

Wrocław, 21.02.2022.

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Analiza metrologiczna zastosowania przepływomierza ultradźwiękowego w rurociągu w miejscu za zasuwą”

Autor: mgr inż. Piotr Piechota

Promotor: dr hab. inż. Artur Andruszkiewicz, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr inż. Wiesław Wędrychowicz

Rozprawa doktorska dotyczy zagadnienia wykonywania pomiarów przepływu z użyciem techniki ultradźwiękowej. Głównym zakresem zainteresowań badawczych jest metrologiczne ujęcie badań wykonywanych w niestandardowych warunkach pomiaru tj. bez zachowania wymaganych w normach odcinków prostych rurociągów. Pomiary strumienia przepływu należą do najważniejszych pomiarów w inżynierskiej praktyce pomiarowej. Z koniecznością pomiaru strumienia masy lub objętości mamy do czynienia w przemyśle energetycznym, chemicznym, petrochemicznym, a także w wielu innych dziedzinach inżynierskich takich jak budownictwo czy inżynieria środowiska. Określenie strumienia przepływu medium odgrywa fundamentalną rolę w sporządzaniu bilansu masy i bilansu energetycznego układu. Istotne jest wykonanie pomiaru prędkości i strumienia przepływu z największą możliwą dokładnością, ponieważ ta informacja jest najczęściej szeroko wykorzystywana w procesie obliczeniowym czy też w pracy systemu sterowania danej instalacji przepływowej.

Do najbardziej pożądaných cech urządzeń pomiarowych należą wysoka dokładność, niezawodność i bezinwazyjność. Do grupy metod pomiarowych spełniających te standardy zalicza się metoda ultradźwiękowa. Przepływomierze ultradźwiękowe z głowicami nakładanymi (clamp-on) są bardzo uniwersalne, ponieważ ich montaż na zewnętrznej powierzchni rurociągu nie ingeruje w funkcjonowanie instalacji i nie wymusza zatrzymywania jej pracy. Ponadto urządzenia te zapewniają wysoką dokładność pomiaru. Błąd graniczny przepływomierzy ultradźwiękowych typu transit-time z głowicami nakładanymi, w zależności od modelu przepływomierza, mieści się w zakresie 1% - 2% wartości mierzonej. [1] [2]

Istnieją jednak ograniczenia w zastosowaniu metody ultradźwiękowej pomiaru przepływu. Przepływomierze ultradźwiękowe są wrażliwe na zaburzenia przepływu, które jak wcześniej zaznaczono mogą być powodowane przez elementy armatury bądź też osady na ściankach rurociągu. Następstwem tego jest konieczność zachowywania prostych odcinków rurociągu przed i za przeszkodą, która stanowi źródło zaburzeń. Wymagane odcinki proste rurociągu, których zachowanie niweluje wpływ zaburzenia wywołanego przez przeszkodę na rezultat pomiaru, są ściśle określone dla poszczególnych typów przeszkód w normach i instrukcjach obsługi danego urządzenia. Zalecane odcinki proste rurociągu wynoszą od 15D do 40D, w zależności od rodzaju przeszkody. Najczęściej spotykane elementy zaburzające przepływ to: zwężka pomiarowa, dyfuzor, konfuzor, kolano hydrauliczne, przepustnica, zasuw, czy zawory innego rodzaju. [3] [4]

Zachowanie wspomnianych odcinków prostych przed i za źródłem zaburzenia w przypadku dużych instalacji i rurociągów o dużych średnicach stanowi dużą trudność. Przykładowo w przemyśle energetycznym stosuje się rurociągi o średnicy ponad 1m, np. rurociągi wody chłodzącej w skraplaczach turbin parowych. Problematyczne w takich przypadkach jest znalezienie prostych odcinków rurociągu o długości równej kilkunastu, kilkudziesięciu wielokrotnościom średnicy rurociągu. Dlatego w rozprawie doktorskiej podjęto temat dotyczący analizy metrologicznej pomiarów dokonywanych bez zachowania wymaganych odcinków prostych za zasuwą nożową, która jest elementem służącym do regulacji przepływu bardzo często występującym w instalacjach przemysłowych. Wykonanie pomiaru przepływu przy użyciu przepływomierza ultradźwiękowego jest w takich przypadkach często jedynym rozwiązaniem na wykonanie badań bez konieczności zatrzymywania pracy instalacji. W celu skompensowania błędu pomiarowego, wywołanego zaburzeniami przepływu, konieczne jest wprowadzenie współczynnika korekcyjnego K. [1]

Wykonane badania przepływu za zasuwą nożową, w odległościach od zasuwy mniejszych niż określone w normach (w zakresie odległości 3D-15D) pozwoliły na wyznaczenie współczynnika korekcyjnego w postaci współczynnika kształtu rozkładu prędkości K. Analogiczny współczynnik wyznaczono dla równań rozkładu prędkości opisujących przepływy o zniekształconym profilu prędkości.[1] [5] [6] W celu poznania rzeczywistego rozkładu prędkości za przeszkodą w postaci zasuwy nożowej wykonano badania z użyciem anemometru laserowego (LDA). Pozwoliły one na dopasowanie modelu rozkładu prędkości do przepływu rzeczywistego.

#### **Literatura:**

[1] S. Waluś, Przepływomierze ultradźwiękowe: Metodyka stosowania, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 1997.

[2] Endress+Hauser, „Instrukcja obsługi Proline Prosonic Flow 93T HART - Przenośny przepływomierz ultradźwiękowy,” 2011.

[3] Polski Komitet Normalizacyjny, *Norma PN-ISO 17089*, 2013.

[4] Polski Komitet Normalizacyjny, *Norma PN-EN ISO 5167-1:2000*, -: Polski Komitet Normalizacyjny, 2000.

[5] P. I. Moore, G. J. Brown i B. P. Stimpson, „Ultrasonic transit-time flowmeters modelled with theoretical velocity profiles: methodology,” *MEASUREMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY*, pp. 1802-1810, 2000.

[6] L. A. Salami, „Errors in the velocity area method of measuring asymmetric flows in circular pipes,” *Modern developments in Flow measurement*, pp. 381-399, 21 September 1971.



(Podpis doktoranta)