

Jerzy KALWAJ

email: kalwaj@utp.edu.pl

Instytut Technik Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy, Bydgoszcz

Algorytm doboru mocy napędu rozdrabniaczy bijakowych**Wstęp**

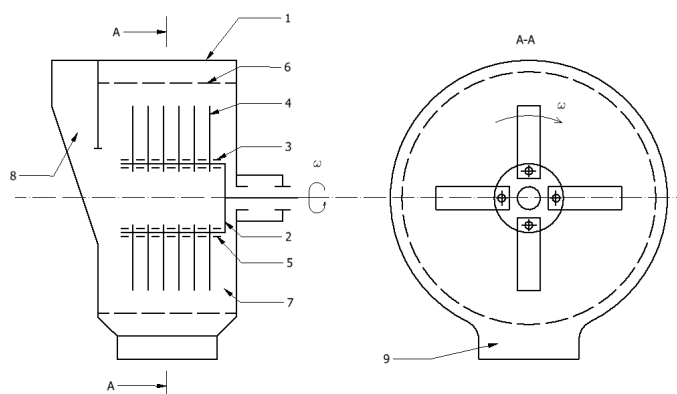
Transformacja rolnictwa w Polsce spowodowała wzrost zapotrzebowania na rozdrabniacze paszowe małej wydajności.

Głównym składnikiem pasz jest ziarno zbóż, które przez niezbędne rozdrobnienie uzyskuje podwyższony stopień strawności. Powszechnie realizują ten proces rozdrabniacze bijakowe, które są jednak maszynami bardzo energochłonnymi, a jednostkowe zużycie energii osiąga wartości od 45 do 70 kJ/kg [Grochowicz, 1994]. Uzasadnione są zatem działania modernizacyjne i optymalizacyjne prowadzące do poprawy efektywności pracy tych maszyn.

Celem niniejszej pracy było zaproponowanie algorytmu graficznego doboru optymalnej mocy dla rozdrabniaczy o małych wydajnościach (od 200 do 1000 kg/h), pracujących w wytwórniach pasz działających przy fermach hodowlanych.

Stan techniki

Typowy rozdrabniacz bijakowy, jednostronnie łożyskowany ma budowę przedstawioną schematycznie na rys. 1. W warunkach przemysłowych stosuje się rozwiązanie konstrukcyjne dwustronnie łożyskowane, zasilane obwodowo.



Rys.1. Schemat budowy rozdrabniacza bijakowego: 1 – obudowa, 2- wirnik, 3- sworzeń, 4 – bijak, 5 – tuleja dystansowa, 6 – sito, 7 – komora rozdrabniacza, 8 – kosz zasypany, 9 – otwór wylotowy

Proces w maszynie jednostronnie łożyskowanej odbywa się w ten sposób, że dozowany surowiec przemieszcza się grawitacyjnie przez kosz zasypany do przestrzeni, w której pracuje wirnik zaopatrzony w wahlwe bijaki. Przestrzeń ograniczona cylindrycznym sitem tworzy tzw. komorę rozdrabniania, gdzie na cząstki oddziałuje udarowa siła zderzeń z bijakami, które pochłaniają energię wykorzystywaną na ich podział oraz zderzenia z powierzchnią sita i zderzenia między sobą. Cykl udarowego kontaktu z bijakami powtarza się do chwili, aż zredukowane wymiary cząstek będą mniejsze od otworów w sicie. Wówczas następuje przemieszczenie materiału przez otwory sita na zewnątrz maszyny – do urządzenia odbiorczego.

Z powodu różnych wymagań fizjologicznych zwierząt hodowlanych, w zależności od ich gatunku i wieku oraz rodzaju ziarna zbóż, stosuje się sita z otworami: $d_1 = 3$ mm, $d_2 = 4$ mm, $d_3 = 5$ mm, $d_4 = 6$ mm.

Optymalna konstrukcja rozdrabniacza bijakowego w opisanym zastosowaniu powinna dawać maksymalną wydajność dla danego zakresu zmiennych parametrów.

Rozpatrując przedstawiony proces można stwierdzić, że rozdrabniacz bijakowy to maszyna:

- niesamodzielna, pracująca w układzie zawierającym dozownik, rozdrabniacz i odbiornik produktu,
- realizuje w komorze roboczej dwie operacje technologiczne: rozdrabniania i przesiewania, przy czym rozdrabnianie zachodzi głównie w zderzeniach z zbijkami i w kontaktach z ostrymi krawędziami otworów,
- powinna mieć tak dobraną wartość mocy silnika napędowego, aby dla parametrów materiału i maszyny osiągała maksymalną wydajność. Zmieniając rodzaj surowca i parametry maszyny należy odpowiednio zmieniać strumień dozowanego materiału.

Biorąc powyższe pod uwagę można stwierdzić, że warunkiem korzystnego energetycznie funkcjonowania rozdrabniacza bijakowego jest odpowiednia zależność między strumieniem masy materiału przetwarzanego a strumieniem energii dostarczanej do komory roboczej. Funkcję tę utrzymują w odpowiedniej proporcji przede wszystkim parametry dozownika w odniesieniu do wielkości silnika napędowego.

Stan badań

Analiza literatury wykazała brak kompleksowego rozwiązania zagadnienia optymalizacji energetycznej rozdrabniaczy bijakowych łożyskowanych jednostronnie o małej wydajności [Grochowicz 1994; Kalwaj, 2009; 2014].

Propozycje badaczy w zakresie doboru mocy napędu rozdrabniaczy bijakowych są bardzo zróżnicowane i dotyczą obiektów dużych, przemysłowych o wydajności 5÷10 t/h [Grochowicz J., 1994]. Zaleca się, aby określać moc silnika w zależności od cech konstrukcyjnych rozdrabniacza.

Bölöni [Kalwaj, 2009] proponuje przyjmować 1 kW mocy silnika na 1 bijak zamontowany w rozdrabniaczu o grubości 10 mm.

Blažek [Kalwaj, 2009] wyraża pogląd, że na 10 mm szerokości komory roboczej powinien być przypisany 1 kW mocy napędu.

Wg Timma [Kalwaj, 2009] 10 mm szerokości roboczej powinien odpowiadać zakres mocy 1,5÷1,8 kW.

Sokołow [Kalwaj, 2009] proponuje określać moc P [kW] na podstawie wzoru:

$$P = K_1 K_2 L D_n \quad (1)$$

gdzie:

D – średnica komory roboczej, [mm]

K_1 – współczynnik zależny od rodzaju surowca, [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$]

K_2 – energochłonność jednostkowa, wartość wzorcowa wyznaczona doświadczalnie, [$\text{kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$]

L – długość komory roboczej, [mm]

n – prędkość obrotowa wirnika, [obr/min]

Dotyczy to rozdrabniaczy bijakowych przemysłowych, czyli łożyskowanych dwustronnie i zasilanych obwodowo o wydajności 5÷10 ton/h.

Wyznaczanie mocy napędu rozdrabniaczy

Na podstawie badań własnych [Kalwaj, 2009] opracowano metodę doboru optymalnej wartości mocy napędu rozdrabniaczy o małej wydajności, czyli 200÷1000 kg/h. Przyjęto, że szukana zależność jest funkcją następujących zmiennych:

$$P = f(Q, L, i, d, r) \quad (2)$$

gdzie:

d – średnica otworów w sicie, [mm]

i – liczba bijaków, [-]

L – długość komory, [mm]

P – moc napędu, [kW]

Q – wydajność masowa, [kg/h]

r – rodzaj ziarna (pszenica, jęczmień, żyto, owies, kukurydza).

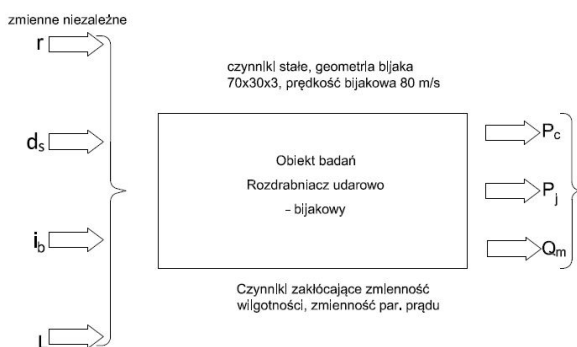
Natomiast jako czynniki stałe przyjęto geometrię bijaków (70 x 30 x 3 mm) oraz prędkość obwodową końca bijaków (80 m/s) i czynnik zakłócający, jakim jest zmienna wilgotność surowca (0,1 %).

W celu rozwiązania równ. (2) zbudowano laboratoryjne stanowisko, na którym wykonano badania z niepewnością pomiarową 3,8 %. Przyjęto optymalny plan badań, statyczny, zdeterminowany i kompletny. Wskaźniki W_i wyznaczono wg prac [Kalwaj, 2005; 2006].

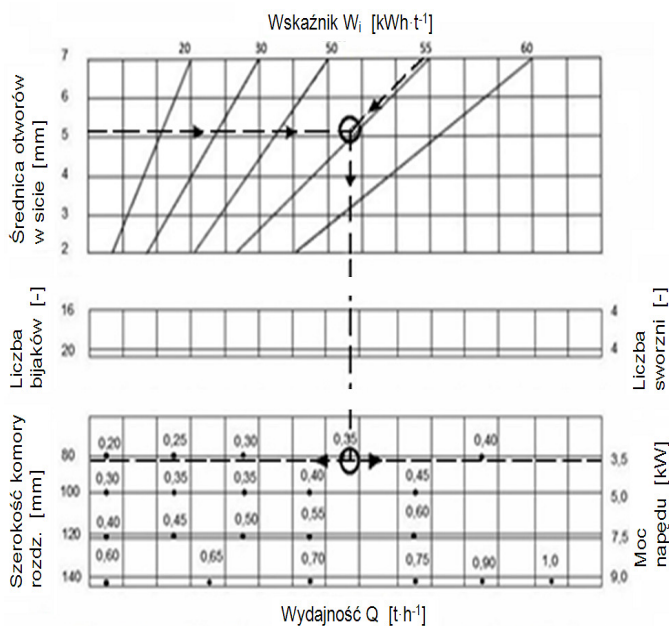
Tab. 1. Wskaźniki W_i ziarna zbóż

Rodzaj ziarna	Wilgotność, %	Wskaźniki W_i , J/kg
owies	12	59
żyto	14	55
jęczmień	13	48
pszenica	14	30
kukurydza	12	21

Konstrukcja rozdrabniacza laboratoryjnego umożliwiła ustawienie parametrów zmiennych w założonym zakresie. Do przeprowadzenia badań przygotowano plan eksperymentu przedstawiony na rys.2



Rys.2. Schemat badań: r - rodzaj surowca, d_s - średnica sita, i_b - ilość bijaków, L - długość komory, P_c - moc całkowita, P_j - moc biegu jałowego, Q_m - wydajność masowa



Rys.3. Algorytm doboru mocy rozdrabniacza bijakowego (o małej wydajności) do pasz

Przedstawiony algorytm graficzny umożliwia:

- wyznaczanie optymalnej wartości mocy napędu rozdrabniacza na etapie projektowania,
- ocenę eksploatacyjną istniejącego rozwiązania konstrukcyjnego rozdrabniacza,
- porównanie jakościowe różnych rozdrabniaczy udarowych.

Tok postępowania w przypadku wyznaczania mocy napędu rozdrabniacza jest następujący:

- 1) Określenie wskaźnika W_i dla materiału przeznaczony do rozdrobnienia na podstawie danych w tab. 1.
- 2) Znalazienie punktu przecięcia charakterystyki wskaźnika W_i ze współrzędną opisującą średnice otworów w sicie zainstalowanym w rozdrabniaczu.
- 3) Określenie położenia punktu końcowego na jednej z linii poziomych odzwierciedlających zakresy wydajności rozdrabniacza.
- 4) Dobranie dwóch parametrów dla punktów końcowych: długości komory roboczej (z lewej strony wykresu) oraz zalecanej mocy silnika napędowego (z prawej strony wykresu).

Jak wykazały badania sprawdzające, przedstawiona metoda charakteryzuje się dużą dokładnością, która jest wynikiem uwzględnienia istotnych czynników wpływających na wartość poboru mocy. Względny błąd maksymalny nie przekraczał 4 %.

Na rys. 3 zawarte są charakterystyki dla ziarnistych materiałów paszowych: żyta, owsa, jęczmienia i pszenicy. Najpowszechniej stosowany jest jęczmień [Grochowicz, 1994], stąd na rys. 3 linia pogrubiona przerywana dotyczy tego surowca.

Algorytm ogólny składa się z trzech części:

- Pierwsza opisuje przyjętą zależność wskaźnika W_i od średnicy otworów w sicie maszyny, który to parametr ma najistotniejszy wpływ na pobór mocy.
- Druga część procedury pokazuje: prawa strona – liczbę sworzni, lewa strona – liczbę bijaków (Rys.3). Liczba sworzni jest stała i równa 4, natomiast liczba bijaków może być: 16 sztuk – linia pozioma pojedyncza, lub 20 sztuk linia pozioma podwójna. Linii podwójnej odpowiadają analogiczne linie w dolnej części algorytmu tj. szerokość komory: 120 i 160 mm oraz moc napędu: 7,5 i 9,0 kW.
- Wartości zawarte wewnątrz trzeciej części rys.3 określają wydajności rozdrabniacza.

Podsumowanie

- Transformacja rolnictwa w Polsce spowodowała wzrost zapotrzebowania na rozdrabniacze paszowe małej wydajności. Dla tej grupy maszyn brak jest zaleceń konstrukcyjnych dla optymalnych rozwiązań tych obiektów.
- Zaproponowany algorytm doboru mocy uwzględnia głównie parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne dla wydajności w zakresie od 200 do 1000 kg/h.
- W części badawczej wartościami stałymi były: średnica komory roboczej (350 mm) oraz prędkość obwodowa bijaków (80m/s), natomiast czynnikami zakłócającymi były: zmienność wilgotności surowca (ok. 0,1%) i stopień zużycia powierzchni roboczej bijaków. W okresie badań obie wartości miały charakter powtarzalny.
- Kompleksowe rozwiązanie konstrukcji małych rozdrabniaczy do zbóż wymaga dalszych badań.

LITERATURA

- Grochowicz J., 1994. *Technologia mieszanek paszowych*. PWRiL, Warszawa
- Kalwaj J., 2005. Metoda wyznaczania jednostkowej pracy rozdrabniania quasi-udarowego ziarna zbóż. *Inż. Ap. Chem.*, **44**, nr 3s, 35-36
- Kalwaj J., 2006. Jednostkowa praca rozdrabniania udarowego ziaren zbóż. *Inż. Ap. Chem.*, **45**, nr 1-2, 45-46
- Kalwaj J., 2009. Wpływ konstrukcji wirnika na energochłonność rozdrabniaczy udarowych. *Inż. Ap. Chem.*, **48**, nr 2, 58-59
- Kalwaj J., 2014. Dobór optymalnych energetycznie parametrów konstrukcyjnych rozdrabniaczy bijakowych do ziarna zbóż. *Inż. Ap. Chem.*, **53**, nr 2, 82-83