

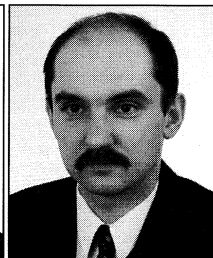
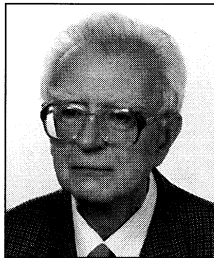
Jerzy STAŃDA, Januariusz GÓRECKI, Artur ANDRUSZKIEWICZ, Krzysztof KUBAS

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
INSTYTUT TECHNIKI CIEPLNEJ I MECHANIKI PŁYNÓW

Laboratoryjne stanowisko do badania właściwości metrologicznych przepływomierzy

Prof. dr hab. inż. Jerzy STAŃDA

– jest kierownikiem Zakładu Miernictwa i Eksploatacji Maszyn i Urządzeń Termoeenergetycznych w Instytucie Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej. Posiada w dorobku ponad 120 publikacji z dziedziny miernictwa energetycznego.



Dr inż. Januariusz GÓRECKI (od lewej), Dr inż. Artur ANDRUSZKIEWICZ, Mgr inż. Krzysztof KUBAS

– są pracownikami naukowo-dydaktycznymi w Zakładzie Miernictwa i Eksploatacji Maszyn i Urządzeń Termoeenergetycznych. Ich zainteresowania związane są z pomiarami maszyn i urządzeń energetycznych oraz miernictwem termoeenergetycznym.

Streszczenie

Prezentowane stanowisko przystosowane jest do badań przepływomierzy prototypowych i sprawdzania dokładności ich wskazań. W skład stanowiska wchodzi dwa zbiorniki wodne o pojemności 1 m³ każdy oraz cztery przewody o długościach ok. 2 m i średnicach wewnętrznych 40, 50, 80, 100 mm, z możliwością wymiany jednego z odcinków pomiarowych na przewód o średnicy np. 16 mm.

Zbiornik pomiarowy górny ustawiony na wadze elektronicznej pozwala na dokonywanie pomiarów strumienia masy z niepewnością przypadkową rzędu 0,1 %.

Zbiornik dolny spełniający również zadania kontrolne posiada wyzorcowane objętości odniesione na wodowskazie, a niepewność pomiarów przy stosowaniu go jako wzorca jest mniejsza niż 1 % strumienia mierzonego.

Abstract

The test rig to be presented is adopted for investigations of prototypes of flowmeters and checking accuracy of their indications. The test rig consists of two water tanks with volume of 1 m³ each and four pipes with lengths of 2 m and internal diameters 40, 50, 80 and 100 mm. There is possibility to exchange one of the sectors for the pipe with another diameter for instance 16 mm.

The upper tank is placed on the electronic weight what accounts measurement of the mass stream with an error of 0,1 %. The lower tank, meeting the control function, has calibrated on the water-level indicator giving possibility to measure the flour with uncertainty not bigger than 1 %.

Wstęp

Instalowanie w urządzeniach przemysłowych niestandardowych przyrządów do pomiaru strumienia cieczy, których charakterystyki metrologiczne nie są dokładnie znane oraz konieczność sprawdzania bądź określenia klasy dokładności i stabilności wskazań wybranych przepływomierzy powodują, iż urządzenia i instalacje badawcze do określania tych charakterystyk dla przyrządów do pomiarów strumienia stają się niezbędne.

Prace [1, 2, 3, 4] wskazują na wagę tego problemu szczególnie w przypadkach prowadzenia badań i konstruowania prototypów aparatury dla potrzeb metrologii przepływu.

Aparatura taka doraźnie konstruowana dla potrzeb prowadzonych badań często musi spełniać bardzo wysokie wymagania dotyczące dokładności pomiarów i niezawodności działania i przed formalnymi czynnościami legalizacyjnymi dokonywanymi przez powołaną do tego instytucję [5] (Prawo o miarach, rozdz. 4, art. 12) powinna być starannie przebadana i sprawdzona.

Przedstawione w artykule stanowisko badawcze zbudowane w Zakładzie Miernictwa i Eksploatacji Urządzeń Termoeenergetycznych Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej daje taką możliwość dla wybranych zakresów wartości strumienia płynu (wody) i wybranych zakresów pomiarowych przyrządów, dla praktycznie wszystkich typów przepływomierzy o dowolnych zasadach działania.

Opis stanowiska badawczego

Stanowisko badawcze jest oryginalnym urządzeniem przystosowanym do badania i wzorcowania przepływomierzy w strumieniu wody w poziomych i pionowych odcinkach przewodów o średnicy 40, 50, 80 i 100 mm [6]. Możliwa jest również wymiana i instalowanie przewodów o innych średnicach np. 16 mm. Przewiduje się, iż stanowisko będzie mogło być wykorzystywane do celów dydaktycznych dla studentów specjalizujących się w miernictwie energetycznym, a także do badań właściwości metrologicznych przepływomierzy. Schemat stanowiska wraz z wyszczególnieniem jego elementów pokazano na rys. 1, a na rys. 2 widok stanowiska do badań atestacyjnych przepływomierzy.

Przepływ wody w instalacji badawczej wymuszony jest pompą wirową Grundfos UPE50 ÷ 60 (13) o maksymalnej wydajności 24 m³/h, natomiast wartość strumienia może być regulowana poprzez:

- zmianę obrotów i przez to zmianę wydajności pompy w granicach od 5 m³/h do przepływu maksymalnego,
- zmianę oporów przepływu za pomocą zaworu regulacyjnego (29).

Różnica poziomów pomiędzy usytuowaniem pompy a maksymalnym poziomem wody w górnym zbiorniku wynosi około 3,5 m, a sumaryczne opory układu przewodowego odpowiadają wysokości słupa wody do około 1,2 m.

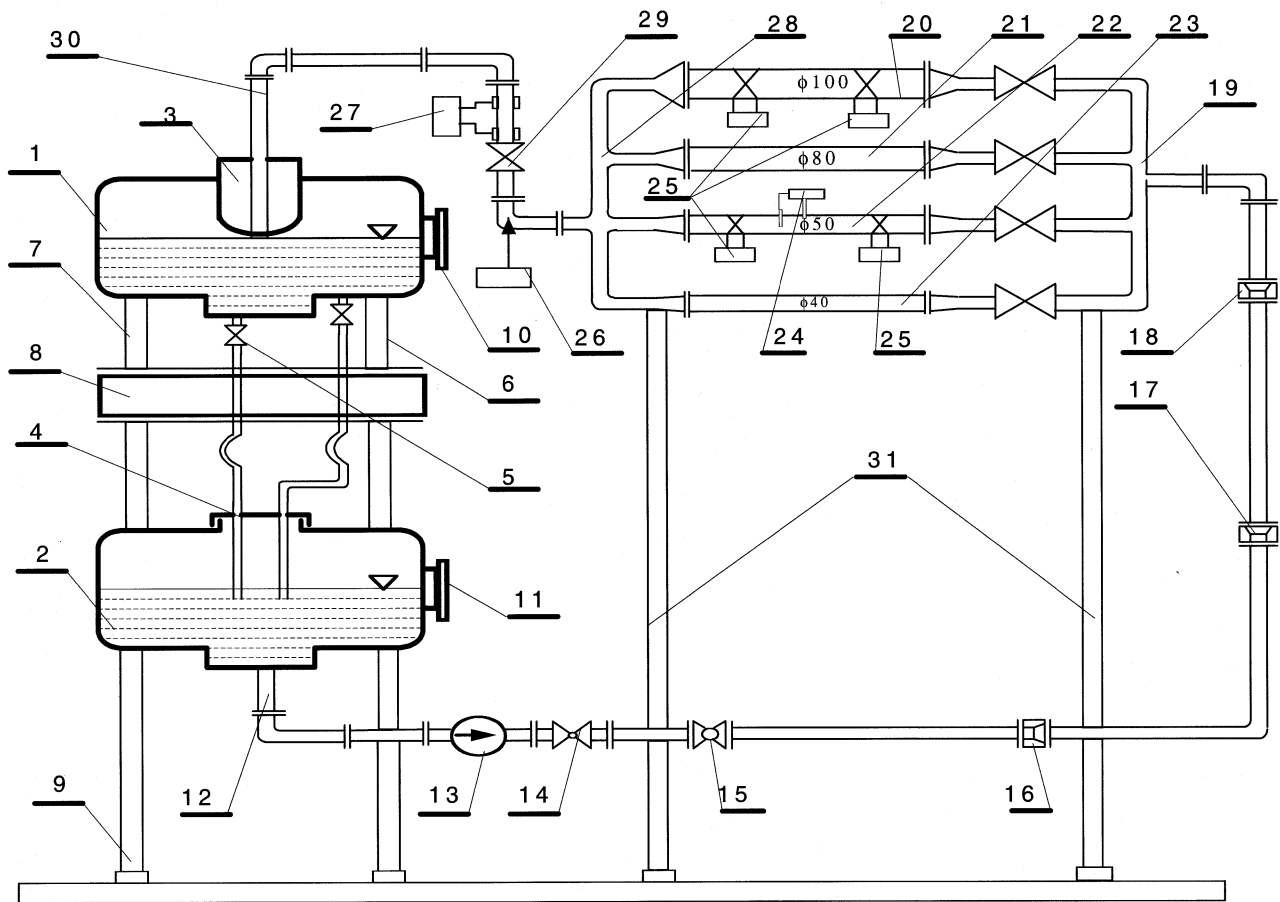
Z charakterystyki zainstalowanej pompy wynika, że przy takiej wysokości podnoszenia i wymienionych oporach przepływu wydajność pompy wynosi 12 m³/h, co pozwala na uzyskiwanie następujących prędkości:

- w przewodach o średnicy ϕ 40mm do około 2 m/s,
- w przewodach o średnicy ϕ 50mm do około 1,3 m/s,
- w przewodach o średnicy ϕ 80mm do około 0,5 m/s,
- w przewodach o średnicy ϕ 100mm do około 0,3 m/s.

Zainstalowanie przewodu rurowego o średnicy ϕ 16 mm pozwala na uzyskanie w nim prędkości o wartościach znacznie przekraczających 2 m/s.

Najistotniejszym elementem stanowiska badawczego jest aparatura wzorcownicza. Pozwala ona na wzorcowe określenie strumienia wody następującymi metodami:

- metodą wagową: ważenia statycznego (zalecanego przez GUM) i ważenia dynamicznego,

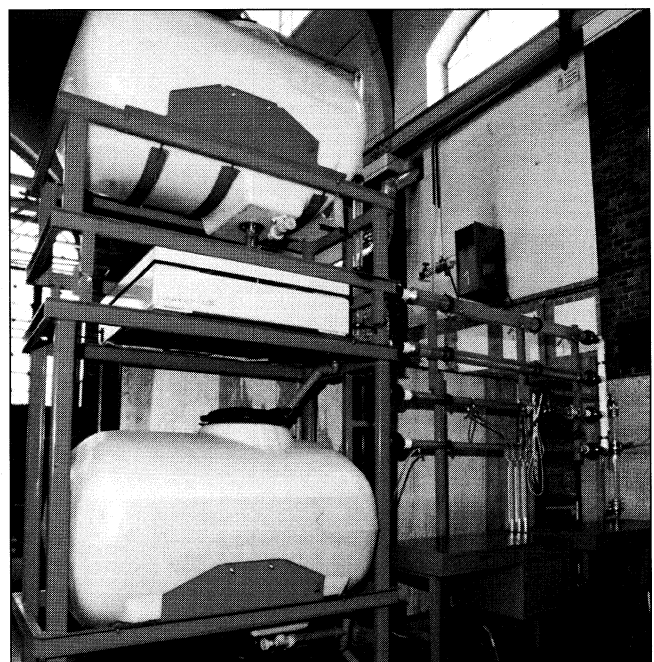


Rys. 1. Schemat stanowiska do badań atestacyjnych przepływowierzy:

1 - zbiornik wodny, górny - $V = 1\text{m}^3$, 2 - zbiornik wodny, dolny - $V = 1\text{m}^3$, 3 - wlew do zbiornika górnego, 4 - wlew do zbiornika dolnego, 5 - kulowy zawór wraz z przewodem o średnicy wewnętrznej $\phi_{\text{wew}} = 50\text{ mm}$, 6 - zawór grzybkowy spustowy wraz z przewodem o średnicy wewnętrznej $\phi_{\text{wew}} = 30\text{ mm}$, 7 - podpora zbiornika górnego, 8 - waga elektroniczna o zakresie do 1200 kg, 9 - podpora zbiornika dolnego i wagi, 10, 11 - wodowskazy przy zbiornikach górnym i dolnym, 12 - odprowadzenie wody ze zbiornika dolnego przewodem o średnicy wewnętrznej 50 mm, 13 - pompa wodna, 14 - zawór, 15 - przepływomierz turbinkowy, 16 - kryza ISA z pomiarem punktowym ciśnienia różnicowego, 17 - kryza ISA z pomiarem szczelinowym ciśnienia różnicowego, 18 - dysza ISA, 19 - kolektor rozdzielczy wody wraz z zaworami kulowymi o średnicy wewnętrznej $\phi_{\text{wew}} = 50\text{ mm}$, 20 - odcinek pomiarowy o średnicy wewnętrznej 100 mm, 21 - odcinek pomiarowy o średnicy wewnętrznej 80 mm, 22 - odcinek pomiarowy o średnicy wewnętrznej 50 mm, 23 - odcinek pomiarowy o średnicy wewnętrznej 40 mm, 24 - przepływomierz termometryczny, 25 - sondy uśredniające ciśnienie dynamiczne, 26 - pompa powietrza, 27 - przepływomierz korelacyjny z czujnikami optycznymi, 28 - kolektor zbiorczy $\phi_{\text{wew}} = 50\text{ mm}$, 29 - grzybkowy zawór regulacyjny, 30 - odprowadzenie wody do zbiornika górnego, 31 - podpora przewodów

- metodą objętościową,
- przepływomierzem turbinkowym,
- kryzami lub dyszą ISA, które instalowane są w razie potrzeby na poziomym lub pionowym odcinku rurociągu dopływowego do przewodów badawczych.

Metoda wagowa pomiaru strumienia masy wody jest uważana za jedną z najdokładniejszych ze wszystkich metod pomiaru strumienia masy płynu. Dla składowej przypadkowej niepewności na poziomie ufności 95% uzyskuje się niepewności rzędu 0,1% [7]. Dla przedstawionego stanowiska pomiar masy wody wykonuje się za pomocą wagi elektronicznej typu TP-1200 IAB, klasy dokładności III. Wartość działki elementarnej wynosi 500 g (niepewność syste-



Rys. 2. Widok stanowiska do badań atestacyjnych przepływowierzy

matyczna około $\pm 145\text{g}$ [8]). Granice błędów wskazań przy legalizacji pierwotnej zależne są od wartości mierzonej wielkości i wynoszą: $0 \div 200\text{ kg} \pm 250\text{ g}$, $200 \div 1000\text{ kg} \pm 500\text{ g}$, ponad $1000\text{ kg} \pm 750\text{ g}$.

Pomiar czasu dla metody wagowej odbywa się z niepewnością mniejszą niż $\pm 0,01\text{ s}$, natomiast pomiar temperatury wody z niepewnością $\pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$.

W metodzie objętościowej obliczenia strumienia objętości wody dokonuje się na podstawie wskazań poziomu wody na wodowskazie (11) w zbiorniku (2). Dokładność odczytu wodowskazu wynosi $0,5\text{ mm}$ – co odpowiada niepewności systematycznej $0,29\text{ mm}$ [8]. Pomiar strumienia objętości jest obciążony niepewnością $\leq 1\%$ strumienia mierzonego.

Dla zainstalowanego przepływomierza turbinkowego maksymalny mierzony strumień objętości wody wynosi $q_{v\max} = 16\text{ m}^3/\text{s}$. Dokładność odczytu pomiaru wynosi $\pm 0,0001\text{ m}^3$, niepewność systematyczna $\pm 0,00006\text{ m}^3$ [8].

Dla wywzorcowanych indywidualnie kryz i dysz ISA niepewność pomiaru strumienia masy zawarta jest w granicach: $\pm 0,5 \div 1\%$.

W czasie pomiarów stosowane prędkości przepływów mieszczą się w granicach $0,5 \div 2\text{ m/s}$ i wtedy czasy opróżniania zbiornika (2) i napełniania zbiornika (1) wynoszą:

- dla przewodu o średnicy $\phi 40\text{ mm}$ $\tau \approx 1600 \div 400\text{ s}$,
- dla przewodu o średnicy $\phi 50\text{ mm}$ $\tau \approx 1000 \div 250\text{ s}$,
- dla przewodu o średnicy $\phi 80\text{ mm}$ $\tau \approx 400 \div 150\text{ s}$,
- dla przewodu o średnicy $\phi 100\text{ mm}$ $\tau \approx 250 \div 100\text{ s}$.

Warunki prowadzenia badań oraz możliwości badawcze stanowiska

Stanowisko daje możliwości dokonywania badań w dużym zakresie liczb Reynoldsa to znaczy praktycznie od przepływów laminarnych do przepływów o dużej turbulencji. Długość odcinków pomiarowych wynosząca około 2 m jest wystarczająca do uzyskania przepływu uspokojonego, dla wszystkich średnic tych odcinków, co jest warunkiem niezbędnym przy prowadzeniu wszelkiego rodzaju kalibracji.

Przy stosowaniu metody objętościowej czas pomiaru określony jest czasem napełniania zbiornika (2) w zakresie od wybranego poziomu zerowego do poziomu górnego zapewniającego możliwie największą dokładność zmierzenia przyrostu objętości wody w zbiorniku. Ponadto dopływ wody powinien być tak prowadzony, aby nie było falowania zwierciadła zakłócającego odczytywanie na wodowskazie. Uzyskuje się to przez zainstalowanie specjalnej końcówki zapobiegającej falowaniu. Przy stosowaniu metody wagowej napełnianie zbiornika (1) powinno być tak prowadzone, aby dopływający strumień nie oddziaływał dynamicznie na wskazanie wagi.

Przepływomierz turbinkowy oraz zwężki kontrolne są pod względem badawczym najwygodniejsze, gdyż pozwalają na bezpośrednie uzyskiwanie charakterystyk pomiarowych przepływomierzy wraz z krzywymi odchyłek.

W czasie wykonywania badań zmiana temperatury w systemie rurowym nie przekracza $1\text{ }^\circ\text{C}$ – co jest zgodne z wymaganiami GUM. Ponadto woda w stanowisku kalibracyjnym została wcześniej odgazowana, co eliminuje ujemny błąd systematyczny.

Uwagi końcowe

Stanowisko pomiarowe, poza badawczymi, posiada również walory dydaktyczne. Daje bowiem możliwości zapoznania studentów ze standardowymi jak i prototypowymi przepływomierzami. Pozwala ono także na wykonywanie prac dyplomowych i przejściowych dotyczących budowy i określania własności metrologicznych różnego typu przepływomierzy przeznaczonych do mierzenia strumienia wody.

Realizacja aspektów badawczych stanowiska wymaga dostosowania metody wzorcowania do aktualnych potrzeb metrologicznych

badanego przyrządu. Wydaje się, że najbardziej celowe byłoby zastosowanie metody wzorcowej umożliwiającej natychmiastowe określenie z dużą dokładnością wartości mierzonego strumienia cieczy lub jej prędkości. Warunek ten w pewnym stopniu spełniają przepływomierze turbinkowe, a także bezwładnościowe przepływomierze typu Coriolisa. Zainstalowanie w prezentowanym stanowisku takiego przepływomierza jako wzorca jest planowane po uprzednim dokładnym zbadaniu jego właściwości metrologicznych.

Ponadto, w przypadku uzyskania uprawnień, o których mowa w rozdz. 4. Prawa o Miarach Ustawy z dnia 3.04.1993, stanowisko będzie mogło być wykorzystane do legalizacji uwierzytelnienia i zaawidzenia typu przepływomierzy mieszczących się w zakresie jego stosowności.

Literatura

- [1] Z. KABZA, K. KOSTYRKO: Metrologia przepływów, gęstości i lepkości. Studia i Monografie z. 87, WSI Opole 1995.
- [2] Z. KABZA: Pomiary strumienia płynów. Studia i Monografie z. 90. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 1995.
- [3] J. KORYTKOWSKI: Kontrola metrologiczna przyrządów. Rynek Instalacyjny nr 7/99.
- [4] Z. KABZA, S. ZATOR: Czy przepływomierz laserowe to przyszłość? Rynek Instalacyjny nr 7/99.
- [5] Prawo o Miarach. Dziennik Ustaw NR 55/93 poz. 248.
- [6] J. GÓRECKI, J. STAŃDA, A. ANDRUSZKIEWICZ, K. KUBAS: Budowa i badania własności metrologicznych niestandardowych przepływomierzy strumienia cieczy. Instytut TCiMP Politechniki Wrocławskiej. Raport serii SPR 95/97, Wrocław 1997.
- [7] PN-EN 24185. Pomiar strumienia objętości cieczy w przewodach. Metoda wagowa.
- [8] D. TURZENIECKA: Ocena niepewności wyniku pomiaru. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997.

Artykuł recenzowany



INSTYTUT SYSTEMÓW STEROWANIA
ul. DŁUGA 1-3, 41-506 CHORZÓW
tel. (+48 32) 247 28 20, fax: (+48 32) 246 25 91
e-mail: office@iss.pl http://www.iss.pl

OFERTA ISS:

AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA

- ✓ SNEL - system sterowania i nadzoru elektrofiltrów
- ✓ KSAW - system automatyzacji ważenia
- ✓ Stacja prób silników elektrycznych
- ✓ System monitorowania i sterowania węzłów sieci ciepłowniczej

AUTOMATYZACJA BUDYNKÓW

- ✓ SABIO - inteligentny system automatyzacji budynku

ZARZĄDZANIE PRODUKCJĄ

- ✓ QS - system sterowania jakością produkcji

SIECIOWE SYSTEMY INFORMATYCZNE

- ✓ SIB - System Informacyjny Biura
- ✓ Systemy wideokonferencji