

# Inżynieria Procesów Przemysłowych

## Projekt 4. Wpływ ze zbiornika

Paweł Kwiatkowski

Szymon Gołaś

### 1. Założenia projektu

Projekt obejmuje zamodelowanie procesu wypływu adiabatycznego powietrza ze zbiornika dla przepływu krytycznego, porównanie z danymi eksperymentalnymi i na bazie tego porównania wyznaczyć współczynnik kontrakcji dla tego wypływu. Model matematyczny i obliczenia zostały wykonane przy użyciu oprogramowania MATLAB.

### 2. Opis układu

Głównym celem użycia modelu jest wyznaczenie współczynnika kontrakcji na wypływie ze zbiornika. Jako że stosunki ciśnienia atmosferycznego do ciśnień w zbiorniku są mniejsze od stosunku krytycznego równego 0,528, wyznaczony według wzoru:

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_{kr} = \left(\frac{2}{\kappa + 1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

W wyniku tego stosowany jest wyłącznie wzór na wypływ krytyczny:

$$G_{max} = F \varrho_{kr} v_{kr} = F \cdot \sqrt{\kappa p_1 \varrho_1 \left(\frac{2}{\kappa + 1}\right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}}}$$

Do wykorzystania wzoru potrzebne są ciśnienie i gęstość płynu w zbiorniku oraz współczynnik adiabaty. Jako że za płyn przyjęto powietrze w temperaturze 20°C, współczynnik adiabaty wynosi 1,2. Ciśnienie w zbiorniku narzucone jest przez dane z eksperymentu (przedział 8,954 ÷ 3,815 [bar]). Gęstość powietrza wyznaczono na bazie równania Bernoulli'ego dla płynów ściśliwych

$$\frac{p_1}{p_0} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_0}\right)^\kappa$$

Współczynnik F to pole przekroju otworu (0,8mm<sup>2</sup>) pomniejszone o współczynnik kontrakcji C.

### 3. Wyznaczanie współczynnika kontrakcji

Aby wyznaczyć współczynnik kontrakcji należy porównać dane eksperymentalne z danymi obliczeniowymi. Żeby to zrobić trzeba wykonać przeliczenie danych eksperymentalnych z litrów normalnych na minutę, na litry na minutę.

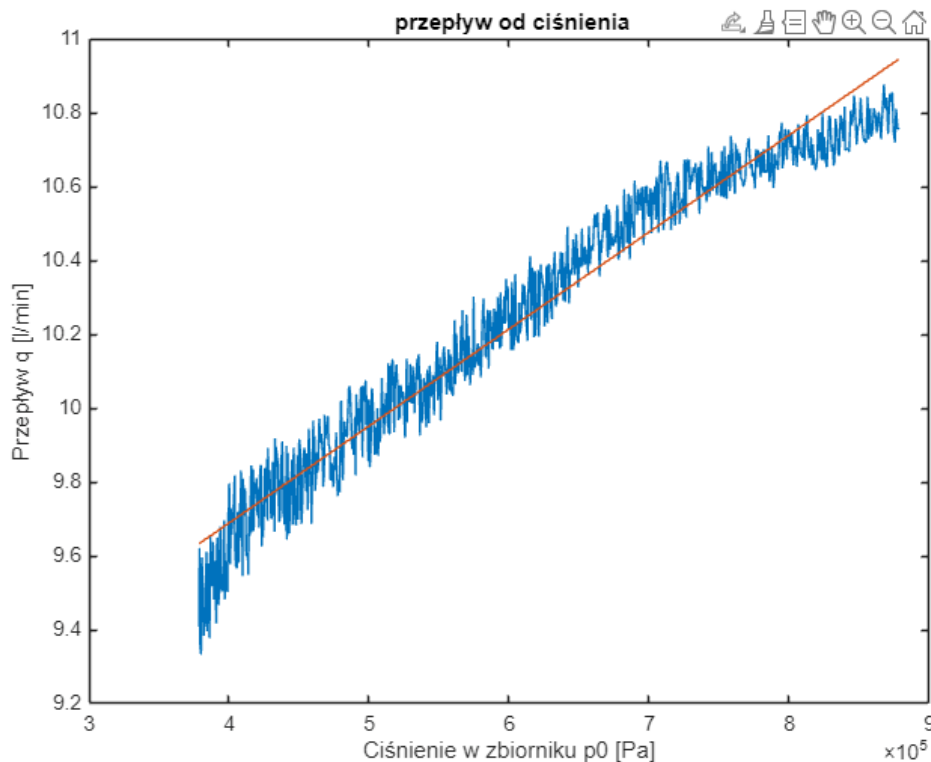
$$Q = \frac{Q_n}{\sqrt{\frac{\rho_{h00}}{\rho_{h01}}} * \sqrt{\frac{p_0}{p_1}}}$$

Gdzie:

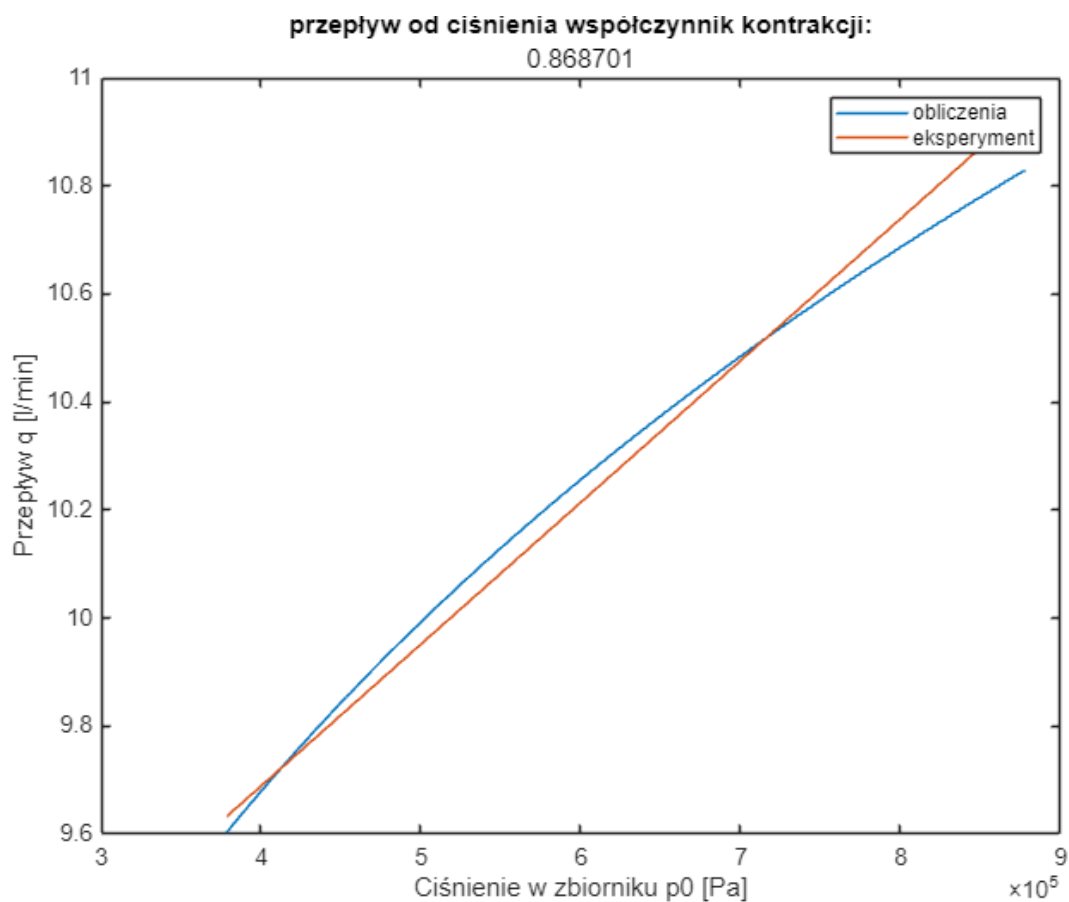
Q – przepływ w l/min

Q<sub>n</sub> – przepływ w Nl/min

Następnie dokonano przybliżenia danych eksperymentalnych używając dopasowania linowego funkcji



W przepływie obliczeniowym należy zmienić jego charakter z przepływu masowego na objętościowy. W tym celu należy podzielić jego wartość przez gęstość powietrza dla odpowiednich ciśnień oraz zmienić jednostki na odpowiednie. Po uzyskaniu odpowiednich zależności rozpoczęto wyznaczanie współczynnika kontrakcji za pomocą minimalizacji sumy kwadratów różnic pomiędzy obydwoma zestawami danych. Poniżej przedstawiono wyniki porównania danych.



Na bazie obliczeń otrzymano współczynnik kontrakcji  $C$  równy 0,868701.

Wnioski:

- W czasie wypływu ze zbiornika następuje kontrakcja powodująca zmniejszenie efektywnego pola przekroju otworu wypływowego.
- Odstępstwa w dopasowaniu wynikają z faktu, że nie mamy do czynienia z idealnym procesem adiabatycznym
- Krytyczna prędkość wypływu jest równa prędkości dźwięku danego ośrodka, czyli maksymalnej prędkości propagacji fali mechanicznej