

RAFAŁ RAKOCZY
STANISŁAW MASIUK

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

Wpływ wirującego pola magnetycznego na kształt pęcherzy powietrza w sztucznym ścieku

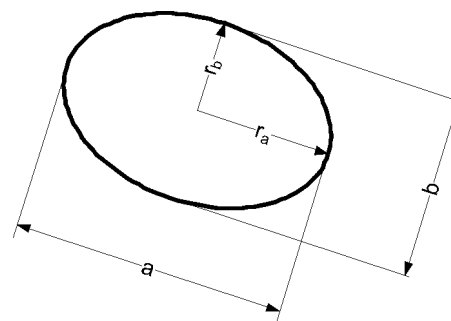
Wprowadzenie

Redukcja rozpuszczonych w ścieku substancji organicznych najczęściej odbywa się metodą mikrobiologiczną, wykorzystując mikroorganizmy aerobowe. W wyniku ich działalności życiowej następuje mineralizacji substancji organicznych. Prawidłowy cykl życiowy wymaga nieustannego dostarczenia tlenu. Powszechnie, tlen dostarcza się z powietrza przez aerację ścieku surowego. Powstaje układ dyspersyjny gaz-ciecz. Ilość dostarczonego powietrza zależy od powierzchni kontaktu pęcherzy z otaczającym ściekiem, a zatem od kształtu pęcherza. W literaturze przedmiotu brak jest badań dotyczących oddziaływania wirującego pola magnetycznego na kształt pęcherza powietrza.

Aparatura doświadczalna i pomiar

Pomiary zrealizowano z wykorzystaniem aparatury, której schemat pokazano na rys. 1. Źródłem wirującego pola magnetycznego był generator pola – 3. Wewnątrz generatora umieszczono pionową kolumnę – 1 napełnioną sztucznym ściekiem. Kolumnę zaopatrzono w dwie przezroczyste kufy – 2 przeznaczone do obserwacji oraz cyfrowej rejestracji zmian kształtów pęcherzy powietrza wznoszących się w syntetycznym sztucznym ścieku. Strumień objętościowy przepływającego przez kolumnę powietrza zmieniano w granicach $\dot{V} = 10 \div 60 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Z obrazów graficznych wynikało, że pęcherze powietrza mają kształty zbliżone do elipsoidy obrotowej (Rys. 2). Analizę wi-



Rys. 2. Szkic typowego pęcherza powietrza z naniesionymi głównymi parametrami geometrycznymi

zualną oraz podstawowe wymiary geometryczne wyznaczono z fotografii cyfrowych z wykorzystaniem programów *Matlab Image Tool* oraz *AutoCAD*. Przeprowadzono analizę dla 250 pęcherzy.

Omówienie i dyskusja wyników

Kształt pęcherzy różni się od kulistego i może być opisany współczynnikiem kształtu:

$$E = \frac{b}{a} \quad (1)$$

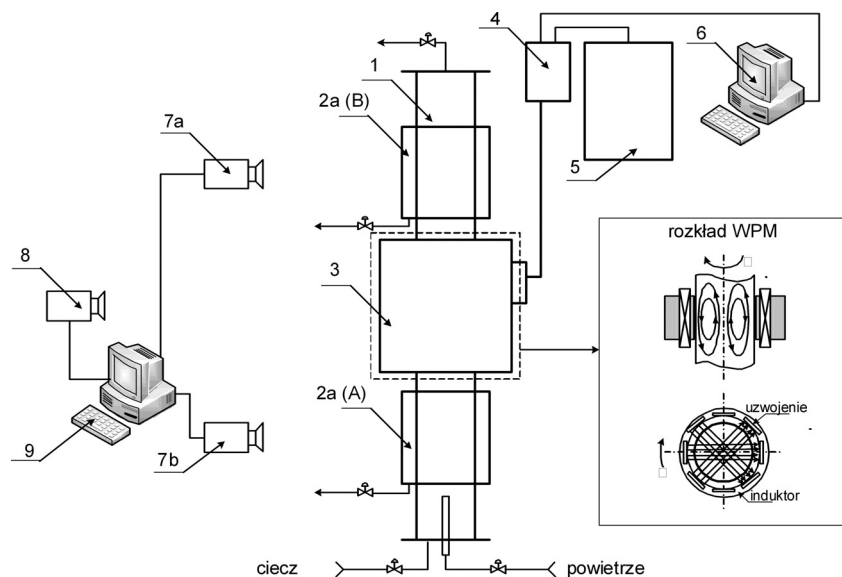
Wykorzystując otrzymaną bazę danych wyznaczono gęstość rozkładu prawdopodobieństwa zbioru wielkości oraz sporządzono histogramy. Przykładowy histogram

współczynników kształtu został pokazany na rys. 3. Analiza wartości liczbowych charakterystyki kształtu dla otrzymanych histogramów wykazała, że zbiorowości tych współczynników można opisać rozkładem normalnym o entropii różniczkowej zdefiniowanej następująco:

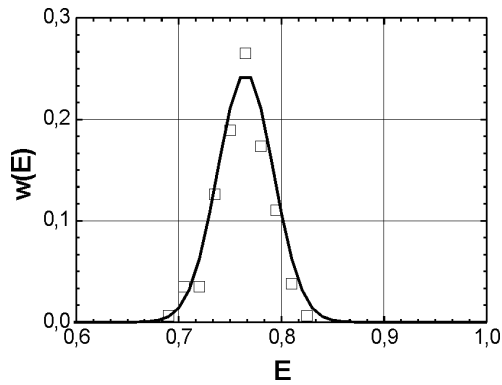
$$H[w(E)] = \ln\left(\frac{1}{A} \sqrt{2\pi e \sigma_d^2}\right) \quad (2)$$

gdzie: σ_d – odchylenie standardowe.

Entropia informacji, oparta na wyznaczonej gęstości prawdopodobieństwa parametru charakteryzującego odkształcenie pęcherzy, może być wykorzystana jako ilościowa oraz jakościowa ocena kształtu elementów fazy rozproszonej w przypadku układów wielofazowych. Pojęcie takie umożliwi ocenę zmian kształtu analizowanych pęcherzy poddawanych od-



Rys. 1. Schemat aparatury doświadczalnej: 1 – kolumna, 2a, b – prostopadłościennne kufy, 3 – generator wirującego pola magnetycznego, 4 – falownik, 5 – skrzynka zasilająca, 6, 9 – komputery, 7 – aparaty cyfrowe, 8 – kamera wideo



Rys. 3. Przykładowy histogram współczynników kształtu dla strumienia objętości powietrza ($\dot{V} = 10 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)

działaniom wirującego pola magnetycznego oraz znajdującym się w ruchu.

Jak wykazały pomiary, entropia różniczkowa określona wzorem (2), zależy od parametrów fizykochemicznych fazy ciągłej układu dyspersyjnego powietrze – sztuczny ściek oraz od natężenia pola magnetycznego. Z analizy bezwymiarowego równania ruchu pęcherza wynika, że parametry te można opisać przy użyciu liczby *Mortona* uwzględniającej parametry fizykochemiczne fazy ciągłej oraz liczby *Hartmana*, określonej stosunkiem objętościowej siły magnetycznej powstałej w fazie ciągłej do siły lepkości. Liczby te są zdefiniowane następującymi wzorami:

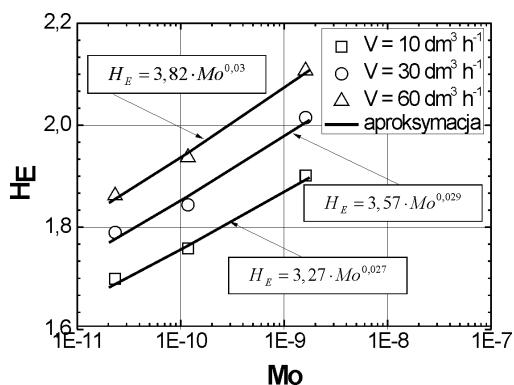
$$Mo = \frac{q\eta' \Delta\rho}{\rho'^{2/3} \sigma_e} \quad (3)$$

$$Ha = BD \sqrt{\frac{\sigma_e}{\eta'}} \quad (4)$$

gdzie:

- B – indukcja magnetyczna,
- D – średnica kolumny,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- $\Delta\rho$ – różnica gęstości fazy ciekłej i gazowej, $\Delta\rho = \rho' - \rho''$
- η' – lepkość fazy ciekłej,
- σ_e – napięcie powierzchniowe fazy ciekłej,
- σ_e – przewodność elektryczna fazy ciekłej.

Wpływ parametrów fizykochemicznych fazy ciągłej układu dyspersyjnego powietrze – sztuczny ściek na wartości róż-

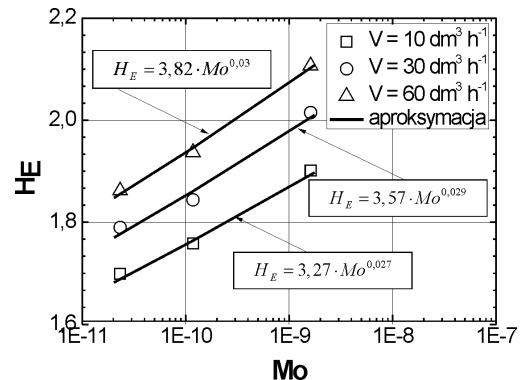


Rys. 4. Zależność różniczkowej entropii informacji, (E_H), od liczby *Mortona*, (Mo), oraz strumienia objętości powietrza, (V)

niczkowej entropii informacji dla trzech wartości strumienia objętości powietrza doprowadzanego do generatora pola umieszczonego na kolumnie pokazano na rys. 4.

Z analizy danych pokazanych na rys. 4 wynika, że wartość entropii informacji wzrasta wraz ze wzrostem liczby *Mortona* oraz strumienia objętości powietrza. Wzrost entropii świadczy o szerszym zakresie zmienności współczynników kształtu pęcherzy gazowych, co wynika ze wzoru definicyjnego (2), gdzie główną zmienną charakteryzującą entropię różniczkową jest dyspersja kształtu pęcherza, σ_D .

Zmienność obliczonych wartości różniczkowej entropii informacji w zależności od liczby *Hartmana* oraz strumienia objętości powietrza przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Zależność różniczkowej entropii informacji, (E_H), od liczby *Hartmana*, (Ha), oraz strumienia objętości powietrza, (V)

Podsumowanie

Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że wirujące pole magnetyczne ma znaczący wpływ na kształt pęcherzy powietrza wznoszących się w sztucznym ścieku. Zaproponowany opis informacyjny z wykorzystaniem bezwymiarowych liczb kryterialnych zdefiniowanych w oparciu o równanie mechaniki płynów został z powodzeniem wykorzystany dla układu dyspersyjnego powietrze – sztuczny ściek. Można przypuszczać, że przedstawiony opis będzie również przydatny do analizy innych układów dyspersyjnych typu gaz – ciecz. Z procesowego punktu widzenia, określenie deformacji kształtu pęcherzy jest pomocne w oszacowaniu prędkości wznoszenia pęcherzy gazu w cieczy. Wykazano, że zastosowanie wirującego pola magnetycznego ma wpływ na kształt pęcherzy tworzących się przepływających w cieczy, co bezpośrednio wiąże się z wielkością powierzchni kontaktu międzyfazowego. Ewentualne zastosowanie urządzeń wykorzystujących wirujące pole magnetyczne w procesie oczyszczania ścieków rzeczywistych może znacząco wpłynąć na stopień napowietrzania układu.

LITERATURA

1. *M. Dziubiński*: Hydrodynamika przepływu mieszanin dwufazowych ciecz-gaz, Łódź, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2005.
2. *J. Kamiński*: Mieszanie układów wielofazowych, Warszawa, WNT, 2004.
3. *R. Clift, J.R. Grace, M.E. Weber*: Bubbles, drops and particles, Dover Publications, 2005.
4. *R. Rakoczy, S. Masiuk*: Chem. Eng. Process. (2009 – doi: 10.1016/j.ccep.2009.05.001).