

Józef FLIZIKOWSKI¹
Adam MROZIŃSKI²
Marek MACKO³
Krzysztof TYSZCZUK⁴

STANOWISKO LABORATORYJNE ROZDRABNIANIA PRECYZYJNEGO

W pracy przedstawiono budowę i ogólne założenia system rozdrabniania precyzyjnego, głównie do materiałów biologicznych. Są to głównie materiały biologiczne o dużej zawartości tłuszczu i olejków eterycznych. Zweryfikowano zakres zmienności cech konstrukcyjnych dla wybranych charakterystyk użytkowych.

THE LABORATORY STATION FOR PRECISE COMMINATION

There are some general assumptions and building of the set-up of precise mill, mainly for biological materials. There are e.g. some materials with high content of fat and essential oils. The range of constructional features has been verified.

1. WPROWADZENIE

Oczekiwania w zakresie podwyższenia jakości produktu rozdrabniania oraz poprawy charakterystyk użytkowych rozdrabniania stanowią są podstawą rozwoju konstrukcji rozdrabniaczy. Również nowe układy i narzędzia projektowe spowodowały zmiany w metodologii projektowania nie tylko układów cyfrowych, ale również obiektów mechanicznych. Od kilku lat projektanci układów cyfrowych mogą stosować w swoich rozwiązaniach układy programowalne, których właściwości funkcjonalne mogą określać samodzielnie, za pomocą niezbyt skomplikowanych narzędzi, przede wszystkim w postaci odpowiedniego oprogramowania komputerowego.

CELEM PRACY jest rozwój i upowszechnienie układów mechatronicznych oraz ich

¹ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej; 85-789 Bydgoszcz; Al. Prof. S. Kaliskiego 7. Tel.: 52 3408293, Fax: 52 3408255, e-mail: fliz@utp.edu.pl

² Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej; 85-789 Bydgoszcz; Al. Prof. S. Kaliskiego 7. Tel./fax: 52 3408453, e-mail: adamroz@utp.edu.pl

³ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki, ul. K. Chodkiewicza 30; 85-064 Bydgoszcz. Tel.: 52 3401978, Fax: 52 3414773, e-mail: mackomar@ukw.edu.pl

⁴ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki, ul. K. Chodkiewicza 30; 85-064 Bydgoszcz. Tel.: 52 3401978, Fax: 52 3414773, e-mail: krzytysz@ukw.edu.pl

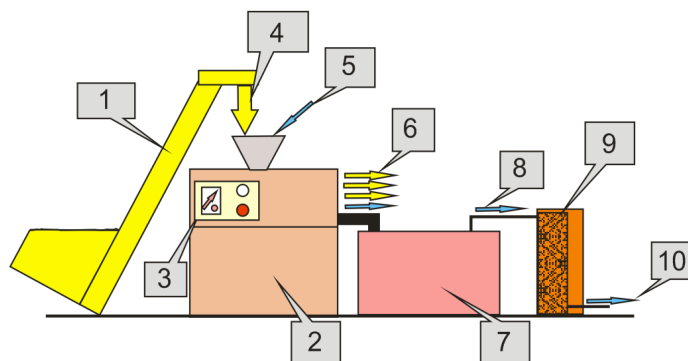
możliwości stosowania w realizacji doświadczeń fizycznych, monitorowaniu i kontroli stanów oraz przemian zmiennych (ich wskaźników) procesów technologicznych.

2. PROCES TECHNOLOGICZNY ROZDRABNIANIA

Celem procesu rozdrabniania, zwłaszcza materiałów biologicznych, jest uzyskanie – z jednej strony – wysokiej efektywności celowej, z drugiej strony – wysokiej efektywności energetycznej. W ogólnym ujęciu uważa się [2,3], iż proces rozdrabniania możemy nazwać efektywnym, gdy wydajność techniczna i stopień rozdrabniania rosną, a obciążenia i energia potrzebna do rozdrobnienia maleją. Kontrola parametrów opisujących powyższe stany, a następnie ich świadoma modyfikacja prowadzi do optymalizacji procesu rozdrabniania, w aspekcie przyjętych dla konstrukcji i procesu celów rozdrabniania. Np. rozdrabnianie materiałów biologicznych o dużej zawartości tłuszczu i olejków eterycznych rozdrabniaczem precyzyjnym typu RPW (RPW-11TN oraz RPW-17TN) prowadzi się w oparciu o stanowisko, którego schemat technologiczny prezentuje rys. 1.

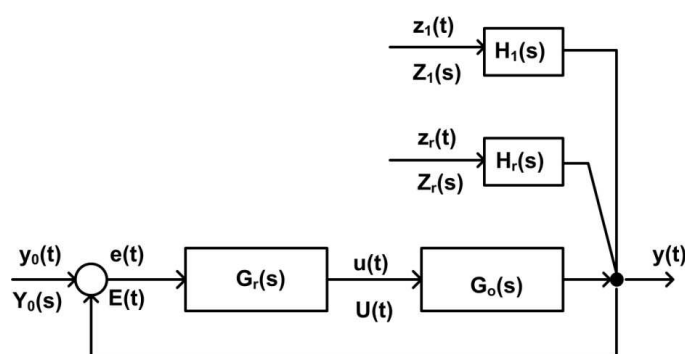
Na schemacie technologicznym (rys. 1) występują układy funkcjonalne:

1. Zbiornik materiału z podajnikiem ślimakowym o regulowanej wydajności.
2. Obudowa rozdrabniacza, napęd silnikiem elektrycznym i przekładnią z pasem zębatym.
3. Konsola sterowania rozdrabniaczem.
4. Wylot materiału z podajnika.
5. Wlot powietrza do rozdrabniacza – warunkuje poprawność rozdrabniania.
6. Wylot materiału rozdrobnionego i powietrza.
7. Zbiornik na produkt rozdrabniania, z wizjerem.
8. Wylot powietrza ze zbiornika do aspiratora.
9. Aspirator z układem filtracyjnym
10. Wylot czystego powietrza do atmosfery.



Rys. 1. Schemat technologiczny rozdrabniania rozdrabniaczem precyzyjnym typu RPW.

Ze względu na konieczność stałej kontroli i zmiany wartości wybranych parametrów procesu rozdrabniania dla zwiększania efektywności rozdrabniania zaprezentowany system w ramach dalszych badań rozbudowano o układy regulacji automatycznej. W związku z tym, w badanym dynamicznym układzie wyróżniono segmenty funkcjonalne (podsystemy), które kolejno poddawane są ocenie, poprzez pomiar wartości wybranych parametrów istotnych dla pracy układu, następnie wzbogacane o przetworniki pomiarowe i sensory oraz zespoły wykonawcze, co ostatecznie pozwoli na uzyskanie układu ze sprzężeniem zwrotnym. Powyższa idea oparta jest na znanych i stosowanych w mechatronice układach [5], a schemat blokowy układu (części funkcjonalnej) z ujemnym sprzężeniem zwrotnym z wydzieleniem poszczególnych bloków zakłóceń prezentuje rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy układu regulacji z wydzieleniem poszczególnych bloków zakłóceń.

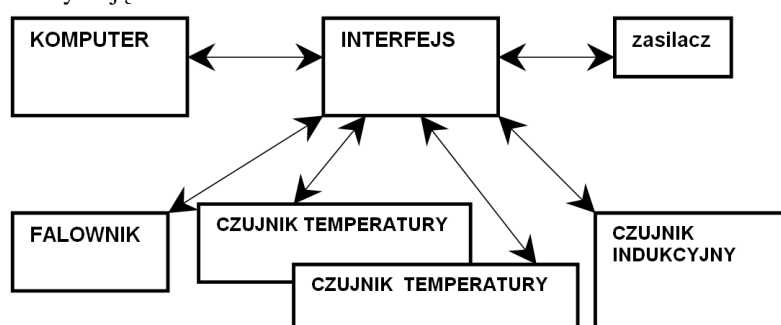
W układzie przedstawionym na rys. 2 poszczególne elementy opisane są jako:

- $G_o(s)$ – obiekt, $G_r(s)$ – regulator,
- $z_1(t), z_2(t), \dots, z_r(t)$ – zakłócenia,
- $Z_1(s), Z_2(s), \dots, Z_r(s)$ – transformaty tych zakłóceń,
- $H_1(s), H_2(s), \dots, H_r(s)$ – transmitancje operatorowe odpowiadające torom poszczególnych zakłóceń,
- $e(t)$ uchyb regulacji, $E(t)$ – jego transformata,
- $u(t)$ – sygnał sterujący, $U(t)$ – jego transformata,
- $y_0(t)$ – wartość zadana (wielkość zadająca), $y(t)$ – wielkość regulowana,

Jakość pracy wybranego układu regulacji automatycznej oceniono na podstawie przebiegu uchybu regulacji w czasie całego okresu pracy układu. Z uwagi na przypadkowy charakter przebiegu zakłóceń nie można określić rzeczywistego przebiegu uchybu regulacji, zatem ocena jakości pracy układu przeprowadzona jest na podstawie cech i parametrów wybranego procesu (części procesu), występujących przy pewnych typowych wymuszeniach, zidentyfikowanych dla rozdrabniania rozdrabniaczem precyzyjnym typu RPW. W pracy autorów [1,3,9] zaprezentowano już część zmiennych wejściowych w rozdrabniaczu precyzyjnym RPW-11TN, które pozwoliły na zainicjowanie budowy komputerowego systemu wspomaganie realizacji procesu rozdrabniania nasion oleistych rozdrabniaczem precyzyjnym.

3. ALGORYTM MŁYN 2010 ORAZ SYSTEM POMIAROWO-STERUJĄCY

Urządzenie, które stanowi część systemu pomiarowo-sterującego służy do sterowania falownikiem zasilającym silnik napędowy układu rozdrabniacza oraz do pomiaru prędkości obrotowej i temperatur w dwóch punktach konstrukcji rozdrabniacza (rys. 3). Oprogramowanie komputerowe MŁYN, pozwala na wyświetlenie danych pomiarowych i ręczne sterowanie falownikiem, gdzie klawiaturę falownika zastąpiono przyciskami na ekranie monitora. Oprogramowanie jest otwarte, co pozwala na rozbudowę o kolejne mierzone wielkości oraz dodanie funkcji sterowania procesem rozdrabniania i jego automatyzację.



Rys. 3. Budowa systemu kontrolno-pomiarowego.

Zadania zostały podzielone pomiędzy dwa zasadnicze elementy układu, gdzie główny to interfejs pomiarowo-sterujący sprzężony łączem szeregowym z komputerem. Interfejs zbudowany na bazie procesora ATmega prowadzi nabór i wstępne przetwarzanie danych oraz steruje urządzeniami zewnętrznymi realizując strategię zadaną przez komputer.



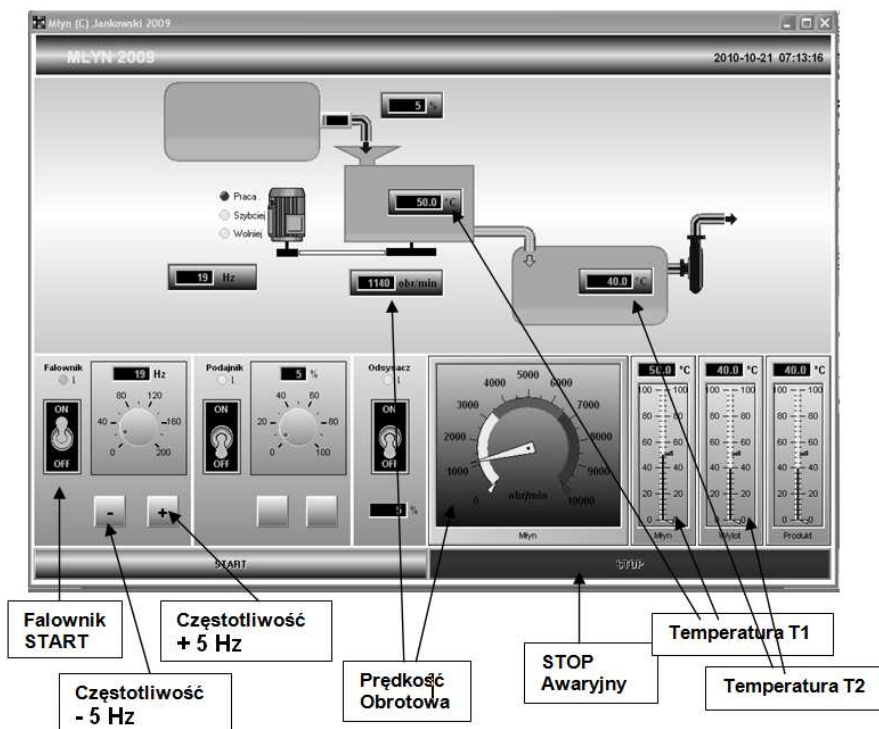
Rys.4. Widok ogólny stanowiska laboratoryjnego rozdrabniania precyzyjnego

Interfejs użytkownika: Użytkownik posiada możliwość obserwowania parametrów procesu i sterowania nim w czasie rzeczywistym. Sterowanie odbywa się za pomocą pól przycisków za pośrednictwem ekranu dotykowego lub za pomocą myszki. Ekran monitora z uruchomionym programem MŁYN prezentuje rys. 5.

Możliwości oprogramowania komputera: Możliwe jest tworzenie aplikacji sterujących i pomiarowych oraz wizualizacja i rejestracja ich pracy. Poza tworzeniem algorytmów sterujących i okien pełniących rolę paneli operatorskich i ekranów wizualizacji można skorzystać z dodatkowych możliwości, takich jak: programatory czasowe, harmonogram zadań, rejestratory trendów i danych pomiarowych. Istnieje możliwość sterowania systemem za pomocą e-maili, wysyłania e-maili, tworzyć dynamicznie dokumenty HTML. Kilka programów może komunikować się ze sobą za pośrednictwem sieci LAN.

Podstawowe procesory ATmega, zabudowane w interfejsie, mogą obsłużyć dwa cyfrowe czujniki temperatury DS18C20 i trzy wejścia analogowe. Wyjścia PWM pozwalają na budowę przetworników cyfrowo – analogowych, sterować prędkością obrotową silników prądu stałego i silnikami krokowymi.

Program posiada zestawy filtrów i konwerterów do przetwarzania i przeliczania tych wartości oraz rejestratory trendów i danych pomiarowych do ich zapisu, prezentacji i przetwarzania. Dane można prezentować w układzie tabelarycznym, jako wykresy a także eksportować do plików Excela.



Rys. 4. Widok panelu kontrolno-sterującego na ekranie komputera.

Podstawowe procesory ATmega, zabudowane w interfejsie, mogą obsłużyć dwa cyfrowe czujniki temperatury DS18C20 i trzy wejścia analogowe. Wyjścia PWM pozwalają na budowę przetworników cyfrowo – analogowych, sterować prędkością obrotową silników prądu stałego i silnikami krokowymi.

Program posiada zestawy filtrów i konwerterów do przetwarzania i przeliczania tych wartości oraz rejestratory trendów i danych pomiarowych do ich zapisu, prezentacji i przetwarzania. Dane można prezentować w układzie tabelarycznym, jako wykresy a także eksportować do plików Excela.

Rejestr zwany dziennikiem pozwala na rejestrację zdarzeń wraz z ich opisem, datą i godziną. Programatory dobowe i programatory tygodniowe służą do sterowania w funkcji czasu – załączanie i wyłączanie urządzeń lub uruchomienie jakiejś procedury za pewien czas. Programatory czasowe pozwalają na stworzenie sekwencji cyklicznie wykonywanych czynności natomiast harmonogram pozwala na zaplanowanie ich listy.

Program może w reakcji na zdefiniowane zdarzenia wysyłać e-maile, zarówno krótkie wiadomości mieszczące się w nagłówku listu jak i raporty tworzone na podstawie specjalnych matryc. Przykładowo zaprogramowany system co 10 minut wysyła list z rozkładem temperatur w badanym obiekcie. Przewidziane jest sterowanie systemem za pomocą e-maili. Polega to na wysyłaniu na obserwowany przez program adres listu, w nagłówku którego umieszcza się hasło i numer lub symbol polecenia a program zrealizuje to polecenie.

Aby opublikować wyniki pomiarów w Internecie tworzony jest normalny kod strony WWW (dokument HTML) ze specjalnymi znacznikami, w miejsce których automatycznie są zapisywane wartości śledzonych parametrów. Generowany okresowo dokument może być wysłany za pomocą klienta ftp na stronę WWW tworząc dynamicznie kształtowane raporty zależnie od stanu wejść czy potrzeb danego algorytmu.

4. PODSUMOWANIE

Realizacja procesu rozdrabniania nasion o dużej zawartości tłuszczu i olejków eterycznych wymaga kontroli wielu parametrów, zarówno dla utrzymania odpowiedniej wydajności, jak również uniknięcia degradacji temperaturowej produktu. Komputerowe wspomaganie badań i procesu oraz wprowadzane elementy automatyzacji pozwolą dzięki dalszym badaniom, zdaniem autorów, na celowe kształtowanie efektów rozdrabniania, zwłaszcza wymaganej postaci produktu oraz utrzymanie cennych biologicznie olejków eterycznych na poziomie materiału wsadowego.

W modelu podsystemu technologii rozdrabniania wielokrawędziowego wprowadzono ocenę wartości energetycznej wsadu, określenie cech konstrukcyjnych oraz właściwości mechanicznych tworzywa jako potencjału tworzywowego przed rozdrobnieniem. W dalszym etapie badań przewiduje się określenie, na podstawie wdrożenia aplikacji algorytmów genetycznych, szczegółowych cech geometrycznych tarcz rozdrabniacza oraz ocenę wybranych rozwiązań pod kątem podwyższenia efektywności energetycznej. Poza postacią zewnętrzną i wewnętrzną produktów przetwórstwa, przewiduje się wdrożenie oceny energetyczno-ekologicznej istotnie wpływającej na bilans określony w czterech fazach istnienia.

Działania koncepcyjne, projektowo-konstrukcyjne, stwarzają możliwość podejmowania decyzji, doboru rozwiązań minimalizujących następstwa obciążenia

środowiska powstającego na skutek powołania do życia wyrobu lub maszyny w całym cyklu życia (wytwarzania, eksploatacji i likwidacji maszyny). W tym celu opracowuje się lub dobiera rozwiązania technologiczne, konstrukcyjne i materiałowe w zakresie procesów przetwórczych, wytwórczych i eksploatacyjnych.

Modernizacja posiadanego rozdrabniacza laboratoryjnego precyzyjnego umożliwi poszerzenie spektrum badawczego i próby wdrożenia do praktyki przemysłowej a rozbudowa – z wytworzeniem wielu podzespołów i wyposażenie w moduły mechatroniczne – stanowiska badawczego rozdrabniania wymaga zainstalowania nowoczesnych komponentów z zakresu automatyki, mechaniki precyzyjnej co umożliwi szczegółowy opis i analizę procesu rozdrabniania.

Badania efektywności energetycznej w zakresie procesu rozdrabniania tworzyw polimerowych oraz nasion gorczycy i rzepaku posiadają innowacyjny charakter ze względu na sposób wykorzystania określonej grupy rozdrabniaczy. Zakłada się rozwiązanie problemu z zakresu rozdrabniania materiałów biologicznych o dużej zawartości tłuszczu, bez blokowania procesu i bez istotnego wzrostu temperatury produktu.

Badania procesu rozdrabniania odpadów pod kątem ich energetycznego wykorzystania to zakres badań, w których zakłada się odpowiednie przygotowanie produktu rozdrabniania do celów energetycznych.

„Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2009/2011 jako projekt badawczy”

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Flizikowski J.: *Projektowanie środowiskowe maszyn*. Wyd. ATR. Bydgoszcz 1998.
- [2] J. Flizikowski, A. Lis: *Inż. Ap. Chem.* 46, nr 1, 50 (2007).
- [3] J. Flizikowski: *Inż. Ap. Chem.* 47, nr 4, 26 (2008).
- [4] J. Flizikowski: *Rozprawa o konstrukcji*. ITE, Radom 2002.
- [5] J. Flizikowski: *Integron – model konstrukcji rozdrabniacza*. Inżynieria Rolnicza, Nr 9 (69), 109 (2005).
- [6] Flizikowski J., 2011: *Micro- and Nano Energy Grinding*. ISBN-10 9814303534. Pan Stanford Publishing. 2011.
- [7] M. Jankowski, K. Tyszczyk: *Inż. Ap. Chem.* 48, nr 2 (2009).
- [8] W. Jabłoński: *Automatyka i sterowanie*. Wydawnictwo Uczelniane ATR w Bydgoszczy, 1998.
- [9] K. Tyszczyk: *Badania efektywności rozdrabniania nasion lnu*. Rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, 2006.