

Kierownik Studiów Doktoranckich  
na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym  
prof. dr hab. inż. Henryk Kudela

**mgr inż. Piotr Synowiec**

Tytuł przygotowanej rozprawy doktorskiej:

**„Wpływ zaburzeń przepływu na charakterystyki przepływomierzy  
ultradźwiękowych z głowicami nakładanymi na rurociągi”**

Promotor: **dr hab. inż. Artur Andruszkiewicz prof. PWr**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Wiesław Wędrychowicz**

**Streszczenie pracy**

W badaniach bilansowych maszyn i urządzeń energetycznych np. kotłów, turbin parowych czy pomp konieczny jest pomiar strumienia wody w rurociągach przepływowych danego urządzenia. Pomiar strumieni przepływów konieczne do przeprowadzenia bilansu, wykonywane są zazwyczaj podczas ciągłej pracy urządzeń, co nie pozwala na jakąkolwiek ingerencję w rurociągi. Dlatego też do ich wykonania najczęściej wykorzystuje się bezkontaktowe przepływomierze ultradźwiękowe, które nie zaburzają przepływu i nie powodują dodatkowej straty ciśnienia. Błąd graniczny, takiego przepływomierza, według deklaracji producentów aparatury pomiarowej, nie przekracza 2% wartości wskazywanej przez urządzenie. Spełnienie warunków dokładności przepływomierza podczas przeprowadzonych pomiarów wymaga odpowiedniej długości odcinków prostych rurociągów, zarówno przed jak i za przeszkodą. Jednak bardzo często zachowanie tych warunków jest niemożliwe do spełnienia i pomiar wykonuje się na odcinkach prostych nie spełniających wymagań. W takim przypadku do równania przetwarzania danego przepływomierza należy wprowadzić dodatkowy współczynnik eliminujący błędy pomiarowe. W pracy wyznaczono wartości tego współczynnika w zależności od odległości pomiaru strumienia przepływu za wybranym zaburzeniem, którym był łuk hamburski- element prawie każdej instalacji przepływowej. Obliczone wartości podano w formie tabelarycznej, a także graficznej, z której jednoznacznie wynikało, że długości odcinków prostych niezbędnych do wykonania pomiaru za zaburzeniem, a wynoszących więcej niż 15 średnic rurociągu, są za duże i można je zmniejszyć. Na podstawie pomiarów stwierdzono, że w obszarze przepływu zaburzonego na obwodzie rurociągu, w danym przekroju, występują miejsca, w których błąd pomiaru strumienia przepływu jest

najmniejszy - w przypadku analizowanego zaburzenia były to kąty  $60^\circ$  i  $240^\circ$ . Potwierdziło to postawione cele pracy doktorskiej.

W pracy porównano rzeczywiste profile prędkości wyznaczone w poszczególnych płaszczyznach za pomocą metody LDA z symulacjami numerycznymi z wykorzystaniem modelu turbulencji k- $\epsilon$ . Pokazało ono podobieństwo profili prędkości w każdej z płaszczyzn, z czego wynikało, że modelem matematycznym można wyznaczyć takie miejsce na obwodzie rurociągu, w obszarze przepływu zaburzonego, w którym błąd pomiaru strumienia będzie najmniejszy.

Do realizacji postawionych celów pracy zbudowano oryginalne stanowisko badawcze, które umożliwiało pomiar strumienia przepływu do maksymalnych liczb Reynoldsa wynoszących ok. 100000. Jego charakterystyczną cechą było zainstalowanie oprócz dopplerowskiego anemometru laserowego kilku przepływomierzy, których celem była kontrola prawidłowego i stałego zarazem ustawienia strumienia przepływu wody w instalacji, gdyż pomiary były czasochłonne i odbywały się w dłuższym przedziale czasu. Również zainstalowane w instalacji przepływomierze służyły do sprawdzenia poprawności wskazań przepływomierzy ultradźwiękowych, którymi wykonywano ciągłe pomiary strumienia przepływu.