

Jan Barwicki
Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa
w Warszawie

BADANIA MIESZADEŁ TARCZOWYCH, RAMOWYCH I ŁOPATOWYCH Z WYKORZYSTANIEM BEZINWAZYJNEJ METODY OCENY JAKOŚCI MIESZANIA

Streszczenie

Do badań wykorzystano stanowisko pomiarowe, składające się ze zbiornika cylindrycznego ze stali nierdzewnej o pojemności $0,05 \text{ m}^3$, silnika elektrycznego o zmiennej prędkości obrotowej, miernika zapotrzebowania na energię, przetwornika piezoelektrycznego do pomiaru stopnia jednorodności mieszaniny oraz komputera do rejestracji wyników badań. W trakcie badań korzystano z następujących mieszadeł: tarczowych, ramowych i łopatowych. Jako media w badaniach eksperymentalnych wykorzystano wodę oraz cząsteczki z tworzyw sztucznych o właściwościach fizyczno-mechanicznych, zbliżonych do elementów stałych mieszanek warzywno-owocowych, występujących w przetwórstwie spożywczym. Pomiar energii pochłoniętej przebiegu procesu mieszania wykonano dla czterech prędkości obrotowych mieszadeł: 150, 250, 300 i 400 obr. $\cdot \text{min}^{-1}$. Stwierdzono wpływ budowy mieszadeł na czas i energochłonność procesu mieszania. Wyniki badań mogą być wykorzystane do opracowania nowych typów mieszadeł oraz doskonalenia już pracujących.

Słowa kluczowe: mieszanie, badania eksperymentalne, ocena jakości mieszania, energochłonność, postęp

Wstęp

Jednym z najważniejszych problemów do rozwiązania w zakresie procesów mieszania jest znalezienie prostej, skutecznej, a najlepiej bezinwazyjnej metody oceny jakości pracy mieszadeł, co potwierdzili Bujalski i in. [1987], prowadząc badania procesów mieszania. Holroyd [1990] przedstawił na symposium w Londynie przetwornik piezoelektryczny zdolny do rejestrowania nietypowych drgań i „odgłosów”, pochodzących z różnych procesów, występujących w rolnictwie, przetwórstwie spożywczym i przemyśle motoryzacyjnym. Podobne spostrzeżenia zaprezentował na konferencji w Leatherhead Haywood [1990]. Umiejętne wykorzystanie przetwornika piezoelektrycznego umożliwi jego zastosowanie w badaniach procesów mieszania zarówno cząsteczek stałych, jak i ciekłych. Zostało to potwierdzone w badaniach pro-

cesów mieszania, przeprowadzonych przez autora [Barwicki 2009a]. Ocenę stopnia zmieszania składników produktów rolniczych przeprowadzano do tychczas za pomocą drogiej i pracochłonnej metody pobierania próbek z określonych miejsc przestrzeni zbiornika mieszarki w określonym czasie. Następnie w każdej próbce badano zawartość suchej masy, białka czy też ilości wyróżnika [Dreszer, Barwicki 1995]. Wybór którejs z tych metod badań zależał od zestawu składników poddanych procesowi mieszania oraz technicznych możliwości przeprowadzenia eksperymentu [Barwicki i in. 1996].

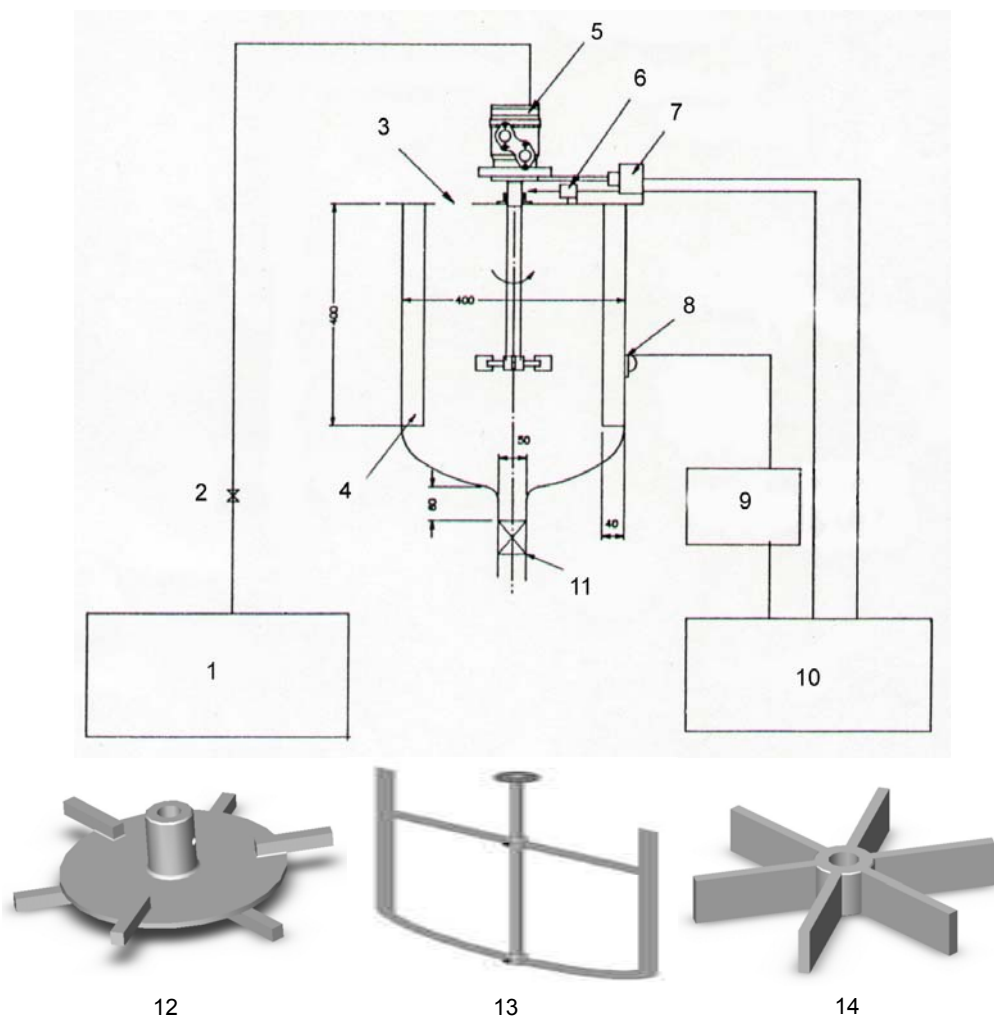
Celem badań było zbadanie procesu mieszania artykułów rolnych, wykorzystywanych w przetwórstwie spożywczym, z zastosowaniem trzech typów mieszadeł: tarczowych, ramowych i łopatowych, w aspekcie oceny jakości mieszania oraz zapotrzebowania na energię.

Opis stanowiska badawczego i przebieg eksperymentu

Schemat stanowiska do badań eksperymentalnych przedstawiono na rysunku 1. Dokładny opis stanowiska badawczego znajduje się w publikacji autora [Barwicki 2009b].

W badaniach wykorzystywano trzy typy mieszadeł: tarczowe, ramowe i łopatowe. Każde z tych mieszadeł stanowiło jednolitą konstrukcję i było mocowane bezpośrednio na wale łożyskowanym w środku pokrywy zbiornika. Mieszadło tarczowe, o średnicy zewnętrznej 190 mm, miało na obwodzie 6 czworokątnych prętów stalowych. Mieszadło ramowe, o średnicy zewnętrznej 250 mm i wysokości 250 mm, było mocowane do tego samego wału napędowego po zdemontowaniu mieszadła tarczowego. Mieszadło łopatowe, o średnicy 200 mm i wysokości 100 mm, mocowano dokładnie w miejscu pracy mieszadła tarczowego. Pomiar zapotrzebowania na energię w procesie mieszania odbywał się za pomocą miernika mocy (oznaczony na rys. 1 jako 7). Rejestracji drgań oraz sygnałów akustycznych przebiegu procesu mieszania dokonywano za pomocą przetwornika piezoelektrycznego (8), zamocowanego do zewnętrznej powierzchni zbiornika na wysokości mocowania poszczególnych typów mieszadeł. Sygnał z przetwornika piezoelektrycznego (8) trafiał do wzmacniacza (9), a następnie był rejestrowany przez komputer (10).

Do badań eksperymentalnych wykorzystano plastikowe cząsteczki o wielkościach i właściwościach fizyczno-mechanicznych zbliżonych do elementów stałych, występujących w przemyśle przetwórczym, tj. mieszanek owocowo-warzywnych. Cząsteczki te mieszano z wodą. W celu weryfikacji bezinwazyjnej metody oceny stopnia wymieszania pobierano próbki ze spustu zbiornika po określonym czasie mieszania i stosowano analizę ilościową zawartości cząstek w poszczególnych próbkach. Badania przeprowadzono w warunkach następujących prędkości obrotowych mieszadeł: 150, 250, 300 i 400 obr. \cdot min⁻¹.



Źródło: własne.

Rys. 1. Schemat stanowiska eksperymentalnego wraz z wymiennymi zestawami mieszadeł: 1 – zasilanie elektryczne, 2 – regulator prędkości obrotowej silnika elektrycznego, 3 – zasyp, 4 – przegroda, 5 – silnik elektryczny, 6 – tachometr, 7 – miernik zapotrzebowania na energię, 8 – przetwornik piezoelektryczny, 9 – wzmacniacz sygnału z przetwornika piezoelektrycznego, 10 – komputer, 11 – spust, 12 – mieszadło tarczowe, 13 – mieszadło ramowe, 14 – mieszadło łopatkowe

Fig. 1. The scheme of experimental testing stand with exchangeable mixing units: 1 – electric power supply, 2 – speed governor of electric motor, 3 – charge, 4 – partition, 5 – electric motor, 6 – tachometer, 7 – energy demand meter, 8 – piezoelectric transducer, 9 – amplifier of piezoelectric transducer signal, 10 – computer, 11 – release, 12 – disc-type mixing unit, 13 – anchor-type mixing unit, 14 – paddle-type mixing unit

Wyniki badań

Analiza ilościowa zawartości mieszanych cząstek w próbkach pobieranych w określonym czasie z otworu spustowego oraz jednoczesny odczyt sygnału akustycznego w postaci jego częstotliwości z przetwornika piezoelektrycznego potwierdziły zasadność zastosowania metody bezinwazyjnej do oceny procesu mieszania. Charakterystykę sygnału z przetwornika przedstawiono graficznie w zależności od czasu mieszania plastikowych cząsteczek o właściwościach podobnych do mieszanek owocowo-warzywnych (rys. 2). Krzywe na wykresach pokazują czas, w którym mieszanina osiąga stan odpowiedniego zmieszania składników. Opracowania wyników badań dokonano z wykorzystaniem programu komputerowego Statistica. Badano również energochłonność pracy mieszadeł tarczowych, ramowych i łopatowych (rys. 3).

Analizując wykresy obrazujące czas, w którym mieszanina osiągnęła odpowiednią jakość, można stwierdzić, że czas na uzyskanie odpowiedniego stopnia zmieszania cząsteczek jest najkrótszy, gdy stosuje się mieszadła ramowe. Wykres ma postać krzywej logarytmicznej, którą można opisać następującą zależnością:

$$y = 0,3223 \ln(x) - 0,4446 \quad (1)$$

Wskaźnik determinacji R^2 wynosił 0,8215.

Zapotrzebowanie na energię podczas pracy mieszadeł ramowych było największe spośród poddanych badaniom mieszadeł.

Krzywa zapotrzebowania na energię w trakcie pracy mieszadeł ramowych ma postać logarytmiczną i można ją opisać następującą zależnością:

$$y = 331,99 \ln(x) - 1422,3 \quad (2)$$

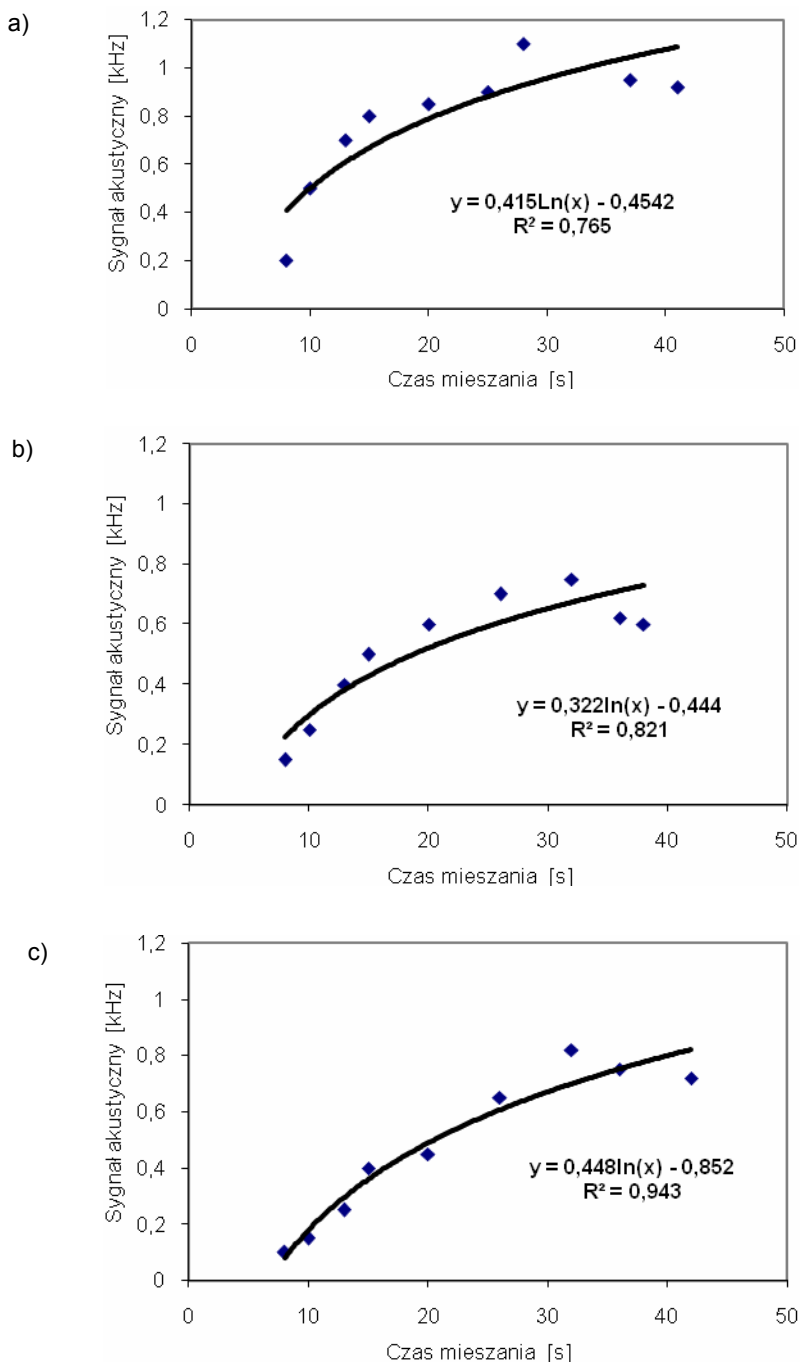
Wskaźnik determinacji R^2 wynosił 0,9421.

Wśród analizowanych typów mieszadeł jedne parametry pracy były najlepsze w przypadku mieszadeł ramowych, a inne – tarczowych. Mieszadła łopatowe zapewniają pośrednie wartości, zarówno ze względu na czas mieszania potrzebny do osiągnięcia odpowiedniej jakości mieszaniny, jak również zapotrzebowanie na energię. W związku z tym w zależności od zastosowania i oczekiwań inwestora można wybrać jeden z wymienionych wyżej typów mieszadeł.

Krzywą czasu mieszania za pomocą mieszadeł łopatowych można opisać następującym wzorem:

$$y = 0,448 \ln(x) - 0,8522 \quad (3)$$

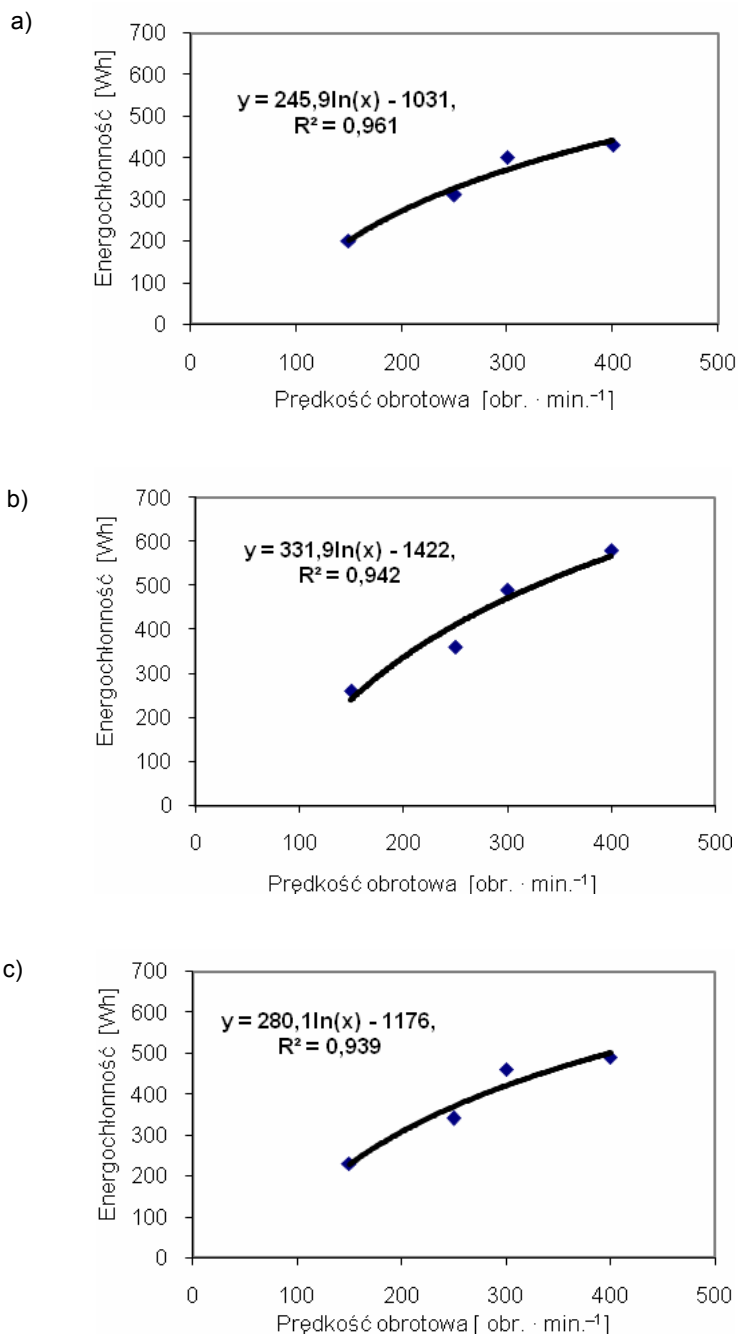
Wskaźnik determinacji R^2 wynosił 0,9436.



Źródło: badania własne.

Rys. 2. Wpływ czasu mieszania na jednorodność mieszaniny w warunkach pracy różnych typów mieszadeł: a) tarczowe, b) ramowe, c) łopatkowe

Fig. 2. Effect of mixing duration on the mixture homogeneity at using different mixing units: a) disc-type, b) anchor-type, c) paddle-type



Źródło: badania własne.

Rys. 3. Wpływ prędkości obrotowej różnych typów mieszadeł na energochłonność procesu mieszania: a) tarczowe, b) ramowe, c) łopatkowe

Fig. 3. Effect of the rotation rate at various types of mixing units on energy consumption in mixing process: a) disc-type, b) anchor-type, c) paddle-type

Energochłonność pracy mieszadeł łopatowych można opisać następującym wzorem:

$$y = 280,17 \ln(x) - 1176,9 \quad (4)$$

Wskaźnik determinacji R^2 wynosił 0,9399.

Wnioski

1. Mieszadła ramowe zapewniają najszybciej odpowiedni stopień wymieszania składników, ale zużywają najwięcej energii.
2. Mieszadła łopatowe potrzebują więcej czasu do osiągnięcia odpowiedniej jakości mieszaniny niż mieszadła ramowe, natomiast mniej czasu na mieszanie w stosunku do mieszadeł tarczowych.
3. Mieszadła tarczowe zużywają najmniej energii w trakcie mieszania, natomiast potrzebują najdłuższego czasu mieszania.
4. Wszystkie krzywe opisujące czas mieszania i zapotrzebowanie na energię mają postać logarytmiczną, a wartości wszystkich wskaźników determinacji R^2 dla wszystkich typów mieszadeł są wysokie.

Bibliografia

Barwicki J. 2009a. Bezinwazyjna metoda oceny stopnia wymieszania materiałów rolniczych. W: Nowe techniki i technologie w rolnictwie zrównoważonym. Materiały konferencyjne. WIRZ. Kielce.

Barwicki J. 2009b. Sound monitoring concept of evaluation of mixing process of different agricultural products. Naučnoe izdanie. Vypusk XI. Marijskij Gosudarstvennyj Institut. Joskar-Ola, s. 305–307

Barwicki J. i in. 1996. Wpływ konstrukcji mieszadeł na segregację i energochłonność procesu mieszania pasz. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Vol. LI, 30, s. 237–242

Bujalski W. i in. 1987. The dependency on scale of power number of Rushton disc turbines. Chemical Engineering Science. Vol. 37, s. 34–39

Dreszer K.A., Barwicki J. 1995. Metoda oceny jednorodności mieszaniny materiałów sypkich. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Vol. L, 28, s. 197–201

Haywood B.C. 1990. The use of acoustic monitoring in industry. Symposium Letherhead. Conference materials on mixing

Holroyd T.J. 1990. Acoustic emissions from an industrial applications viewpoint. Conference materials on mixing of agricultural products. London

Kejin W., Jiong H. 2005. Use of a moisture sensor for monitoring the effect of mixing procedure on uniformity of concrete mixtures. Journal of Advanced Concrete Technology. No. 3, s. 23–29

Povey M.J. 1989. Ultrasonics in food engineering. Part II. Applications. Journal of Food Engineering. No. 9, s. 12–16

**TESTING OF THE DISC-, ANCHOR- AND PADDLE-TYPE MIXING
UNITS BY THE USE OF NON-INVASIVE METHOD
TO EVALUATE THE MIXING QUALITY**

Summary

Investigations were conducted on an experimental stand consisted of: cylindrical steel tank, electric motor of variable rotation rate, energy demand meter, piezoelectric transducer to measure mixture homogeneity and the computer for recording test results. Disc-, anchor- and paddle-type mixing units were investigated. Water and artificial (plastic) particulates, similar in physico-mechanical properties to fruit and vegetable products processed in the food industry, were used as media in the experiment. Energy consumption in mixing process was measured for four rotational speeds of the mixing units: 150, 250, 300 and 400 r.p.m. The effects of mixing unit construction on duration and energy consumption in mixing process were stated. Obtained results may be useful at designing new types, as well as to improving construction of existing mixing units.

Key words: mixing, mixing quality, evaluation, energy consumption, mixing duration, experimental study

Praca wpłynęła do Redakcji 24.02.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Wacław Romaniuk
prof. dr hab. Marian Wiercioch*

Adres do korespondencji:

dr inż. Jan Barwicki

Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa w Warszawie

02-804 Warszawa, ul. Jastrzębia 15

e-mail: jan.barwicki@arimr.gov.pl