

LUBOMIRA BRONIARZ-PRESS
MAREK OCHOWIAK
JACEK RÓŻAŃSKI
SZYMON WOZIWOZKI

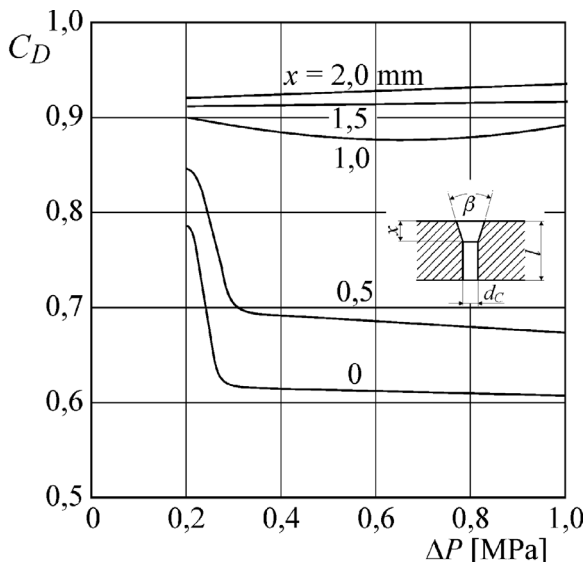
Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Opory przepływu w dyszy podczas rozpylania emulsji

Wprowadzenie

Podczas projektowania dysz rozpryskowych lub ich doboru oprócz takich parametrów, jak kąt rozpylania czy średnica powstających kropeł, niezwykle istotne jest określenie spadku ciśnienia medium rozpylanego. Z danych przedstawionych w monografiach *Lefebvre'a* [1] oraz *Orzechowskiego i Prywera* [2] wynika, że na spadek ciśnienia olbrzymi wpływ ma konstrukcja dyszy. Podawane w literaturze równania ogólne podają jedynie informacje orientacyjne, które należy następnie sprawdzić doświadczalnie.

Wyniki badań nad oporami przepływu są najczęściej podawane w formie zależności bezwymiarowej współczynnika wypływu w funkcji liczby *Reynoldsa*. Wartość współczynnika wypływu zależy silnie od stosunku długości otworu w dyszy do jej średnicy oraz kształtu odcinka wlotowego do dyszy. W przypadku, gdy przy wlocie do dyszy występuje nagłe przewężenie przewodu, wartość współczynnika wypływu w zakresie burzliwym wynosi około 0,61, natomiast, gdy wlot ma kształt stożka wartość współczynnika wypływu może wzrosnąć nawet do 0,95 (Rys. 1) [1, 2].



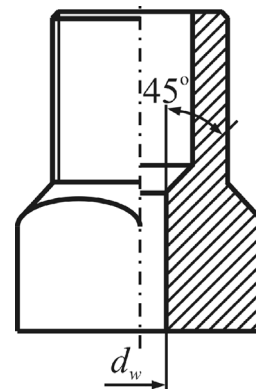
Rys. 1. Współczynnik wypływu C_D w funkcji ΔP przy różnych wysokościach stożka x [2] ($l/d_c = 5$ i $\beta = 11^\circ$)

Część eksperymentalna i wyniki pomiarów

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dla przepływu cieczy jednorodnych (woda, oleje o różnych lepkościach) i emulsji olej w wodzie (O/W) o udziałach objętościowych fazy olejowej od 20 do 40%. Badania wykonano na stanowisku pomiarowym opisanym szczegółowo w pracy [3].

W eksperymentach wykorzystano trzy dysze rozpryskowe (Rys. 2) o średnicach $d_w = (1,35; 1,65; 2,0)$ mm. Badania przeprowadzono w zakresach zmienności natężenia przepływu cieczy od 0,0014 do 0,011 [dm³/s]. W przypadku dyszy strumieniowej masowe natężenie przepływu cieczy \dot{G}_c można wyznaczyć z równania:

$$\dot{G}_c = C_D A_o (2\rho_c \Delta P)^{0,5} \quad (1)$$



Rys. 2. Konstrukcja badanych dysz rozpryskowych

Występująca w równaniu (1) wielkość C_D jest współczynnikiem wypływu, A_o oznacza powierzchnię przekroju poprzecznego otworu dyszy, a ΔP – spadek ciśnienia. W przypadku dyszy strumieniowej wartość współczynnika wypływu jest najczęściej podawana w postaci zależności od liczby *Reynoldsa*:

$$Re = \frac{w_c d_w \rho_c}{\eta_c} \quad (2)$$

oraz stosunku długości dyszy do jej średnicy l/d_w .

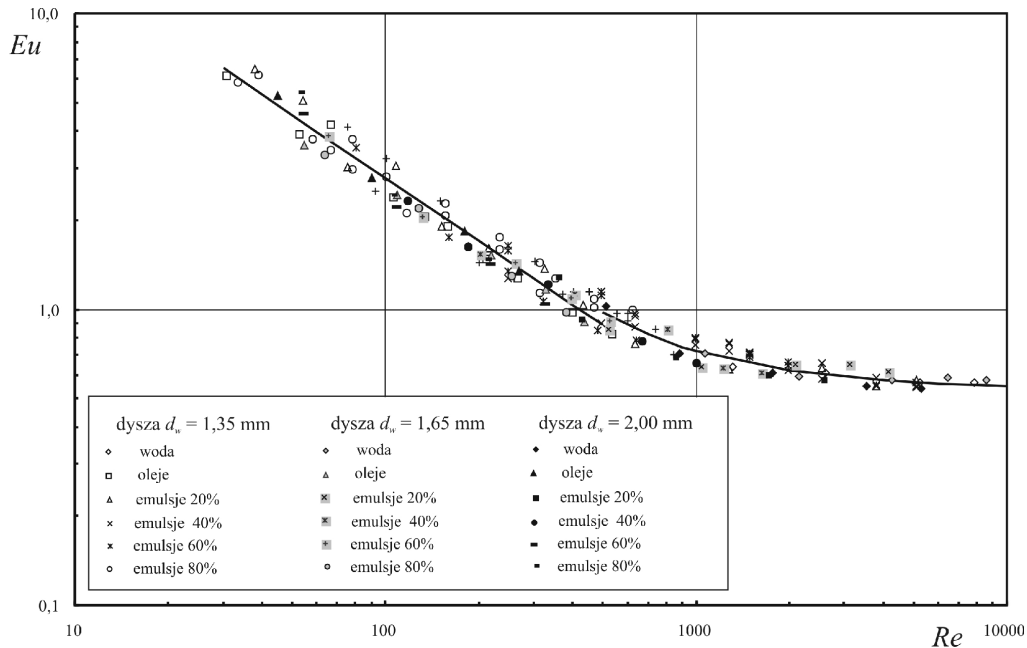
Wartości współczynnika wypływu określano opierając się na przekształconym równaniu (1):

$$C_D = \frac{w_c \rho_c}{(2\rho_c \Delta P)^{0,5}} \quad (3)$$

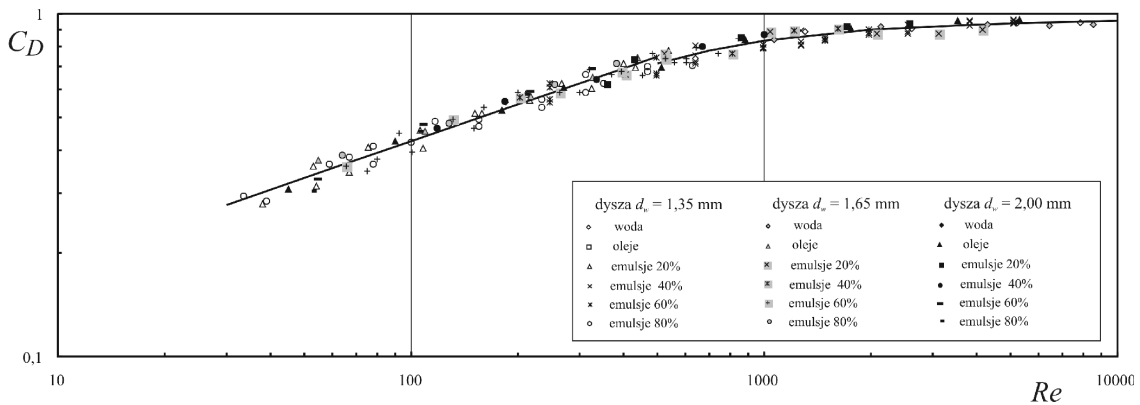
gdzie w_c jest prędkością przepływu płynu przez dyszę. Z analizy równania (3) łatwo można zauważyć, że istnieje prosta zależność między współczynnikiem wypływu a liczbą *Eulera*:

$$Eu = \frac{\Delta P}{w_c^2 \rho} = \frac{C_D^{-2}}{2} \quad (4)$$

Wyniki badań analizowano w formie zależności $Eu = f(Re)$ i $C_D = f(Re)$ przedstawionych na rys. 3 i 4. Z przeprowadzonej analizy danych pomiarowych wynika, że wartości współczynnika wypływu zmieniają się od 0,3 dla $Re = 30$ do 0,95 dla $Re = 10000$. Wysokie wartości współczynnika wypływu w za-



Rys. 3. Zależność $Eu = f(Re)$ dla przepływu przez różne dysze cieczy jednorodnych (wody, oleju) i emulsji



Rys. 4. Zależność $C_D = f(Re)$ dla przepływu przez różne dysze cieczy jednorodnych (wody, oleju) i emulsji

kresie przejściowym przepływu są związane ze stożkowym kształtem wlotu do dyszy. Okazało się, że punkty doświadczalne dla wody, czystych olejów i emulsji korelują wspólne zależności.

Analiza matematyczna pozwoliła na wyznaczenie równań korelacyjnych opisujących współczynnik wypływu oraz liczbę *Eulera*. W zakresie liczb *Reynoldsa* uzyskano zależności:

$$Eu = \frac{75}{Re^{0,71}} \quad (5)$$

$$C_D = 0,817Re^{0,355} \quad (6)$$

natomiast w zakresie $500 \leq Re \leq 10000$ odpowiednio:

$$Eu = 0,535e^{\frac{300}{Re}} \quad (7)$$

$$C_D = 0,967e^{\frac{150}{Re}} \quad (8)$$

Odchylenie punktów doświadczalnych od wartości wyznaczonych z równań korelacyjnych (5) i (6) nie przekracza $\pm 25\%$, natomiast w przypadku równań (7) i (8) odpowiednio $\pm 15\%$.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy zagadnienia stwierdzono, że wysokie wartości współczynnika wypływu w zakresie przejściowym przepływu są związane ze stożkowym kształtem wlotu do dyszy. Wartości współczynnika wypływu zmieniają się od 0,3 dla $Re = 30$ do 0,95 dla $Re = 10000$. Punkty doświadczalne uzyskane dla przepływu wody, czystych olejów i emulsji opisują wspólne zależności $Eu = f(Re)$ i $C_D = f(Re)$. W pracy zaproponowano równania korelacyjne na współczynnik wypływu oraz liczbę *Eulera*.

LITERATURA

1. A.H. Lefebvre: *Atomization and Sprays*, New York, Hemisphere P.C. (1989).
2. Z. Orzechowski, J.Prywer: *Rozpylanie cieczy*, Warszawa, WNT, 1991.
3. L. Broniarz-Press, M. Ochowiak, J. Rózański, S. Woźniowski: *Proc. ILASS '2008*, Como Lake, P-3 (2008).

Praca wykonana w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N207 043 31/1786 dla Politechniki Poznańskiej.