

## BADANIA NAD PROCESEM ROBOCZYM ROZDRABNIACZA BIJAKOWEGO

*Józef Grochowicz*

Instytut Eksploatacji Maszyn Przemysłu Rolno-Spożywczego  
Zakład Maszynoznawstwa Przemysłu Rolno-Spożywczego

### WPROWADZENIE

W technice produkcji pasz rozdrabnianie surowców jest procesem podstawowym, gdyż warunkuje wytworzenie jednorodnej, wieloskładnikowej mieszanki paszowej. Ważne jest przy tym uzyskanie odpowiedniego stopnia rozdrobnienia zarówno spełniającego wymagania gatunku zwierząt, dla którego pasza ma być wyprodukowana, jak też odpowiedniego i dla samego procesu mieszania, którego czas trwania i skuteczność są wyraźnie zależne od wymiarów cząstek wszystkich składników mieszanki. Interesującą więc rzeczą jest nie tylko uzyskanie cząstek mniejszych od określonego, dopuszczalnego normą wymiaru granicznego, ale także to, by produkt miał odpowiedni skład granulometryczny, tj. nie zawierał nadmiernych ilości frakcji pylistej. Ważność procesów rozdrabniania w wytwórniach mieszanek paszowych wynika także stąd, iż pochłaniają one ok. 40-50% ogólnego zapotrzebowania mocy w tych zakładach.

Spośród znanych wielu typów maszyn rozdrabniających w przemyśle paszowym najszersze zastosowanie znalazły rozdrabniacze bijakowe, które są najbardziej uniwersalnymi maszynami, przy prostej konstrukcji i obsłudze. Rozdrabniacze bijakowe (zwane również młynami bijakowymi lub młotkowymi) wymagają dość dużych nakładów energii na proces rozdrabniania, które np. dla surowców zbożowych wynoszą od 7 do 12 kWh na każdą tonę rozdrobnionego produktu [4, 5], co zależy od gatunku surowca, typu rozdrabniacza i jego parametrów konstrukcyjnych. Nawet i dla jednego gatunku surowca występować mogą znaczne rozbieżności w wysokości nakładów energetycznych na jednostkę rozdrobnionego produktu, zależnie od typu użytego rozdrabniacza, jego stanu technicznego i sposobu prowadzenia procesu.

Uzasadnia to potrzebę przeprowadzenia szczegółowych badań nad

wpływem różnych czynników nie tylko na proces rozdrabniania, ale także i nad wpływem wymiarów cząstek uzyskanego produktu na dalsze operacje technologiczne, a zwłaszcza na jednorodność wymieszanego produktu końcowego.

#### CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było wyjaśnienie wpływu niektórych własności surowców oraz konstrukcyjnych cech maszyny na przebieg procesu rozdrabniania w rozdrabniaczu bijakowym.

Zakres badań obejmował ustalenie zależności między wydajnością rozdrabniacza, a następującymi czynnikami zmiennymi;

- rodzajem bijaków,
- rodzajem sit (o różnej średnicy otworów),
- wilgotnością surowców,
- gatunkami rozdrabnianych nasion.

#### ANALIZA WPŁYWU RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA PROCES ROZDRABNIANIA W ŚWIETLE LITERATURY

Na proces roboczy w rozdrabniaczu bijakowym wywierają wpływ zarówno parametry konstrukcyjne rozdrabniaczy [2-5, 7], jak i cechy rozdrabnianego materiału.

Cechy konstrukcyjne rozdrabniacza przeanalizujemy oddzielnie dla dwóch podzespołów, tj. wirnika z bijakami oraz obudowy komory rozdrabniania, z uwzględnieniem instalacji dodatkowych ułatwiających realizację procesu rozdrobnienia. Do takich parametrów wirnika zalicza się:

- grubość, kształt i stopień zużycia bijaków,
- liczbę bijaków na jednostkę długości wirnika,
- prędkość obwodową bijaków,
- wyrównoważenie dynamiczne.

Obudowa komory rozdrabniacza w której zwykle występuje część sitowa oraz ślepa — schodkowa zwana tarką lub klepiskiem, może wpływać na proces roboczy następującymi cechami konstrukcyjnymi:

- kształt komory rozdrabniania,
- rodzaj i ilość krawędzi tarki (na wlotowej części obudowy),
- rodzaj sita, grubość, wymiar jego otworów, stopień zużycia i kąt opasania wirnika,
- wielkość szczeliny roboczej (odległość między końcami bijaków i sitem),
- miejsce wlotu surowca do komory rozdrabniania.

Istotny wpływ na wydajność procesu wywiera równomierność zasila-

nia surowcem, co jest osiąganę przy zastosowaniu różnych urządzeń dozujących z regulowaną wydajnością, opartą na zasadzie kontroli maksymalnego obciążenia lub z automatyczną regulacją ciągłą dzięki użyciu, m.in. podajników wiibracyjnych a ostatnio i pneumatycznych. Także i sposób odbioru rozdrobnionego produktu wywiera wpływ na wydajność, która zależnie od warunków procesu może wzrosnąć nawet o kilkanaście procent, jeśli zastosuje się podciśnieniowy transport produktu spod rozdrabniacza.

Odrębną grupę czynników oddziałujących na przebieg procesu rozdrabniania stanowią cechy surowca, wśród których należy wymienić:

- wymiary,
- cechy mechaniczne (wytrzymałościowe), decydujące o podatności na rozdrobnienie,
- ciężar nasypowy (objętościowy),
- wilgotność,
- temperatura.

Już sam rejestr czynników wskazuje na znaczną komplikację analizy tego procesu. Przy tym odnotować należy, iż brak jest w literaturze opracowania monograficznego z tego zakresu, a w Polsce niewiele zostało wykonanych prac nad poznaniem wpływu poszczególnych czynników na jego realizację. Prace wykonane w ostatnich latach np. [2, 3, 5, 8] mają charakter badań wycinkowych, prowadzonych według różnej metodyki, wynikiem czego są one trudno porównywalne. Omawiana problematyka jest tym bardziej istotna, iż w ostatnich latach obserwuje się w świecie wyraźny postęp w konstrukcji rozdrabniaczy, wyrażający się zarówno wzrostem ich wydajności, jak i udogodnieniami eksploatacyjnymi. Wśród nich interesujące są dwa sposoby intensyfikacji procesu rozdrabniania. Pierwszy z nich polega na zwiększeniu powierzchni strefy schodkowej kosztem powierzchni sita, z zastosowaniem niekiedy dodatkowych krawędzi tnących. Redukcja powierzchni sita jest jednak ograniczona jego praktyczną przepustowością, stąd rozwiązaniem jest zwiększenie wymiaru otworów w sitach, co prowadzi do produkcji pewnej ilości cząstek nadwymiarowych, które trzeba oddzielić na przesiewaczu i skierować ponownie do rozdrabniacza. Drugi sposób polega na całkowitym usunięciu sit i postępowaniu podobnym do opisanego, tj. na zainstalowaniu dodatkowego odsiewacza frakcji nadwymiarowej, którą trzeba skierować do ponownego rozdrabniania.

Do usprawnień ułatwiających eksploatację należy zaliczyć:

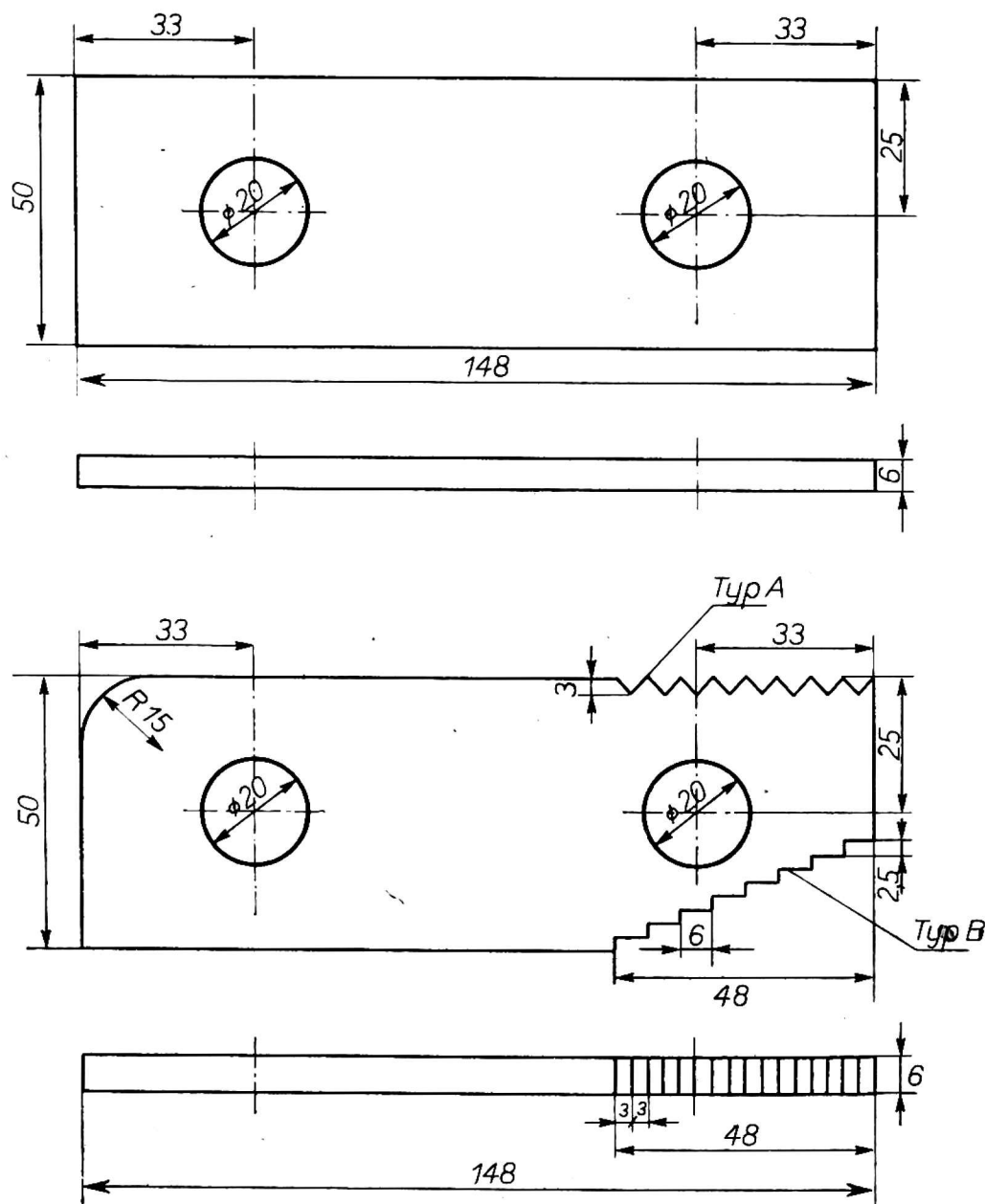
- wprowadzenie w większych rozdrabniaczach bocznej wymiany sit i jej mechanizacja (ze sterowaniem pneumatycznym), co umożliwia wymianę bez zatrzymywania procesu rozdrabniania,

— zastosowanie nowych typów bijaków, np. pierścieniowych, wydłużających kilkakrotnie czas eksploatacji w porównaniu z prostokątnymi,  
 — wprowadzenie pneumatycznego systemu dostarczania surowca, przez co uzyskuje się wzrost wydajności (równomierność zasilania i nadciśnienie wewnątrz rozdrabniacza) oraz eliminuje możliwość dostawania się do wnętrza rozdrabniacza kawałków metali, które niszczą sitową osłonę rozdrabniacza.

### METODYKA BADAŃ

W badaniach przyjęto następujące czynniki zmienne:

- kształt bijaków (3 typy),
- wymiar otworów w sicie (3, 5 i 6 mm),
- rodzaj surowca,
- różną wilgotność surowców.



Rys. 1. Bijaki stosowane w badaniach; a — normalny, b — zmodyfikowany, A — czynna strona bijaka oznaczonego dalej jako bijak typu A, B — bijak typu B

Dla przejrzystości przyjmuje się do dalszych analiz dwa rodzaje surowców tj. kukurydzę i jęczmień. Przyjęto cztery różne wilgotności surowców, które dla kukurydzy zawierały się w przedziale 13,5-19,6%, a dla jęczmienia — 13,5-20,1%.

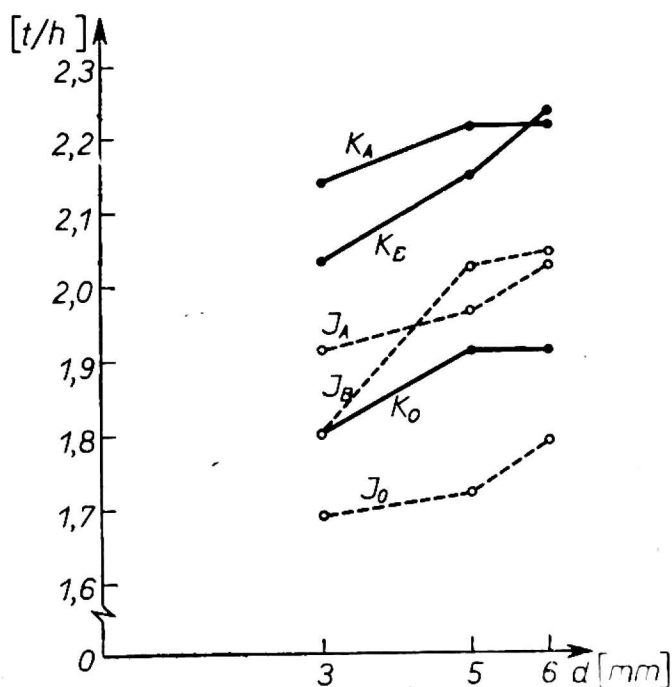
Wydajności surowców użytych w badaniach (tj. wilgotność, ciężar objętościowy, stopień rozdrobnienia) określano zgodnie z obowiązującymi normami.

Wydajność określano w ten sposób, że zmieniano wielkość zasilania rozdrabniacza, tak, aby utrzymać stałe pełne obciążenie silnika.

Bijaki stosowane w badaniach [3] przedstawia rysunek 1. Badaniami porównawczymi objęto: bijaki prostokątne, stosowane normalnie oraz bijaki z dwoma rodzajami nacięć. Do dalszych rozważań umownie przyjmuje się, że bijak typu A ma nacięcia ząbkowane, zaś bijak typu B ma nacięcia schodkowe (rys. 1). Badania przeprowadzono na specjalnym stanowisku pomiarowym, które stanowił rozdrabniacz bijakowy H-113/1, o prędkości obwodowej bijaków ok. 80 m/s.

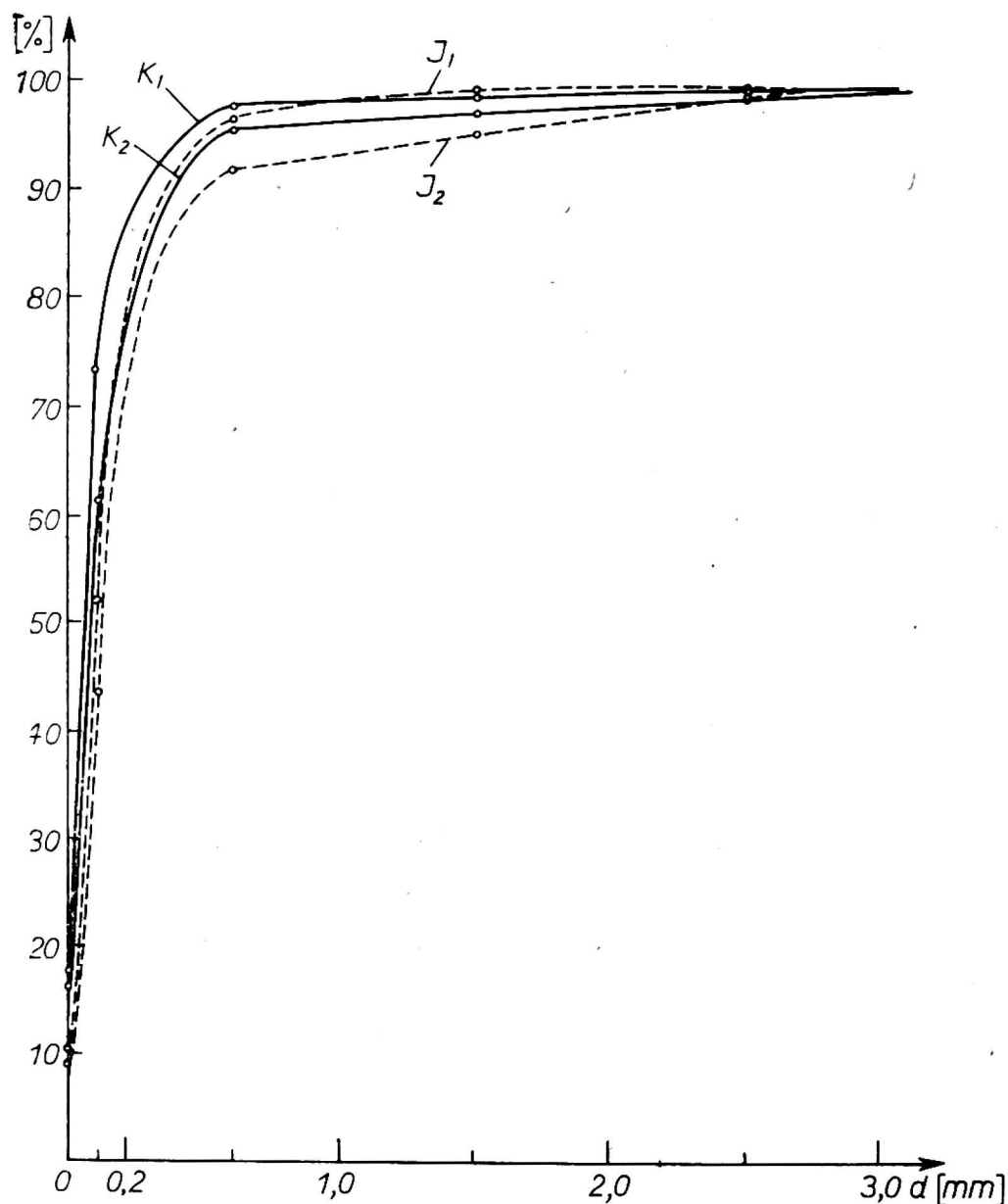
### WYNIKI BADAŃ

Na rysunku 2 przedstawiono zmiany wydajności rozdrabniacza zależnie od rodzaju bijaków oraz wielkości otworów w sicie, dla obydwu badanych surowców, w warunkach stałej wilgotności, wynoszącej ok. 14%. Jak wynika z rys. 2 rozdrabniacz z obydwoma zmodyfikowanymi bijakami ma większą wydajność niż ten sam rozdrabniacz z bijakami prostokątnymi. Różnice te wynoszą we wszystkich przypadkach kilkanaście procent, osiągając maksymalnie 19% dla bijaków typu A przy rozdrabnianiu kukurydzy z sitem o średnicy otworów 3 mm.



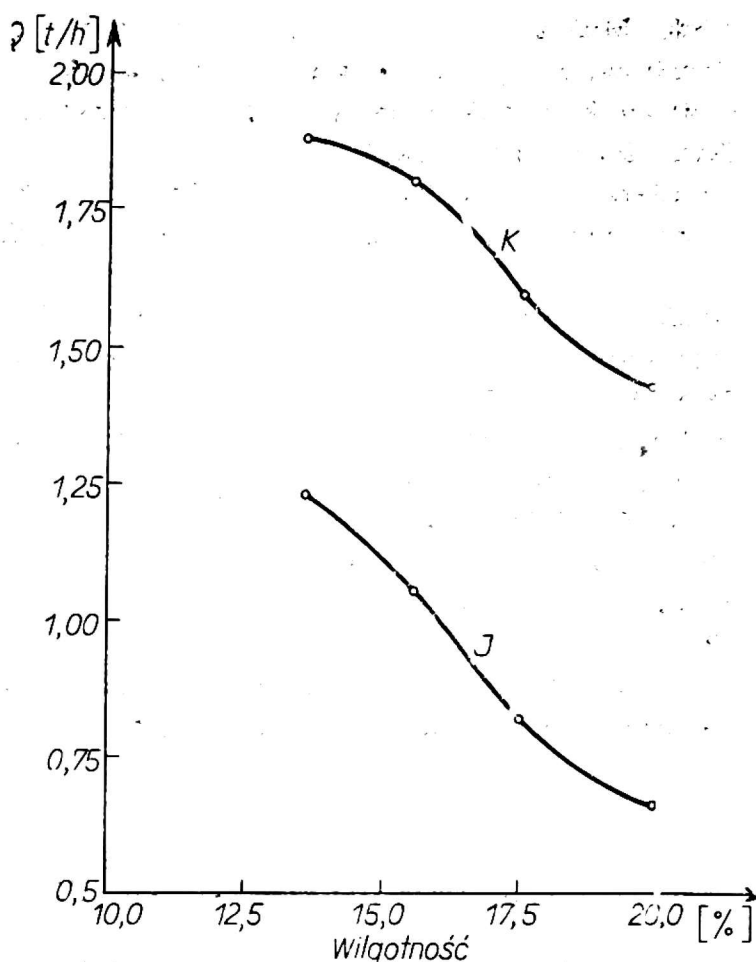
Rys. 2. Wpływ rodzaju bijaka i wielkości otworu w sicie rozdrabniacza na jego wydajność; K — kukurydza, J — jęczmień, przyjęto indeksy O, A, B dla odróżnienia bijaków i oznaczają one odpowiednio bijak bez zmian (O), oraz jego modyfikacje

Wielkość otworów sita wpływa na zmianę składu granulometrycznego rozdrabnianego produktu. Charakter tych zmian obrazuje rysunek 3, przedstawiający wyniki rozdrabniania bijakami prostokątnymi. Wynika stąd, że przy tej samej wielkości otworów w sicie kukurydza jest intensywniej rozdrabniana, dając więcej frakcji drobnej niż jęczmień. Widać stąd także, że zwiększenie otworów w sicie z 3 na 6 mm dla tego samego gatunku rozdrabnianych nasion tylko w niewielkim stopniu wpływa na skład granulometryczny. Obserwuje się to szczególnie wyraźnie przy kukurydzy, przy której zmiana średnicy otworów sita z 3 mm na 6 mm daje wzrost zawartości frakcji cząstek o wymiarach ponad 2 mm od ok. 1% tylko do ok. 2,7%. Przy rozdrabnianiu jęczmienia wzrost udziału frakcji cząstek o wymiarach powyżej 2 mm jest także niewielki, choć nieco większy niż przy kukurydzy.



Rys. 3. Wpływ wielkości otworów sita na wymiar cząstek uzyskanego produktu. Oznaczenia:  $K_1$  — kukurydza, sito  $\Phi$  3 mm,  $J_1$  — jęczmień, sito  $\Phi$  3 mm,  $K_2$  — kukurydza, sito  $\Phi$  6 mm,  $J_2$  — jęczmień, sito  $\Phi$  6 mm

Rys. 4. Zmiany wydajności procesu rozdrabniania zależnie od wilgotności surowców. (przyjęto stałe: średnica otworów w sicie 3 mm, bijaki prostokątne — normalne o grubości 6 mm); K — kukurydza, J — jęczmień



Wpływ wilgotności surowca na procesy rozdrabniania obrazuje rysunek 4. Obrazuje się bardzo wyraźny spadek wydajności przy wzroście wilgotności, który wynosi ok. 23% przy rozdrabnianiu kukurydzy (przy wzroście wilgotności z 13,5 do 19,6%) i aż ok. 45% przy rozdrabnianiu jęczmienia (wzrost wilgotności od 13,1 do 20,1%). Przy użyciu sit z innymi (większymi) otworami wzrost wilgotności wywołuje podobny spadek wydajności, jak przy sicie z otworami 3 mm. Wyniki przeprowadzonych badań mogą być przydatne zarówno dla użytkowników rozdrabniaczy bijakowych zwłaszcza w dużych wytwórniach mieszanek paszowych, jak i dla konstruktorów maszyn rozdrabniających. Przedłożone tu wyniki pomiarów, jak i uwagi o nowych rozwiązaniach wskazują na celowość podjęcia prac nad skonstruowaniem rozdrabniaczy o lepszych wskaźnikach technicznych.

#### LITERATURA

1. Brudka B.: Rozdrabnianie jako podstawowa czynność technologiczna i zastosowanie młynków młotkowych z bijakami swobodnymi wahliwymi do rozdrabniania surowców w procesie produkcji mieszanek paszowych. Biul. Inf. Przem. Paszowego, nr 1970.

2. Gierniet M.: Urawnowiesziwanje wraszczajuszczichsja mass młotkowych drobiłok. Mukomolno-Elewat i Kombikorm. Promyszl., nr 4, 1972.
3. Grochowicz J., Laskowski J., Czapski A., Syroka K.: Wpływ niektórych parametrów konstrukcyjnych na proces roboczy rozdrabniacza bijakowego. Przegląd Zboż.-Młyn., nr 7, 1977.
4. Grochowicz J., Tylżanowski J.: Budowa, eksploatacja oraz konserwacja maszyn i urządzeń w wytwórniach pasz. cz. I. Wyd. Czasopism Techn. NOT, Warszawa 1976.
5. Jasik K., Nowak A., Matulis Z., Ossowski G.: Energochłonność rozdrabniaczy bijakowych. Przegl. Zboż.-Młyn., na 8-9, 1976.
6. Mielnikow S. W.: Osnowanja dla projektirowanija młotkowych drobiłok. Ziemlecielczeskaja Mechanikā, t. VII. „Maszinostrojenje”, Moskwa 1967.
7. Praca zbiorowa: Feed Manufacturing Technology. Feed Production louncil, American Feed Manufactures Association, Inc. 1970.
8. Tylżanowski J., Leśniewski J.: Badania porównawcze i eksploatacyjne rozdrabniaczy bijakowych produkcji krajowej MMVz, RB-3,5P oraz RB-3,5. Biul. Inf. Przem. Pasz, nr 1971.
9. Zotowa A. S.: Dinamiczeskije issledowanja młotkowej kormodrobiłki. Ziemlecielczeskaja Mechanika, t. XII, „Maszinostrojenje”, Moskwa 1969.

*Юзеф Грохович*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАБОТЫ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ

### Резюме

В статье приводятся результаты исследований процесса раздробления зернистого сырья агрегатом молотковой дробилки. В начале приводится обзор факторов играющих существенную роль в исследуемом процессе, а затем дается краткая информация о новых направлениях в структуре молотковых дробилок. Для обеспечения сравнимости результатов ограничено количество изменчивых факторов, применяя в исследованиях м.пр. только два разных вида сырья, три типа дробильных молотков, три сита с разными величинами глазков и четыре уровня влажности сырья. Влияние указанных факторов на процесс раздробления оценивали на основании производительности и гранулометрического состава раздробленного продукта. Анализируются результаты представленные на чертежах. Исследования позволили формулировать заключения как для пользователей так и конструкторов молотковых дробилок, широко применяемых в кормозаготовительной промышленности.



*Józef Grochowicz*

## INVESTIGATIONS OF THE HAMMER MILL WORK PROCESS

### Summary

The results of investigations on comminution of granular raw materials with the hammer mill assembly are presented in the paper. First the factors playing a significant role on this process are reviewed and then a short information on new trends in the construction of hammer mills is given. To ensure the comparability of the results, the number of variable factors has been limited, while assuming only two different raw materials, three hammer mill types, three sieves of different mesh size and four levels of the raw material moisture. The effect of the above factors on the raw material comminution process was estimated by the productivity level and the granulometric composition of the comminuted product. The results of investigations are presented in graphs and analyzed. The investigations enabled to draw conclusions for both users and constructors of hammer mills, commonly applied in the fodder industry.