

METODYKA OKREŚLANIA CZASU HOMOGENIZACJI CIECZY
W MIESZALNIKU PERIODYCZNYM

Grzegorz Radomski, Władysław Tarasewicz

Wyższa Szkoła Inżynierska w Koszalinie

WSTĘP

Istotnym problemem występującym w procesach mieszania periodycznego jest czas mieszania. Wiele prac [1,2,4] dotyczących czasu wymieszania prowadzono przy założeniu, że czas ten zależy od mocy mieszania $P \sim n^3 d^5 \rho$. Otrzymano liczbę kryterialną o postaci

$$\tau_m \cdot n = C = \text{const}, \quad (1)$$

zwaną liczbą przemieszania. Powyższe kryterium określa czas mieszania do bliżej nieokreślonego stanu.

Niniejsza praca jest próbą ustalenia czasu mieszania do ściśle określonego stanu. Tak postawiony cel wymaga rozwiązania dwóch zagadnień: wskaźnika stanu wymieszania i szybkości (intensywności) dochodzenia do niego.

DEFINICJA STOPNIA WYMIESZANIA

W mieszaninie zhomogenizowanej idealnie poszczególne własności są w każdym punkcie jednakowe, jako skutek równomiernego w całej masie rozmieszczenia jej składników. Ilościowo stan wymieszania rzeczywistego określa się stopniem wymieszania η . Do oceny stanu wymieszania w mieszalniku periodycznym adaptowano definicję podaną w pracy [5] dla mieszania w przepływie. Stopniem wymieszania η - względem stanu początkowego całkowitego rozdzielenia na składniki $|\overline{R_p} - R_0|$ - nazywamy zmniejszenie

szanie się uśrednionej różnicy obserwowanej własności między jej wartościami w mieszaninie rzeczywistej R_{τ} i we wzorcowo zhomogenizowanej R_0 :

$$\eta [\%] = 100 \frac{|\overline{R_p - R_0}| - |\overline{R_{\tau} - R_0}|}{|\overline{R_p - R_0}|} = 100 \left(1 - \frac{|\overline{R_{\tau} - R_0}|}{|\overline{R_p - R_0}|} \right). \quad (2)$$

Odnosny stopień wymieszania wskazuje więc, że w mieszaninie rzeczywistej średnie odchylenie od wzorcowo wymieszanej równa się

$$|\overline{R_{\tau} - R_0}| = |\overline{R_p - R_0}| (1 - 0,01 \eta) \approx \pm R_0 (1 - 0,01 \eta) \quad (3)$$

lub, że średnia wartość obserwowanej własności wynosi

$$\overline{R_{\tau}} = |\overline{R_p - R_0}| (1 - 0,01 \eta) + R_0 \approx \pm R_0 (1 - 0,01 \eta) + R_0 \approx R_0 [1 \pm (1 - 0,01 \eta)], \quad (4)$$

albo względna wobec wzorcowej wartość obserwowanej własności

$$\frac{\overline{R_{\tau}}}{R_0} \approx 1 \pm (1 - 0,01 \eta), \quad (5)$$

czyli zmienia się w przedziale

$$0,01 \eta \leq \frac{\overline{R_{\tau}}}{R_0} \leq (2 - 0,01 \eta). \quad (6)$$

Tak zdefiniowany stopień wymieszania obejmuje jedną skalą cały zakres możliwych zmian, od zupełnego niewymieszania ($0,01 \eta = 0$) na początku procesu, do całkowitego ujednorodnienia mieszaniny ($0,01 \eta = 1$).

Czas mieszania: do ściśle określonego stopnia

Stopień ujednorodnienia mieszaniny w metodzie periodycznej rośnie z czasem trwania procesu zgodnie z funkcją wykładniczą [3,4]

$$(1 - 0,01 \eta) = e^{-k\tau}. \quad (7)$$

Eksperymenty wskazują, że zmienność ta odpowiada postaci

$$(1 - 0,01 \eta) = e^{-k_1(\tau + \tau_0)} \quad (8)$$

Z powyższej funkcji wynika, że w układzie $\ln(1-0,01\eta) = f(\tau)$ otrzymuje się linię prostą o nachyleniu

$$k_1 = \frac{\ln \frac{1}{1-0,01\eta}}{\tau + \tau_0} \quad (9)$$

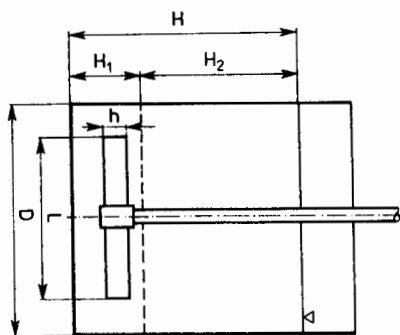
lub

$$k = \frac{1}{\tau + \tau_0} \lg \frac{1}{1-0,01\eta} \quad (10)$$

Współczynnik proporcjonalności k jako współczynnik szybkości, zwany intensywnością mieszania, wyraża zmniejszenie niejednorodności układu na jednostkę czasu determinowane parametrami procesu. Wielkości k i τ_0 określają czas mieszania do założonego stanu ujednorodnienia, który to czas opisuje równanie

$$\tau = \frac{1}{k} \lg \frac{1}{1-0,01\eta} - \tau_0 \quad (11)$$

W celu wyznaczenia czasu wymieszania τ do odpowiedniego stopnia η niezbędne jest opisanie funkcji zależności k i τ_0 od parametrów procesu. Uzyskano to na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych w mieszalniku laboratoryjnym (rys. 1) z elementem jednołapowym o zróżnicowanych jego wysokościach, prędkościach obrotu i wysokościach wypełnienia zbiornika. Homogenizacji podlegały dwie cieczce: wo-

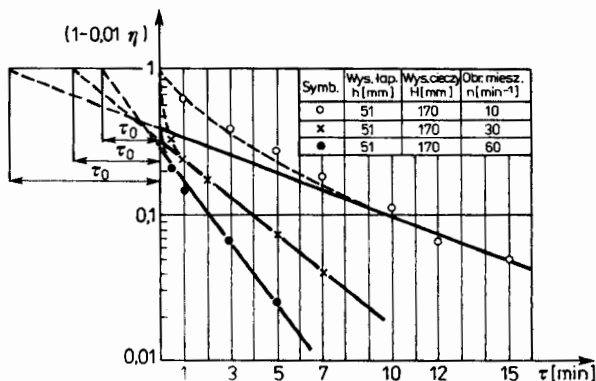


Rys. 1. Schemat mieszalnika z elementem jednołapowym

da i wodny roztwór soli. Cechą mieszaną była przewodność elektryczna. Oznaczano ją w próbkach pobieranych przy górnej powierzchni warstwy cieczy w mieszalniku. Stopień wymieszania wyznaczano na podstawie zależności (2).

Z analizy mechanizmu mieszania w mieszalniku periodycznym oraz zależności $\log(1 - 0,01\tau) = f(\tau)$ (rys. 2) wynika, że na wartość współczynnika intensywności k mają wpływ moduły:

- stosunek objętości „kręconej” (wprowadzanej w ruch) do objętości wypełnienia zbiornika L^2h/D^2H ,
- zmodyfikowana liczba Reynoldsa $Rem = nL^2/\nu$.



Rys. 2. Wykres zależności $\log(1 - 0,01\tau) = f(\tau)$

W związku z tym, współczynnik szybkości (intensywności) mieszania daje się wyrazić funkcją nieokreśloną

$$k = f\left(\frac{L^2h}{D^2H}, \text{Rem} = \frac{nL^2}{\nu}\right), \quad (12)$$

odpowiadającą zależności potęgowej

$$k = C\left(\frac{L^2h}{D^2H}\right)^a \text{Rem}^b. \quad (13)$$

Z wykresu (rys. 2) wynika, że $\tau_0 = f(k)$ i opisywane jest równaniem

$$\tau_0 = A k^d. \quad (14)$$

WNIOSKI

1. Podana definicja stopnia wymieszania (2) jednoznacznie określa stan wymieszania w całym przedziale możliwych zmian ($0 \leq 1$).

2. Znajomość współczynników kinetycznych k i τ_0 pozwala określić czas mieszania do ściśle założonego stanu (τ).

Wykaz oznaczeń

- A, C - współczynniki proporcjonalności,
 a, b, d - wykładniki potęg,
 O - średnica zbiornika,
 H - wysokość cieczy w zbiorniku,
 h - wysokość łapy mieszadła,
 k_1, k - współczynnik intensywności mieszania,
 L - średnica mieszadła,
 n - liczba obrotów mieszadła,
 R_o - wartość cechy mieszaniny doskonale wymieszanej,
 R_p - wartość cechy mieszaniny rzeczywistej na początku procesu,
 R - wartość cechy mieszaniny rzeczywistej po czasie t,
 η - stopień wymieszania,
 ν - lepkość kinematyczna,
 τ - czas mieszania do stopnia η ,
 τ_o - czas mieszania właściwego (ustalonego), równoważący nieustalone mieszanie rozruchowe (początkowe).

PIŚMIENNICTWO

1. Henzler H. J.: Untersuchungen zum Homogenisieren von Flüssigkeiten oder Gasen. VDI-Forschungheft 1978, 587, 60.
2. Kipke K.: Offene Probleme in der Rührtechnik. Chem.-Ing.-Techn. 1982, 54. 5, 416-425.
3. Ogawa K., Ito S., Matsumura Y.: Mixing rate in a stirred vessel. Journal of Chemical Engineering of Japan. 1980, 13, 4, 324.
4. Stręk F.: Mieszanie i mieszalniki. Warszawa WNT, 1981.
5. Tarasewicz Wł.: Intensywność mieszania cieczy (newtonowskich) w przepływie. ZN IMP PAN Nr 18/1979/79.

Г. Радомски, В. Тарасевич

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ЖИДКОСТЕЙ
 В ПЕРИОДИЧЕСКОМ МЕШАТЕЛЕ

Р е з ю м е

В работе представлена методика определяя времени гомогенизации до точно установленного состояния. Количественной мерой состояния перемешивания является степень (η), которая изменяться во времени согласно показательной функции $(1 - 0,01\eta) = e^{-k(\tau + \tau_o)}$.

Коэффициенты k и τ_o определяющие время мешения до точно устано вленного состояния описаны функциями зависящими от параметров процесса.

G. Radomski, W. Tarasewicz

THE DETERMINATION METHOD OF LIQUID HOMOGENIZATION TIME IN A PERIODIC STIRRED VESSEL

S u m m a r y

In this paper there has been presented the determination method of mixing time τ closely up to accepted state. The degree η is the quantitative measure of mixing quality which varies in time according to exponential function $(1 - 0,01\eta) = e^{-k(\tau+\tau_0)}$. The coefficients k and τ_0 , determining the mixing time up to accepted state, have been described by the functions of process parameters.