit [USD·t <sup>-1</sup> ]	0,73	1,11	1,92	2,16	4,28
2	bezpośrednie nakłady [USD·t <sup>-1</sup> ] direct inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	2,33	2,74	4,14	4,43	7,22
3	nakłady kapitałowe [USD·t <sup>-1</sup> ] capital inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	2,47	2,96	4,52	4,86	8,08
Gospodarstwo z obsadą 600 krów Farm with a stock of 600 cows						
1	jednostkowe nakłady finansowe [USD·t <sup>-1</sup> ] financial inputs per unit [USD·t <sup>-1</sup> ]	0,97*	0,74	1,28	1,44	2,85
2	bezpośrednie nakłady [USD·t <sup>-1</sup> ] direct inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	4,52*	2,26	3,21	3,54	5,92
3	nakłady kapitałowe [USD·t <sup>-1</sup> ] capital inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	4,71*	2,41	3,47	3,83	6,49
Gospodarstwo z obsadą 800 krów krów Farm with a stock of 800 cows						
1	jednostkowe nakłady finansowe [USD·t <sup>-1</sup> ] financial inputs per unit [USD·t <sup>-1</sup> ]	–	1,11*	1,98*	2,30*	2,14*
2	bezpośrednie nakłady [USD·t <sup>-1</sup> ] direct inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	–	2,94*	4,00*	4,74*	4,84*
3	nakłady kapitałowe [USD·t <sup>-1</sup> ] capital inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	–	3,16*	4,40*	5,10*	5,27*
Gospodarstwo z obsadą 1000 krów krów Farm with a stock of 1000 cows						
1	jednostkowe nakłady finansowe [USD·t <sup>-1</sup> ] financial inputs per unit [USD·t <sup>-1</sup> ]	–	0,88*	1,51*	1,84*	3,40*
2	bezpośrednie nakłady [USD·t <sup>-1</sup> ] direct inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	–	2,71*	3,78*	4,10*	6,20*
3	nakłady kapitałowe [USD·t <sup>-1</sup> ] capital inputs [USD·t <sup>-1</sup> ]	–	2,88*	4,10*	4,50*	6,88*

Objaśnienia: \* wartości uzyskane z wykorzystaniem dwóch wozów mieszających; 1 – cena wozu paszowego; 2 – koszty utrzymania; 3 – koszty eksploatacyjne.

Explanations: \* values obtained at the use of two feed mixing wagons; 1 – price of feed mixing wagon; 2 – maintenance costs; 3 – operating costs.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.



Z tabeli 2 wynika, że dwukrotnie zwiększając ładowność zbiornika liczba obsługiwanych krów wzrośnie o 35%, a trzykrotnie – tylko o 50%, natomiast koszty produkcji zwiększą się odpowiednio o 2,6 razy i o 5,8 razy.

Z tabeli 3 wynika, że w gospodarstwie z obsadą do 400 krów mlecznych najlepszym rozwiązaniem jest pojemność zbiornika 6–10 m<sup>3</sup>, a w gospodarstwach posiadających 800 i 1000 krów, zaleca się wykorzystywać dwa wozy paszowe o ładowności 10 m<sup>3</sup> każdy.

### **Podsumowanie i wnioski**

Przedstawiona analiza różnych wozów paszowych mieszających pozwala na odpowiedni dobór wielkości urządzeń do mechanizacji żywienia w systemie TMR, z uwzględnieniem podstawowych parametrów eksploatacyjnych. Szczegółowe wnioski są następujące:

- w gospodarstwach mlecznych z obsadą do 200 krów mlecznych i do 1000 sztuk bydła mięsnego pojemność zbiornika wozu paszowego nie powinna przekraczać 10 m<sup>3</sup>;
- w gospodarstwach z dużą obsadą zaleca się stosowanie wozów paszowych o pojemności powyżej 12 m<sup>3</sup>;
- posiadanie dwóch wozów paszowych o pojemności ładunkowej 6 m<sup>3</sup> i 12 m<sup>3</sup> pozwoli na obsługę każdego gospodarstwa mlecznego z uwzględnieniem minimalnych nakładów eksploatacyjnych.

### **Bibliografia**

DeLaval International 2011. Prospekt firmy. Tumba ss. 16.

Gancarz F. 2009. Nakłady robocizny w różnych systemach żywienia krów w oborach wolnostanowiskowych o zróżnicowanej obsadzie. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 141–144.

Gancarz F. 2007. Koszty mechanizacji procesu żywienia w oborach o obsadzie od 40 do 100 krów. XIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Warszawa. IBMER s. 179–182.

Himel Maschinen GmbH & Co.KG 2010. Prospekt firmy. Burladingen-Melchingen ss. 12.

Luclar International 2011. Prospekt firmy. Isorella ss. 16.

Marmix GmbH 2010. Prospekt firmy. Unterwachingen ss. 18.

Perednia V.I., Macukevič A.V. 1980. Vmestimost' razdatčikov-smesitelej. Mechanizacija i elektrifikacija sel'skogo chozjajstva. Nr 7 ss. 25.

Perednia V.I. 1990. Mechanizacija prigotovljenija kormosmesej dlja krupnogo rogotogo skota. Minsk. Uražaj ss. 150.

Winnicki S., Kołodziejczyk T. 2011. Ocena efektywności żywienia krów karmionych w systemie PMR w wybranych gospodarstwach. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 1 s. 105–110.

## SELECTION OF FEED MIXING WAGON ACCORDING TO THE CATTLE STOCK CONCENTRATION ON A FARM

### Summary

Within the frames of Polish–Belorussian research co-operation investigations were conducted on using the feed mixing wagons of different capacity. Feed mixing wagons are provided for the cattle farms of various livestock density. Preparation and distribution of total mixed rations (TMR) for cows in the cattle barns were analysed. Good points of mobile feed mixing units were described with special attention put on their basic parameter (the capacity), affecting the number of cows to be served and the engine power of co-operating tractor, and thus the fuel consumption. It was stated that for the cattle farms raising up to 100 dairy cows the optimum capacity of feed mixing wagon is 6 m<sup>3</sup>, whereas for the farms of greater cattle stock density the mobile feed mixing unit of 12 m<sup>3</sup> capacity would be recommended.

**Key words:** feed mixing wagon, capacity, material consuming, production costs

Praca wpłynęła do Redakcji: 26.05.2011 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Marian Lipiński  
prof. dr hab. Stanisław Winnicki*

Adres do korespondencji:  
prof. dr hab. Wacław Romaniuk  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach  
Oddział w Warszawie  
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa  
tel. 22 542-11-78; e-mail: w.romaniuk@itep.edu.pl