

KAZIMIERZ KOZIOŁ

JACEK WALKOWIAK

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej
Politechnika PoznańskaPRZEPŁYW PŁYNÓW LINIOWYCH I NIELINIOWYCH
W WĘŻOWNICACH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych przepływu w wężownicach płynów liniowych, nieliniowych oraz wykazujących efekt Tomsa. Uzyskano bezwymiarowe równania korelacyjne (1) - (4). Zaproponowano również równanie (5) uwzględniające redukcję współczynnika oporu w funkcji zastępczej liczby Deborah.

Monograficzne studium literatury dotyczącej przepływu płynów w wężownicach wykazało znaczne różnice i rozbieżności zarówno prac teoretycznych, jak i doświadczalnych w ilościowej ocenie współczynnika oporu, rozkładzie profilu prędkości i przepływach wtórnych [1 - 3]. Na podstawie analizy własnej zaproponowano uogólniony wykres zależności $f(Re, D_n, \Gamma_d) = 0$ podsumowujący dane literaturowe, a umożliwiający bezpośrednią ocenę charakteru przepływu w całym obszarze przebadanych wartości liczb kryterialnych [1].

Przeprowadzono badania doświadczalne w wężownicach z tworzyw sztucznych w modelowej instalacji [4,5]. Testowanymi płynami były: powietrze, woda i wodne roztwory wysokocząsteczkowego tlenu polietylenu (Polycocagulant) o stężeniach 50 - 1500 ppm i poliakryloamidu (Polyacrylamid - BDH Chemical England) o stężeniu 50 ppm. Własną charakterystykę reologiczną badanych roztworów uzyskano w reometrze rurowym [5].

Na podstawie przetransformowanych punktów doświadczalnych uzyskano następujące korelacje w charakterystycznych zakresach przepływu:

- poniżej wartości $D_n < 11,6$ uzyskano równanie graniczne obowiązujące również w rurze prostej

$$\lambda_w = \lambda_r = \frac{64}{Re} \quad (1)$$

- w zakresie wartości $20 < Dn < 200$ obowiązuje równanie

$$\lambda_w = \frac{28,1 \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^{0,5}}{Dn^{0,735}}, \quad (2)$$

- natomiast w obszarze wartości $200 < Dn < Dn_k$ [6]

$$\lambda_w = \frac{12,1 \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^{0,5}}{Dn^{0,575}}; \quad (3)$$

- w obszarze burzliwym uzyskano zależność:

$$\lambda_w = \frac{0,32 \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^{0,2}}{Dn^{0,2}}, \quad (4)$$

obowiązującą w zakresie $Dn_k < Dn < 9000$.

Dla poziomu ufności 0,95 błąd względny korelacji nie przekracza $\pm 5\%$.

Przebadany obszar poszczególnych zmiennych bezwymiarowych wynosi:

$$Re \in (10 - 30000)$$

$$Dn \in (1 - 9000)$$

$$\left[\frac{d}{D}\right] \in (0,00768 - 0,0792)$$

W równaniach (1) - (3) stosowano liczbę Reynoldsa zaproponowaną w pracy Metznera i Reeda [7], której szczególnym przypadkiem dla $n = 1$ jest klasyczna postać obowiązująca w przepływie płynów liniowych. W zakresie przepływu burzliwego stwierdzono występowanie znacznej redukcji oporów związanej z efektem Tomsa. Zaproponowano własną metodę opracowania wyników pomiarów, która pozwala wykorzystać uzyskany opis matematyczny w praktyce obliczeniowej.

Fenomenologiczne podejście wynika z faktu braku znajomości przyczyn i jednoznacznego kryterium inicjacji efektu Tomsa.

Zaproponowano umowną liczbę Deborah, uwzględniającą dodatkowo wpływ własności lepkosprężystych. Skorygowane równanie (4) przyjmie postać:

$$\lambda_w = \frac{0,313 \left(\frac{d}{D}\right)^{0,2}}{Dn^{0,2} \cdot De_{\omega}^{0,182}}. \quad (5)$$

Charakterystyczny współczynnik redukcji oporów β w przebadanych układach osiągnął wartość 0,5, wskazując na duże możliwości zmniejsze-

nia energochłonności przy transporcie płynów.

Praca wykonana w ramach problemu międzyresortowego MR-I-10 pt.
"Optymalizacja procesów termodynamicznych i przepływowych".

Oznaczenia :

D	- średnica zwojów wężownicy	m
K'	- stała konsystencji płynu dla rury prostej	$\text{Nm}^{-2} \text{s}^{n'}$
d	- średnica wewnętrzna rury	m
n'	- charakterystyczny wskaźnik płynięcia płynu dla rury prostej	
u_p	- udział masowy polimeru	$\text{kg P} \cdot \text{kg}^{-1}$
w	- średnia objętościowa prędkość płynu	ms^{-1}
λ	- współczynnik oporu przepływu płynu	
λ_T	- współczynnik oporu przepływu płynów Tomsa w obszarze burzliwym	
ρ	- gęstość płynu	kgm^{-3}
ω	- częstotliwość wirów dyssypacyjnych	s^{-1}

Indeksy

- w - odnosi się do wężownicy
- r - odnosi się do rury prostej
- k - odnosi się do wartości krytycznej
- b - odnosi się do przepływu burzliwego

Moduły bezwymiarowe

$$Re = \frac{d^{n'} w^{2-n'} \rho}{K' s^{n'-1}} \quad - \text{liczba Reynoldsa}$$

$$Dn = Re \sqrt{\frac{d}{D}} \quad - \text{liczba Deana}$$

$$De_{\omega} = \frac{\omega}{\omega_k} \quad - \text{zastępcza liczba Deborah}$$

$$\sqrt{d} = \frac{d}{D} \quad - \text{moduł podobieństwa geometrycznego}$$

$$\beta = \left(\frac{\omega_T}{\omega} \right)_b \quad - \text{współczynnik redukcji oporów}$$

Literatura

- [1] Kozioł K. i inni; Problem Międzyresortowy MR-1-10, Raport nr 1, Poznań 1977.
- [2] Kozioł K. i inni; Problem Międzyresortowy MR-1-10, Raport nr 2, Poznań 1978.
- [3] Kozioł K. i inni; Problem Międzyresortowy MR-1-10, Raport nr 6, Poznań 1982.
- [4] Kozioł K. i inni; Problem Międzyresortowy MR-1-10, Raport nr 4, Poznań 1980.
- [5] Kozioł K. i inni; Problem Międzyresortowy MR-1-10, Raport nr 7, Poznań 1983.
- [6] Kozioł K., Walkowiak J.; Materiały Konferencyjne XI Ogólnokrajowej Konferencji Naukowej Inżynierii Chemicznej i Procesowej PAN, cz. II, str. 95-102, Kozubnik 1983.
- [7] Metzner A.B., Reed J.C., AIChE J., 1, 434 (1955).

ТЕЧЕНИЕ НЬЮТОНОВСКИХ И ПСЕВДОПЛАСТИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ЗМЕЕВИКАХ

Р е з ю м е

Представлены результаты экспериментальных исследований течения трёх типов жидкостей ньютоновских, псевдопластических и с эффектом Томса в змеевиках, сделаны в широких диапазонах значений характеристических чисел течения и геометрии аппарата. Получены корреляционные уравнения для расчёта сопротивления при ламинарном и турбулентном режимах течения 1-4. Для жидкостей с эффектом Томса предложено новое уравнение 5 учитывающее редукцию коэффициентов сопротивления в функции модифицированного числа Дарси.

FLOW OF LINEAR AND NON-LINEAR FLUIDS
THROUGH HELICAL COILS

S u m m a r y

In this work, experimental investigations for flow of linear non-linear and Toms' fluids through helical coils has been presented. The study has been made in wide range of characteristics geometrical and flow parameters. The correlations for friction factor for laminar and turbulent flows has been obtained (1-4). In turbulent flow of dilute polymer solutions new equation (5) for drag reduction in function of modified Deberah number has been proposed.