

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T M A S Z Y N P R Z E P Ł Y W O W Y C H

P R A C E
I N S T Y T U T U M A S Z Y N
P R Z E P Ł Y W O W Y C H

T R A N S A C T I O N S
O F T H E I N S T I T U T E O F F L U I D - F L O W M A C H I N E R Y

82

W A R S Z A W A - P O Z N A Ń 1982

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

*

THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

RADA REDAKCYJNA – EDITORIAL BOARD

TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI
STEFAN PERYCZ · WŁODZIMIERZ PROSNAK
KAZIMIERZ STELLER · ROBERT SZEWAŁSKI (PRZEWODNICZĄCY · CHAIRMAN)
JÓZEF ŚMIGIELSKI

KOMITET REDAKCYJNY – EXECUTIVE EDITORS

KAZIMIERZ STELLER – REDAKTOR – EDITOR
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI
ANDRZEJ ŻABICKI

REDAKCJA – EDITORIAL OFFICE

Instytut Maszyn Przepływowych PAN
ul. Gen. Józefa Fiszer 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1982

Printed in Poland

ISBN 83-01-03979-5
ISSN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE – ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 340 + 90 egz.	Oddano do składania 12 X 1981 r.
Ark. wyd. 12 Ark. druk. 9,25	Podpisano do druku 18 V 1982 r.
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g 70 × 100 cm.	Druk ukończono w maju 1982 r.
Nr zam. 577/122. W-6/523.	

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

EDWARD ŚLIWICKI, ALEKSANDER JEZERSKI

Gdańsk

Wpływ liczby strumieni na mieszanie cieczy w mieszalniku strumieniowym*

W pracy przedstawiono badania dotyczące mieszania się dwóch strumieni cieczy, z których jeden wpływał do mieszalnika w postaci wielu podstrumieni. Zastosowano mieszalnik przepływowy typu rura w rużu. Wyniki pomiarów opisano za pomocą korelacji (4). Stopień wymieszania zależy silnie od odległości od początku wymieszania, parametru α i liczby strumieni n .

Badania i korelacja są rozszerzeniem i uogólnieniem wyników przedstawionych w pracy [1].

Wykaz oznaczeń

c – stężenie barwnika,
 d – średnica kanału mieszalnika,
 F – pole przekroju poprzecznego,
 I – stopień wymieszania,
 l – odległość przekroju pomiarowego od wlotu strumienia I ,
 n – liczba rurek, którymi doprowadzano strumienie I ,
 $\dot{p} = \dot{m}u$ – strumień pędu,

u – prędkość
 $\dot{V}$ – natężenie przepływu,
 $\alpha = \dot{p}_1 / \dot{p}_3$,
 ν – lepkość kinematyczna.

Indeksy dotyczą:

1, 2, 3 – mieszanych strumieni, przekrojów kanałów,
 0 – mieszaniny.

Praca jest kontynuacją poprzedniej [1], w której rozpatrzono mieszanie dwóch strumieni cieczy o tych samych i różniących się lepkościach i uzyskano zależność na stopień wymieszania

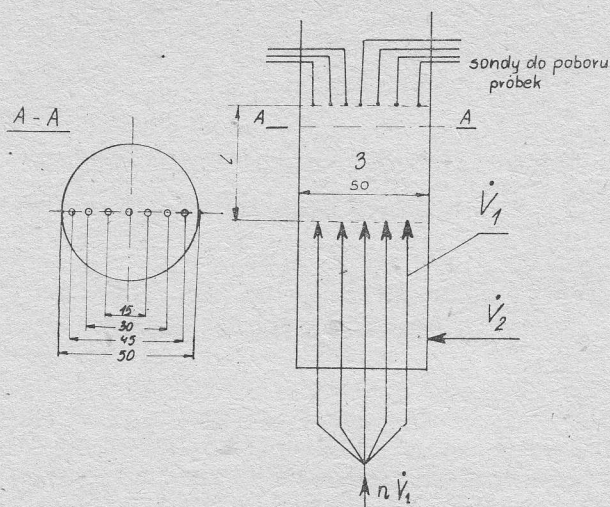
$$I = 1 - e^{-0,57(l/d_3)\alpha}. \quad (1)$$

W niniejszej pracy rozpatrzono mieszanie się dwóch cieczy, z których jedną doprowadzono do mieszalnika w postaci wielu strumieni, różnie rozłożonych w kanale.

1. Eksperyment i wyniki

Eksperymenty wykonywano na stoisku podobnym do opisanego w pracy [1]. Najistotniejszej modyfikacji uległ mieszalnik wykonany według schematu nakreślonego na rysunku 1. Strumień wody niezabarwionej doprowadzono króćcem 2, a ciecz zabarwioną za pomocą systemu rurek 1 różnie rozmieszczonych w kanale mieszalnika 3, jak przedstawiono na rysunku 2. Płaszcz zewnętrzny o średnicy $d_3 = 50$ mm stanowiła rura ze szkła

* Praca wykonana w ramach problemu węzłowego 03.7 „Inżynieria i aparatura chemiczna”.

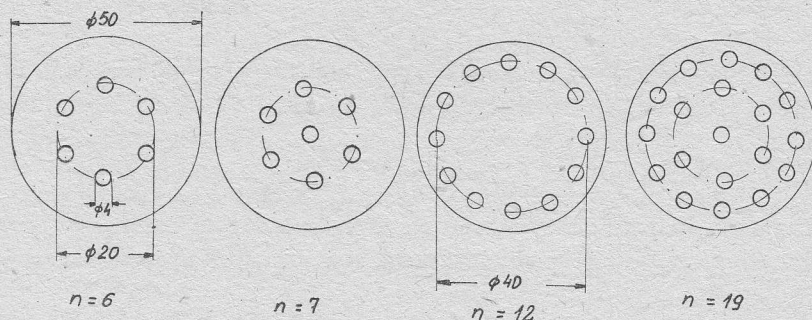


Rys. 1. Schemat ideowy mieszalnika

organicznego. Rurki, którymi doprowadzano ciecz 1 miały średnice wewnętrzne 3 mm. Badano cztery typy mieszalników o $n=6, 7, 12$ i 19 rurkach.

Celem kontroli stanu wymieszania pobierano próbki cieczy siedmioma sondami wykonanymi w postaci rurek o średnicach wewnętrznych ok. 1 mm, rozmieszczonymi wzdłuż średnicy kanału, tak jak na rysunku 1. Odległość sond od wlotu strumienia 1 (początek mieszania) można było zmieniać w granicach $(0,5 \div 10) d_3$.

Stężenie barwnika w poszczególnych próbkach wyznaczano za pomocą pomiaru współczynnika transmisji światła w maksimum pasma absorpcji roztworu. Metodę opisano

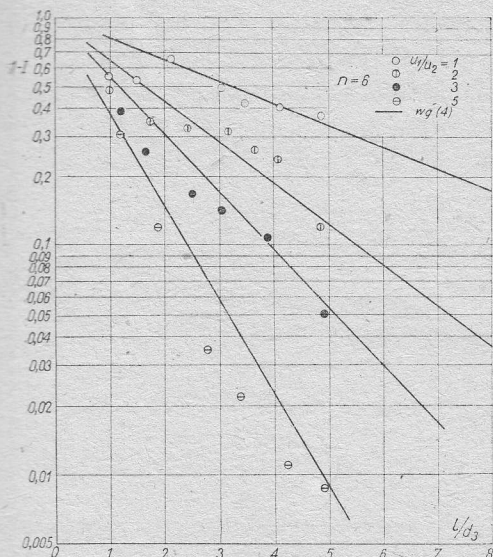


Rys. 2. Warianty mieszalników o różnych rozmieszczeniach rurek wlotowych cieczy 1

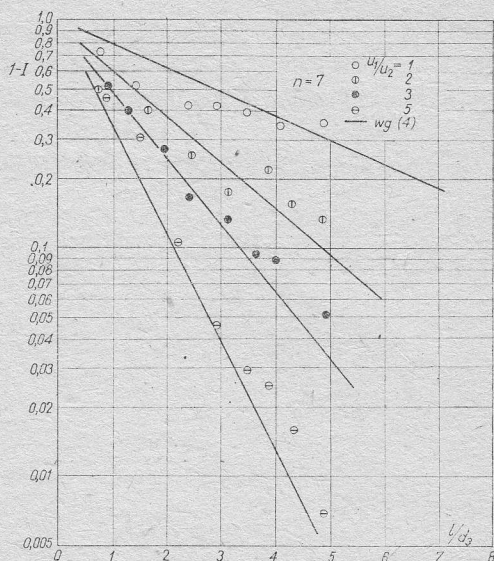
dokładniej w pracy [3]. Z profilu stężeń w kanale mieszalnika, podobnie jak w [1] wyznaczano stopień wymieszania według zależności

$$I = 1 - \frac{\sum_i |c_i - c_0| \frac{\Delta F_i}{F_3}}{|c_1 - c_0| \frac{n\dot{V}}{\dot{V}_3} + c_0 \frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_3}}, \quad (2)$$

gdzie ΔF_i – element pola powierzchni przekroju poprzecznego, w którym zmierzono

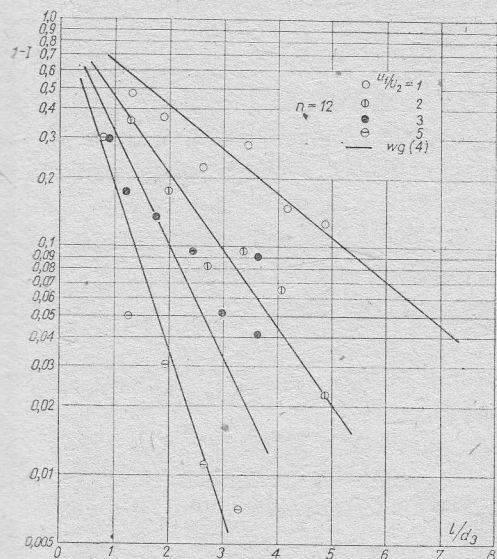


Rys. 3. Zależność wielkości $(1-I)$ od długości drogi mieszania l/d_3 dla wariantu mieszalnika o $n=6$ strumieniach cieczy 1

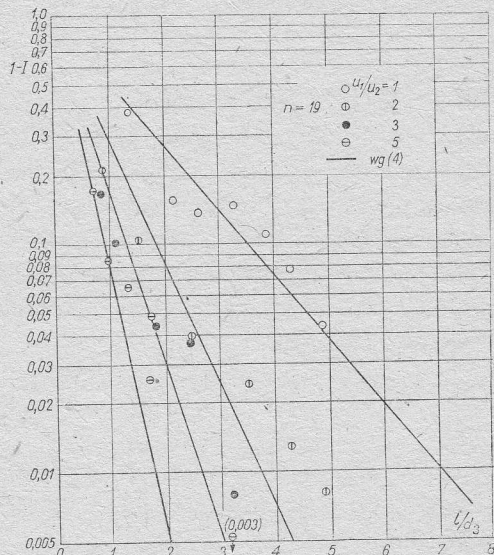


Rys. 4. Zależność wielkości $(1-I)$ od długości drogi mieszania l/d_3 dla wariantu mieszalnika o $n=7$ strumieniach cieczy 1

stężenie c_1 . Natężenia przepływu strumieni mierzono rotametrami umieszczonymi na dopływach. Regulując odpowiednio natężenia przepływów strumieni $n\dot{V}_1$ i $\dot{V}_2$ utrzymywano stałą liczbę Reynoldsa mieszaniny w kanale 3 mieszalnika $Re_3 = (u_3 d_3 / \nu) =$



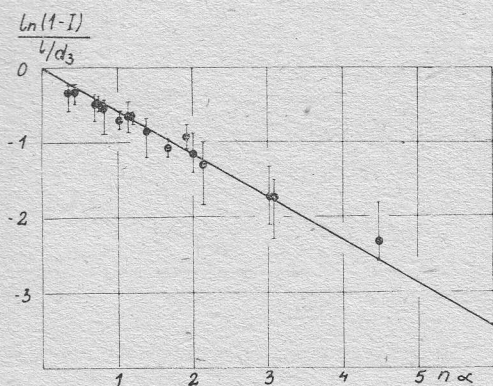
Rys. 5. Zależność wielkości $(1-I)$ od długości drogi mieszania l/d_3 dla wariantu mieszalnika o $n=12$ strumieniach cieczy 1



Rys. 6. Zależność wielkości $(1-I)$ od długości drogi mieszania l/d_3 dla wariantu mieszalnika o $n=19$ strumieniach cieczy 1

$= (4\dot{V}_3/\pi v d_3) = 5000$, gdzie $\dot{V}_3 = \dot{V}_1 + \dot{V}_2$ oraz stosunek prędkości obydwu mieszanych strumieni na wlocie (początek mieszania) $u_1/u_2 = (\dot{V}_1/F_1)/[\dot{V}_2/(F_3 - nF_1)] = 1; 2; 3; 5$.

Wyniki pomiarów dla mieszalników o różnych układach rurek wlotowych I zestawiono na rysunkach 3, 4, 5 i 6 w postaci wykresów we współrzędnych $(\log(1-I); l/d_3)$. Punkty układają się wzdłuż prostych, dla których parametrem jest stosunek prędkości u_1/u_2 .



Rys. 7. Zależność wielkości $\ln(1-I)/(l/d_3)$ od parametru $n\alpha$

Wyniki uzyskane w pomiarach skorelowano za pomocą wielkości

$$n\alpha = n \sqrt{\frac{\dot{p}_1}{\dot{p}_3}} \frac{\frac{u_1}{u_2} \sqrt{\frac{F_3}{F_1}}}{\frac{u_1}{u_2} + \frac{1}{n} \frac{F_3}{F_1} - 1} = \frac{\frac{u_1}{u_2} \frac{d_3}{d_1}}{\frac{u_1}{u_2} + \frac{1}{n} \frac{d_3^2}{d_1^2} - 1}, \quad (3)$$

Zależność stopnia wymieszania od parametru $n\alpha$ przedstawia się następująco:

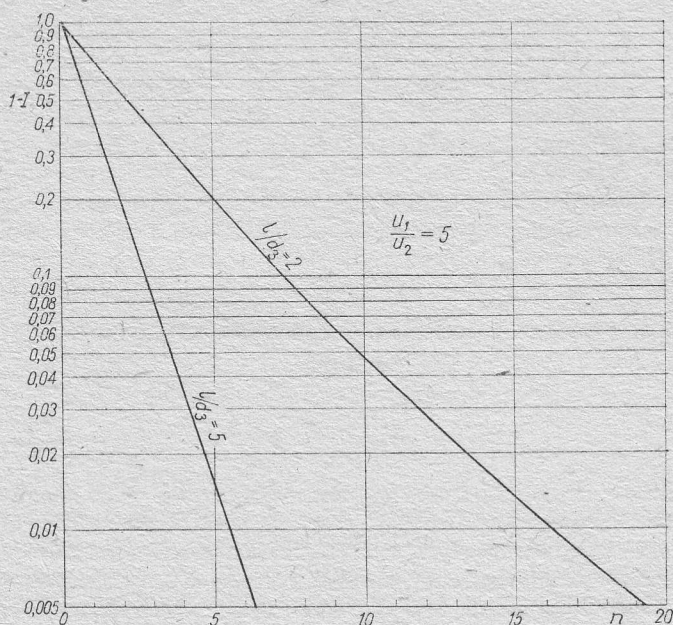
$$I = 1 - e^{-0,57(l/d_3)n\alpha}. \quad (4)$$

Korelację (1) podaną w pracy [1] można wobec tego traktować jako przypadek szczególny dla $n=1$. Według zależności (4) wykreślono linie proste na rysunkach 3, 4, 5 i 6. Linie te dobrze aproksymują zbiory punktów eksperymentalnych dla poszczególnych mieszalników i różnych stosunków prędkości. Na rysunku 7 przedstawiono zależność wielkości $\ln(1-I)/(l/d_3)$ od $n\alpha$ dla wszystkich eksperymentów. Punkty na wykresie oznaczają wielkości średnie w grupach o tym samym stosunku prędkości u_1/u_2 i dla danego typu mieszalnika, a linie pionowe w ich otoczeniu odzwierciedlają maksymalne odchylenia od wielkości średnich.

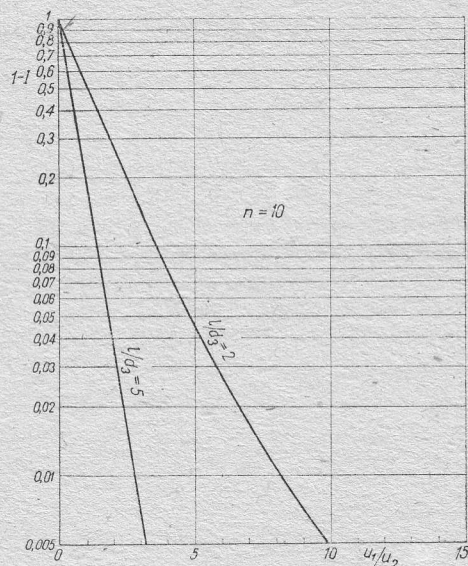
2. Wnioski

1. Wyniki pomiarów dotyczące mieszania wielu strumieni cieczy dają się opisać zależnością (4). Zależność ta uogólnia wyniki uzyskane dla mieszalnika o $n=1$ strumieniach przedstawione w [1].

2. Stopień wymieszania w określonej odległości l od początku mieszania wzrasta ze wzrostem liczby strumieni cieczy I . zilustrowano to na rysunku 8 dla $u_1/u_2=5$ oraz dwu odległości $l/d_3=2$ i 5.



Rys. 8. Wpływ liczby strumieni cieczy l na jakość wymieszania



Rys. 9. Wpływ stosunku prędkości u_1/u_2 strumieni mieszanych na jakość wymieszania

3. Stopień wymieszania silnie wzrasta wraz ze wzrostem stosunku prędkości u_1/u_2 . Przedstawiono to na rysunku 9 dla liczby strumieni $n=10$ i dla dwóch odległości $l/d_3=2$ i 5.

4. Rozmieszczenie rurek wewnątrz kanału mieszalnika nie ma zauważalnego wpływu na proces mieszania. Wniosek ten można też wysnuć z pracy Singha i Toora [2], chociaż badali oni mieszalniki zupełnie geometrycznie niepodobne.

Literatura

- [1] B. Grochal, E. Śliwicki, A. Jezierski, *Mieszanie cieczy w mieszalniku strumieniowym*. Oprac. zewn. IMP PAN Gdańsk, nr rej. 267/78.
- [2] Madan Singh, L. H. Toor, *Characteristics of Jet Mixers — Effect of Number of Jets and Reynolds Numbers*. AIChE Journal, t. 20, no. 6, 1964, s. 1224.
- [3] B. Grochal, A. Jezierski, E. Śliwicki, W. Tarasewicz, *Badania mieszania cieczy w mieszalniku przepływowym typu strumienicy*. Oprac. zewn. IMP PAN Gdańsk, nr arch. 148/77.

Влияние количества потоков на смешивание жидкости в струйном миксере

Резюме

В работе представлены исследования двух потоков жидкости, среди которых один попадал в миксер в виде многих подпотоков. Применен струйный миксер типа труба в трубе. Результаты измерений представлены при помощи корреляции (4). Степень смешивания сильно зависит от расстояния от начала смешения, параметра α и количества потоков n . Оказалось, что как исследования так и корреляция являются расширением и обобщением результатов представленных в труде [1].

**The Influence of the Number of Jets on the Mixing of Liquids
in a Jet Mixer**

Summary

The paper is concerned with investigations of mixing of two liquid jets, one of which enters the mixer in the form of many smaller jets. A flow mixer consisting of two tubes, one inside the other, was used. Correlation (4) describes the results of measurements. The degree of mixing depends heavily on the distance, parameter α and number of jets n . The investigations and the correlation obtained can be regarded as a generalization of results presented in [1].