

ANALIZA PRZEBIEGU PROCESU NAWAŻANIA WYBRANYCH SKŁADNIKÓW PASZY

Dominika Matuszek

Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska

Streszczenie. W pracy zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w wytwórni pasz. Przedmiotem badań była analiza równomierności procesu automatycznego dozowania poszczególnych surowców paszy. Analizowano proces dozowania wybranych składników paszy: pszenica, kukurydza, pszenżyto i śruta słonecznikowa podczas 9 cykli (operacji naważania). Na podstawie różnicy między masą składnika paszy określoną w jego recepturze (masa recepturowa) a rzeczywistą masą składnika dozowaną w procesie produkcyjnym (masa dozowana) określano poprawność pracy urządzenia dozującego. Do oceny odchylenia wykorzystano analizę reszt prostej regresji liniowej. Uzyskane wyniki wskazują na zróżnicowanie przebiegu procesu dozowania wybranych składników. Dodatkowo wykonano statystyczną analizę porównawczą wykorzystując test Kruskala-Wallisa, który wskazał na różnice procesu dozowania poszczególnych surowców. Najgorsze rezultaty uzyskano przy naważaniu pszenicy, składnika o największym udziale procentowym w produkowanej paszy.

Słowa kluczowe: mieszanka paszowa, dozowanie surowców pasz, wytwórnia pasz, prosta regresja liniowa

Wstęp

Dozowanie składników stanowi jeden z najważniejszych etapów w technologii produkcji mieszanek paszowych. Jednym z warunków właściwego przebiegu procesu technologicznego w przemyśle paszowym jest konieczność doprowadzenia założonej i wymaganej w danej linii produkcji ilości różnych surowców i dodatków. Poprawność pracy urządzeń dozujących warunkuje otrzymanie produktu o założonych właściwościach. Proces ten wpływa na kolejne etapy produkcyjne oraz pracę kolejnych urządzeń między innymi mieszarek oraz na ekonomikę funkcjonowania całej wytwórni. Specyfika produktów paszowych wymaga szczegółowej analizy całego procesu dozowania wagowego poszczególnych surowców do oceny precyzji systemu nadważania. [Bolek 1997; Grochowicz 1996]. System naważania surowców pasz musi gwarantować równomierne i precyzyjne (zgodne z

zadaną recepturą) doprowadzenie materiału do mieszarki lub wagi sumującej w ściśle określonej ilości [Panasiewicz 1999].

W przemyśle stosowane są różne metody dozowania składników pasz: ręczne, półautomatyczne, automatyczne oraz objętościowe. Obecnie szeroko rozpowszechnione w dużych wytwórniach pasz są systemy w pełni zautomatyzowanego dozowania jako jeden z elementów komputerowego systemu sterowania całą produkcją [Flizikowski i in. 1994].

W przypadku dozowania automatycznego, ważne jest odpowiednie zaprogramowanie układu naważającego, szczególnie odpowiednia kompensacja masy surowca, który znajduje się między wybierakiem a zbiornikiem wagi. W mieszalni pasz stanowiącej przedmiot badań autora, stosowany jest automatyczny proces dozowania. Instalacja dozująca wagowa wyposażona jest w wagi porcjowe wielokomponentowe zwane koszowymi. Odważane składniki trafiają z komór dozownikowych (silośów) do zbiornika wagi o większej pojemności (2000 kg zwana wagą dużą) lub mniejszej pojemności (1000 kg zwana wagą małą). Surowce dostarczane są z silosów za pośrednictwem wybieraków ślimakowych, zainstalowanych pod każdym z silosów. Po skompletowaniu porcji, dno zbiornika wagowego jest otwierane pneumatycznie i porcja odważonych surowców kierowana jest do dalszego procesu. Składniki odważane na wadze dużej po skompletowaniu porcji kierowane są do młyna, gdzie podlegają procesowi mielenia a następnie do mieszarki. Natomiast składniki ze zbiornika wagowego wagi małej nie podlegają procesowi mielenia i trafiają bezpośrednio do mieszarki. Do sterowania pracą całego układu służą zawory sterowane sygnałem z układu pomiarowego wagi [Grochowicz 1996, Jankowski 1983]. Poprawność tego procesu warunkuje zatem pracę kolejnego urządzenia, którym jest mieszarka. Po zamknięciu zbiorników wagowych proces dozowania zaczyna się od nowa.

Cel badań

Celem badań była analiza pracy automatycznej instalacji dozującej w wytwórni pasz oraz przedstawienie przebiegu procesu dozowania wybranych składników w kolejnych cyklach.

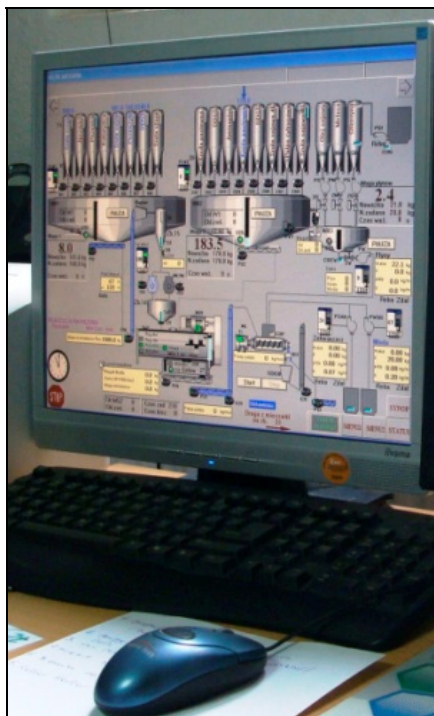
Metodyka badań

Badania przeprowadzone zostały w przemysłowej wytwórni pasz, która wyposażona jest w automatyczny system dozowania surowców paszowych. Zasadę funkcjonowania tego typu instalacji przedstawiono we wstępie. Sterowanie systemem odbywa się za pomocą odpowiedniego oprogramowania komputerowego. Panel systemu przedstawiono na rysunku 1. Komory dozownikowe zawierające surowce paszowe stanowią silosy o przekroju prostokątnym (rys. 2).

Badania przeprowadzono dla kolejnych 9 cykli naważania komponentów mieszanki paszowej dla drobiu (DJ2) o składzie przedstawionym w tabeli 1. Badania przeprowadzono w trzech seriach. Komponowanie paszy odbywa się poprzez odważanie na wadze dużej (2000 kg) składników sypkich podlegających procesowi mielenia przed wprowadzeniem do mieszarki a na wadze małej (1000 kg) odważanie składników sypkich nie podlegają-

cych mieleniu, dozowaniu mikronawazek oraz dozowaniu składników płynnych poprzez system dysz znajdujących się za mieszarką na drodze do wagopakowarki. W niniejszym opracowaniu zdecydowano się na przeanalizowanie pracy systemu naważania wagi dużej – 2000 kg o dokładności 500 g. Ocenę pracy systemu dokonano na podstawie dozowania 4 różnych surowców: pszenica, kukurydza, pszenżyto oraz śruta słonecznikowa. Podstawowe właściwości fizyczne surowców określono na podstawie Polskich Norm PN-71/C-04501 i PN-73/R-74007. Uzyskane właściwości oraz parametry składników przedstawiono w tabeli 2.

Urządzeniem odpowiedzialnym za sterowanie automatycznym systemem dozowania wagi dużej jest sterownik wagowy współpracujący z oprogramowaniem recepturowym i wizualizacyjnym. Waga duża wyposażona jest w 8 dozowników. System automatycznie podaje i zapisuje wartości odważonej porcji surowca na panelu wizualizacyjnym oraz w postaci raportu produkcji. Raport produkcji stanowił źródło danych do analizy pracy systemu. Do obliczeń przyjęto wartości średnie z trzech serii badań.



Rys. 1. Panel sterowania systemem dozowania surowców paszowych [Blattin Polska]

Fig. 1. Control panel of the system of dosing fodder raw materials



Rys. 2. Komory dozownikowe [Blattin Polska]
Fig. 2. Dosing chambers

Tabela 1. Skład drobiowej mieszanki paszowej DJ2
Table 1. The composition of DJ2 poultry fodder

Rodzaj surowca	Udział procentowy surowców [%]
Kukurydza	22,00
Pszenica	23,00
Pszenżyto	17,00
Śruta sojowa	12,00
Śruta słonecznikowa	9,00
Kreda pastewna drobnoziarnista	5,0
Kreda pastewna gruboziarnista	6,5
Otręby pszenne	3,0
Mikronaważki	1,50
Surowce płynne	1,0

Źródło: Blattin Polska

Tabela 2. Podstawowe właściwości i parametry wybranych surowców paszowych na wejściu do mieszarki

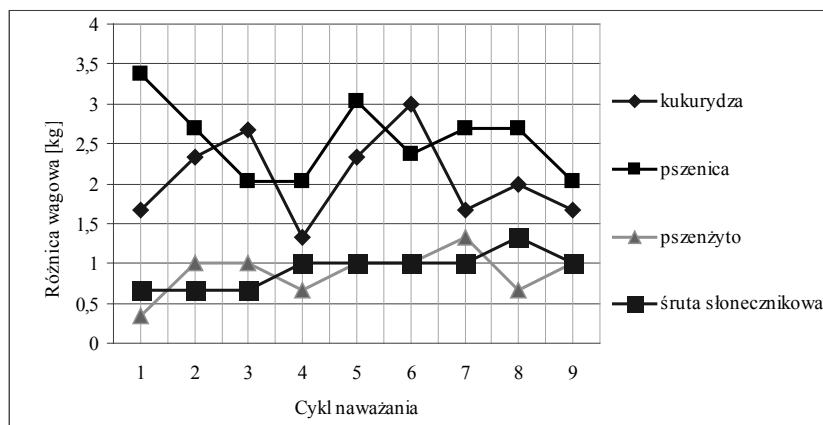
Table 2. Basic parameters of the selected fodder materials on the entrance to a mixer

Rodzaj surowca	Średni wymiar cząstek [mm]	Gęstość nasypowa [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Masa zadana [kg]
Pszenica	3,70	720	234,30
Kukurydza	8,20	745	200,00
Pszenżyto	4,20	680	160,00
Śruta słonecznikowa	0,65	820	90,00

Źródło: Blattin Polska, obliczenia własne

Wyniki badań

Wyniki badań pomiarowych zobrazowano w sposób graficzny na rysunku 3. Interpretacja graficzna uzyskanych wyników wskazuje na odchylenia masy recepturowej od zmierzzonej (rzeczywistej). W przypadku analizowanych składników można zauważyć, podczas każdego z cyklów, że masa zmierzona składnika przewyższała masę określaną w recepturze (masa recepturowa). Największe wartości (przeważenie) uzyskano dla pszenicy i kukurydzy. Zauważono ponadto, iż w kolejnych cyklach dozowania różnica masy jest często inna. Największą równomierność uzyskiwanej masy odnotowano dla śruty słonecznikowej.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Zmiana różnicy między masą recepturową a zmierzoną składnika dozowanego dla kolejnych cykli

Fig. 3. Change in the difference of the set and gotten mass in the process of dosing the fodder elements

Metodyka badań statystycznych

Do określenia wielkości odchylenia masy uzyskanej od zadanej wykorzystano model prostej regresji liniowej. Możliwość i przydatność tego narzędzia statystycznego do opisu jakości mieszaniny wieloskładnikowej zostało przedstawione w pracy Królczyk, Tukien-dorf [2007].

Modelowanie przeprowadzono dla dwóch zmiennych:

- zmienna niezależna X – zadana masa surowca wg receptury paszy (pszenica – 234,30 kg, kukurydza - 200,00 kg, pszenżyto – 160,00 kg, śruta słonecznikowa – 90,00 kg)
- zmienna zależna Y – masa surowca w poszczególnych cyklach dozowania (9 cykli).

W pracy posłużono się analizą błędów (reszt) zaobserwowanych w wyniku dopasowania linii prostej $b_0 + b_1 X$ do wyników obserwacji obu zmiennych. Parametrem opisującym jakość mieszaniny była resztowa suma kwadratów (SSE), czyli suma kwadratów odchyień od tej prostej. Analiza wielkości reszt informuje na ile zaobserwowane wyniki dopasowują się do linii prostej. Im lepsze dopasowanie danych do modelu regresji prostej tym wartości reszt są mniejsze. Wartość SSE równa zero oznacza, iż masa poszczególnych składników w kolejnych cyklach dozowania osiągnęła wartości zadane [Aczel 2005].

Resztowa suma kwadratów regresji definiowana jest następująco:

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2 \quad (1)$$

gdzie:

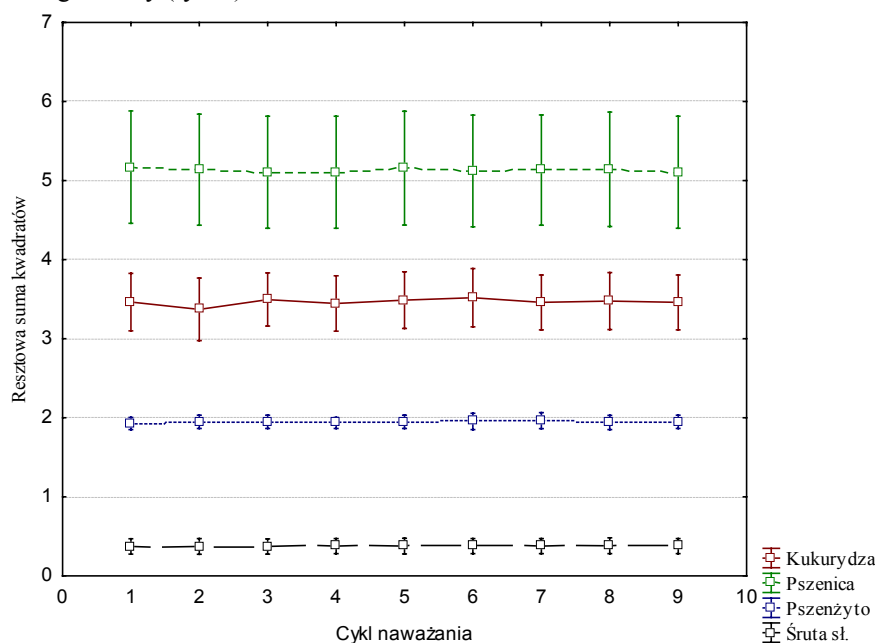
SSE – resztowa suma kwadratów,

e_i – błąd i – tej obserwacji,

y_i – wartość wyniku obserwacji – ilość składnika w kolejnym cyklu naważania

\hat{y}_i – wartość przewidywana z oszacowania otrzymanego z prostej regresji.

Uzyskane wartości resztowej sumy kwadratów dla cykli dozowania przedstawiono w sposób graficzny (rys. 4).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Wykres zmian resztowej sumy kwadratów w kolejnych cyklach dozowania analizowanych składników paszy

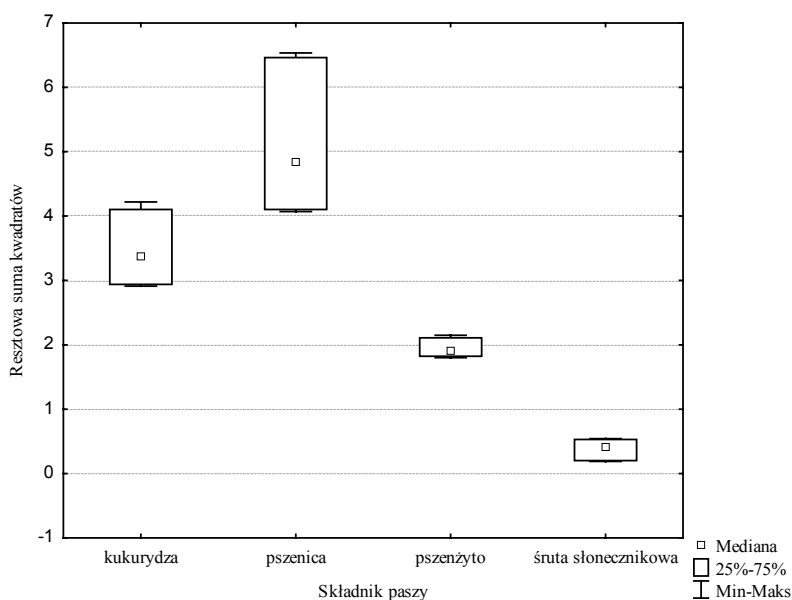
Fig. 4 Diagram of changes in the residual sum of squares depending on a dosing cycle for the analysed fodder materials

Analiza statystyczna wskazuje na zróżnicowanie w procesie dozowania badanych surowców paszowych. Największe odchylenia masy uzyskanej od zadanej zaobserwowano dla pszenicy co potwierdza wcześniejsze stwierdzenie. W tym przypadku uzyskano największe wartości resztowej sumy kwadratów. Jednocześnie jest to składnik o największym udziale masowym w paszy. Najlepsze wyniki uzyskano dla procesu dozowania śruty słonecznikowej – najniższe wartości resztowej sumy kwadratów (składnik o najmniejszej naważanej ilości). W przypadku dozowania każdego z surowców uzyskana ilość jest wyższa od masy zadanej. Na podstawie uzyskanych wyników nie stwierdzono wpływu pod-

stawowych właściwości składników (średnia wielkość cząstek, gęstość nasypowa) na pracę systemu naważania.

W celu określenia różnic w procesie dozowania dla poszczególnych składników wykonano statystyczną analizę porównawczą w oparciu o nieparametryczny test Kruskala-Wallisa, ze względu na brak normalności rozkładu zmiennej zależnej [Stanisz 2001]. Analizę wykonano na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Wartość testu wyniosła $W=97,25$ dla $p=0,000$. Zatem na bardzo niskim poziomie istotności można odrzucić hipotezę zerową co wskazuje na statystycznie istotne różnice w przebiegu procesu dozowania czterech wybranych surowców.

Interpretację graficzną porównawczej analizy statystycznej zaprezentowano na rysunku 5.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Interpretacja graficzna porównawczej analizy statystycznej przebiegu cykli procesu dozowania czterech składników paszy

Fig. 5. Graphical representation of a statistical comparative analysis of the course of dosing processes cycles for four fodder ingredients

W analizowanym przypadku proces dozowania pszenicy charakteryzuje się największą zmiennością co widoczne jest na rysunku 6. Dla składnika tego uzyskano największą wartość mediany oraz największe przedziały (25-75%) uzyskanej masy w kolejnych cyklach naważania. Największą dokładnością dozowania charakteryzuje się natomiast śruta słonecznikowa (przedział 25-75%). Dodatkowo podczas dozowania tego składnika uzyskano największą równomierność (powtarzalność uzyskanej masy w kolejnych cyklach).

Wnioski

1. W każdym analizowanym przypadku (składniku paszy) zauważono, iż masa rzeczywista dozowanego składnika była większa od jego masy recepturowej.
2. Można zauważyć, iż automatyczny system naważania ma tendencję do większej precyzji w przypadku dozowania składników stanowiących najmniejszy udział masowy w przygotowywanej paszy. Największe różnice naważki do masy zadanej zauważono dla pszenicy – składnika o największym udziale procentowym w produkowanej paszy. Natomiast najlepsze wyniki naważania uzyskano dla składnika o najmniejszym z analizowanych udziale procentowym (śruta słonecznikowa).
3. Uzyskane wyniki wskazują na statystycznie istotne różnice w procesie dozowania poszczególnych składników.

Bibliografia

- Aczel A. D.** (2005): Statystyka w zarządzaniu. Polskie Wydawnictwo Naukowe ISBN: 83-01-14548-X.
- Bolek E.** (1997): Problemy automatyki procesu dozowania i mieszania składników sypkich. *Pasze Przemysłowe*, 10, 42-46.
- Flizikowski J., Bieliński K., Bieliński M.** (1994): Podwyższanie energetycznej efektywności wielotarczowego rozdrabniania nasion zbóż na paszę. Wyd. AR-T Bydgoszcz
- Grochowicz J.** (1996): Technologia produkcji mieszanek paszowych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, ISBN 83-09-01656-5.
- Jankowski J.** (1983): Wagi i ważenie w przemyśle i handlu. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN 8320403855.
- Królczyk J., Tukiendorf M.** (2007): Ocena jakości wieloskładnikowej, niejednorodnej mieszaniny ziarnistej. *Inżynieria Rolnicza*, 2(90), 119-127.
- Panasiewicz M.** (1999): Postępy w technice precyzyjnego dozowania i naważania składników. Część I. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 1, 41-43.
- Stanisz A.** (2001): Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. StatSoft, Kraków, ISBN 83-88724-05-3.
- PN-71/C-04501 Analiza sitowa – wytyczne wykonywania.
- PN-73/R-74007 Ziarno zbóż - oznaczanie gęstości.

ANALYSIS OF THE COURSE OF A DOSING PROCESS OF THE FODDER ELEMENTS

Abstract: This work presents the results of research carried out at the fodders manufacturing company. A process of automatic dosing of individual elements of fodders was being analysed: the wheat, the maize, triticale and sunflower meal during nine cycles (dosing process). On the basis of the difference of the set and obtained mass correctness of the functioning of the dispensing system was defined. For the assessment of deviation the analysis of rests of straight linear regression was used. The results present differences between the dosing process of the selected components. Additionally statistical comparative analysis was carried out using the Kruskal-Wallis test which proved differences of the dispensing process for individual raw materials. The worst results were obtained for dosing wheat. It is the element with the biggest percentage share in the feed.

Key words: fodder, dosage of fodder materials, fodder factory, linear regression, non-parametric tests

Adres do korespondencji:

Dominika Matuszek; e-mail: d.matuszek@po.opole.pl
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej
Politechnika Opolska
ul. Mikołajczyka 5
45-271 Opole



*Dofinansowanie ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Opolu*