

Krzysztof KUSZ, Stanisław WALUS  
Instytut Automatyki  
Politechnika Śląska

## KONCEPCJA STACJI WZORCOWANIA PRZEPŁYWOMIERZY WODY O DUŻYCH ŚREDNICACH

Streszczenie. W artykule przedstawiono różne metody wzorcowania przepływomierzy wody i podano kryteria wyboru najlepszej metody, przy czym kryteria te nie są uniwersalnymi. Opracowana koncepcja stacji opiera się na metodzie objętościowej z przerzucaniem strumienia wody i podziałem strumienia wpływającego do zbiornika miarowego dla przepływomierzy o średnicach 0,3 + 0,5 [m] oraz na metodzie porównawczej dla przepływomierzy o średnicy 0,5 + 2 [m].

### 1. Wstęp

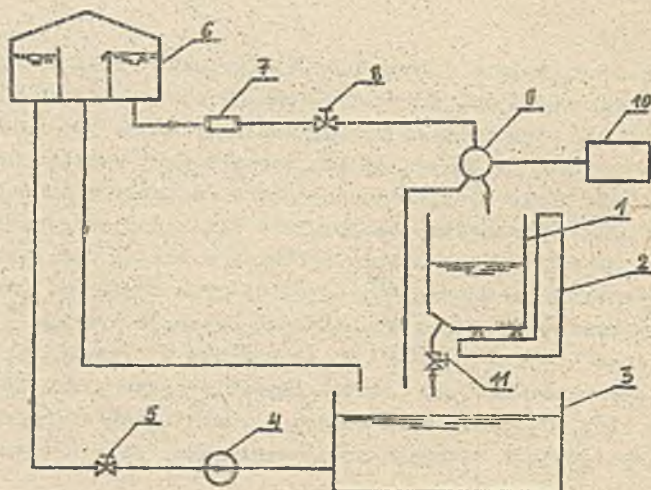
W systemie zaopatrzenia w wodę istnieje potrzeba stosowania przepływomierzy o określonej dosyć dużej dokładności w rurociągach o średnicach od 0,5 do 2,0 [m]. Część z tych przepływomierzy winna być okresowo sprawdzana [11] ze względu na zmienność ich parametrów w czasie. Obecnie w Polsce istnieje wiele stacji wzorcowania wodomierzy o średnicach mniejszych niż 0,4 [m]. Stanowisko wzorcowania dla wodomierzy o średnicy 0,4 [m] w WPWiK w Chorzowie (największa średnica w kraju) nie spełnia wymagań dla przepływomierzy odnośnie<sup>do</sup> prostoliniowych odcinków. Ponadto, brak przerzutnika strumienia wody utrudnia opracowywanie wyników [15] i powoduje zwiększenie błędu w stosunku do stanowiska z przerzutnikiem. Istnieje również zapotrzebowanie na badania charakterystyk elementów dławiących (zasuw, klap, zawórów), stosowanych w rurociągach o dużych średnicach, jakie występują w stacjach uzdatniania wody oraz w sieci wodociągowej.

### 2. Rozwiązania techniczne stacji wzorcowania

Istnieje wiele różnych sposobów wzorcowania przepływomierzy wody oraz rozwiązań technicznych stanowisk, przy czym stosuje się często dwie lub więcej metod wzorcowania [4,5] w celu zwiększenia możliwości pomiarowych. Najczęściej stosowanymi obecnie metodami są :

- 1/ metoda objętościowa z początkiem i końcem zatrzymanym,
- 2/ metoda objętościowa z przerywanym strumieniem wody,
- 3/ metoda wagowa z początkiem i końcem zatrzymanym,
- 4/ metoda wagowa z przerywanym strumieniem cieczy,
- 5/ metoda wagowa dynamiczna,
- 6/ metoda tłokowa,
- 7/ metoda wyporowa,
- 8/ metoda porównawcza,
- 9/ metoda rozcieńczania,
- 10/ metoda obżoku.

Metody te można podzielić na wymagające demontażu przepływomierza w celu wzorcowania go w stacji oraz na umożliwiające wzorcowanie w miejscu jego pracy. Na rys.1 przedstawiono przykładowo stanowisko wzorcowania przepływomierzy metodą wagową z przerywanym strumieniem wody [1,6]. Zasilanie odbywa się z wieży grawitacyjnej 6 i przerytnik 9 pozwala na przerywanie strumienia wody ze zbiornika zlewnego do pomiarowego i odwrotnie. Mierzony jest czas przepływu wody do zbiornika pomiarowego i przepływ określa się stosunkiem masy wody w zbiorniku do czasu przepływu wody do zbiornika.

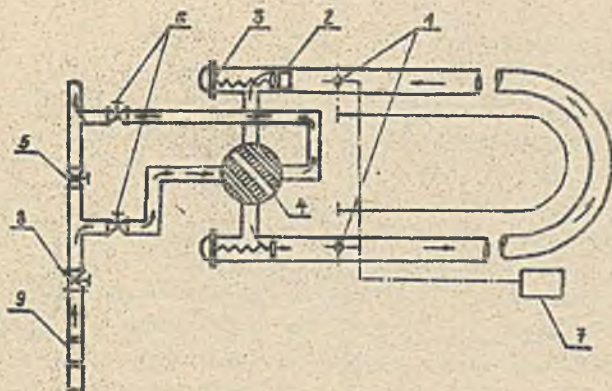


Rys.1. Stanowisko wzorcowania przepływomierzy metodą wagową z przerywanym strumieniem wody.

1 - zbiornik pomiarowy, 2 - waga, 3 - zbiornik zlewny, 4 - pompa, 5 - zawór dzwający, 6 - wieża grawitacyjna, 7 - wzorcowany przepływomierz,

8 - zawór regulacyjny, 9 - przerzutnik, 10 - czasomierz, 11 - zawór wypływowy.

Przykładem metody wzorcowania przepływomierzy w miejscu ich pracy jest metoda tłokowa, schematycznie pokazana na rys.2.



Rys.2. Stanowisko wzorcowania przepływomierzy metodą tłokową

1 - detektory położenia tłoka, 2 - tłok, 3 - siódła ze sprężyną, 4 - zawór zmieniający drogę, 5,6 - zawory, 7 - czasomierz, 8 - zawór regulacyjny, 9 - wzorcowany przepływomierz.

W układzie pokazanym na rys.2 ustala się żądany przepływ za pomocą zaworu regulacyjnego 8, po czym zwalnia tłok 2 z siódła 3. Tłok wpada w odcinek pomiarowy rurociągu i popychany przepływającą wodą uruchamia kolejno czujniki 1 czasomierza 7, po czym wpada do przeciwnego siódła. Objętość rurociągu między czujnikami jest wyznaczona z dużą dokładnością i znając tę objętość oraz czas przejścia tłoka między czujnikami określa się wzorcowy strumień objętości wody.

Biorąc pod uwagę cel stosowania przepływomierzy w gospodarce wodnej oraz wymagania odnośnie użytkowania można sformułować kryteria :

- 1/ błąd dla danej metody wzorcowania,
- 2/ czas trwania cyklu pomiarowego,
- 3/ czas poprawnej pracy stanowiska pomiarowego,
- 4/ koszt budowy i eksploatacji stanowiska.

Przeprowadzoną szczegółową analizę wymienionych metod wzorcowania [10] podsumowano następującymi wnioskami :

- 1) wyboru najlepszej metody wzorcowania można dokonać tylko w stosunku do jednego określonego kryterium,
- 2) każda z metod wzorcowania posiada równocześnie pewne zalety i niedostatki w porównaniu do metod pozostałych,
- 3) wyboru danej metody wzorcowania należy dokonać, biorąc pod uwagę konkretne zadania pomiarowe i związane z nimi wymagania, jak np. : błąd wzorcowania, częstość przeprowadzanych pomiarów, koszt wzorcowania.

### 3. Wybór sposobu wzorcowania

Ze względu na zapotrzebowanie na przepływomierze o średnicach 0,3 do 2 [m] przy prędkościach przepływu do 2 [m/s] w rurociągach o największych średnicach największy wpływ na wybór odpowiedniej metody wzorcowania ma, obok błędu wzorcowania, koszt budowy i eksploatacji stacji. Z analizy różnych metod wzorcowania [10] wynika, że najbardziej efektywnymi metodami są : porównawcza oraz objętościowa z przerzucanym strumieniem wody. Proponuje się zastosowanie metody objętościowej z przerzutnikiem dla przepływomierzy o średnicy 0,3 [m] do 0,5 [m] , natomiast dla przepływomierzy o większej średnicy zaleca się metodę porównawczą. Zastosowanie metody porównawczej dla największych przepływomierzy oznacza minimalizację czasu cyklu pomiarowego i zużycia wody oraz nie wymaga budowy dużych zbiorników.

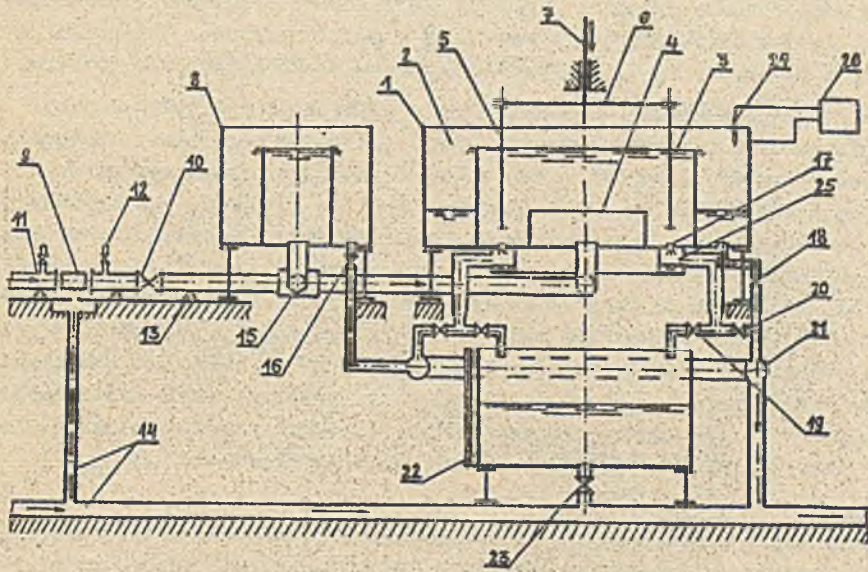
Przyjmuje się założenie (ze względu na koszty oraz na czas uruchomienia stacji), że koncepcja stacji winna nawiązywać do istniejących już obiektów WPWiK. Wybrano Stację Uzdatniania Wody w Kobiernicach ze względu na możliwość wykorzystania jednej z dwóch wież ciśnień, która okresowo nie pracuje i mogłaby być zasilana dzięki istniejącej obecnie rezerwie pomp.

### 4. Koncepcja stacji

W skład stacji wzorcowania wchodzi trzy stanowiska : pierwsze jest przeznaczone do wzorcowania wspomnianych przepływomierzy o średnicy od 0,3 [m] do 0,5 [m] metodą objętościową z przerzucanym strumieniem wody, zmodyfikowaną przez podział dopływającej wody. Drugie stanowisko pomiarowe jest przewidziane do wzorcowania przepływomierzy o średnicy od 0,5 do 2 [m] metodą porównawczą. Na stanowisku trzecim będą sprawdzane okresowo przepływomierze wzorcowe stosowane na stanowisku drugim. Wykorzystana zostanie tu metoda objętościowa z przerzucanym strumieniem wody. W okresach pomiędzy sprawdzaniem przepływomierzy wzorcowych stanowisko wzorcowe wykorzysta się dla wspomagania stanowiska pierwszego.

Dzięki zastosowaniu podziału strumienia wody na pierwszym stanowisku (rys.3) uzyskuje się zmniejszenie czasu cyklu pomiarowego, a przez to

możliwość zwiększenia liczby wzorcowanych przepływomierzy. Ze względu na podział w zbiorniku pomiarowym będzie się gromadzić mniej wody, dzięki czemu szybciej ustali się poziom wody w tym zbiorniku oraz szybciej nastąpi opróżnienie i wykroplenie zbiornika. Dodatkową korzyścią zastosowania podziału są mniejsze wymiary zbiornika pomiarowego oraz mniejsze różnice czasów trwania cyklu pomiarowego dla różnych strumieni objętości.



Rys. 3. Koncepcja stanowiska nr 1

1 - zbiornik podziałkowy, 2 - komora wypływowa, 3 - komora podziałkowa, 4 - komora tłumienia, 5 - pręt z krążkiem zamykającym, 6 - płyta podnośnika, 7 - ramię podnośnika, 8 - zbiornik wypływowy, 9 - wzorcowany przepływomierz, 10 - zawór regulacyjny, 11 - rurociąg, 12 - odpowietrznik, 13 - podpora ruchoma, 14 - kanały ściekowe, 15 - przerzutnik, 16, 18, 23 - zawory spustowe, 17 - otwór wypływowy, 19, 20 - zawory, 21 - rurociąg zlewny, 22 - zbiornik pomiarowy, 24 - sonda, 25 - kanał wypływowy, 26 - układ sterowania przerzutnikiem.

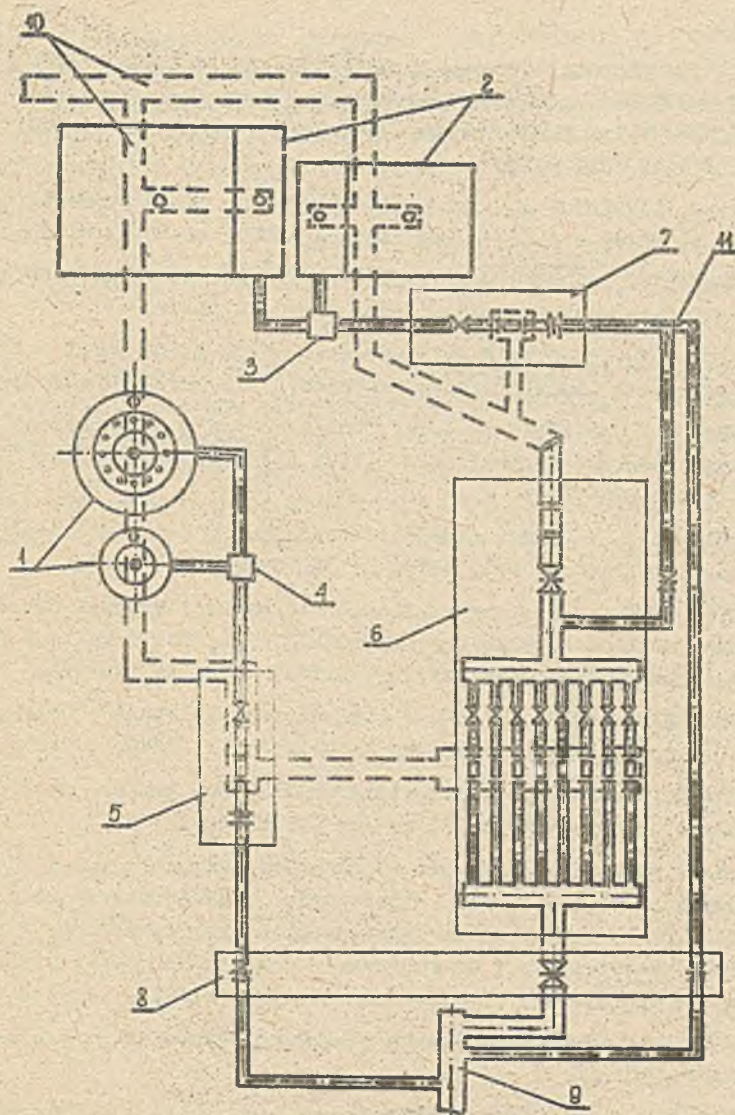
Przebieg wzorcowania na stanowisku nr 1 jest następujący: na podstawie zadanego przepływu ustala się wielkość podziałku  $k$  tak, aby dopływ do zbiornika 1 był większy od wypływu przez  $k$  otworów wypływowych 17. Ponadto mocuje się  $k$  krążków z prętami 5 do płyty podnośnika 6, wybierając takie otwory wypływowe, aby ich rozmieszczenie w dnie komory podziałkowej 2 było symetryczne. Następnie otwiera się  $k-1$  odpowiednich zaworów 20 oraz jeden zawór 19 do zbiornika pomiarowego. W dalszym ciągu

napełnia się komorę podziałową 3 do przelewu a komorę wypływową 2 oraz zbiornik pomiarowy 22 opróżnia i zamyka zawory 18 i 23. Następnie zaworem 10 ustala się żądany przepływ, przy czym strumień wody skierowany jest do zbiornika wypływowego 8 i dalej przetrzuca się strumień wody do zbiornika podziałowego podnosząc ramię 7 w górne położenie. Po przetrzuceniu strumienia z powrotem do zbiornika wypływowego 8 i zakończeniu się podziału wody wyznacza się objętość wody w zbiorniku pomiarowym. Na koniec wypróżnia się równocześnie zbiornik pomiarowy 22 i komorę wypływową 2 oraz opuszcza ramię 7 w dolne położenie zamykając otwory wypływowe. Zbiorniki podziałowy i pomiarowy są w ten sposób przygotowane do następnego pomiaru.

Stanowisko nr 2 (rys.4, poz.6) służy do wzorcowania przepływomierzy o średnicach do 2 [m] metodą porównawczą i polega na porównaniu wskazań przepływomierza wzorcowanego z sumą wskazań przepływomierzy wzorcowych, pracujących równolegle na jeden kolektor. W miarę czasu przepływomierzy wzorcowych może narastać, stąd niezbędne jest okresowe sprawdzanie tych przepływomierzy metodą objętościową na stanowisku nr 3 (rys.4, poz.2). Zaleca się zastosowanie jako wzorcowych przepływomierzy turbinowych o średnicy 0,5 [m] firmy Meter Flow Ltd, typ MV7 z kompensacją lepkości. Błąd nieliniowości tego przepływomierza wynosi  $\pm 0,2$  [%], natomiast powtarzalność jest lepsza niż  $\pm 0,05$  [%]. Ze względu na przebieg błędu nieliniowości należy tak dobrać liczbę przepływomierzy (z ośmiu równolegle zainstalowanych), aby strumień objętości zawierał się w granicach od  $0,5 \frac{V}{V_{nom}}$  do  $V_{nom}$ .

Na stanowisku pomiarowym nr 3 wykorzystano objętościową metodę wzorcowania z przetrzucanym strumieniem wody. W celu sprawdzenia danego przepływomierza ze stanowiska nr 2 ustala się położenia zaworów tak (rys.4), że sprawdzanie przepływomierza nie wymaga wybudowania go z rurociągu. Schemat ideowy stacji wzorcowania przedstawiony na rysunku obejmuje wszystkie trzy uprzednio omówione stanowiska.

Przeprowadzono szczegółową analizę błędów poszczególnych stanowisk [40] i dla stanowiska nr 1 błąd wynosi  $\pm 0,25$  [%], dla stanowiska nr 2 nie większy niż  $\pm 0,2$  [%], zaś dla stanowiska nr 3  $\pm 0,11$  [%]. Biorąc pod uwagę te wartości i porównując z potrzebami na wzorcowanie i badanie przepływomierzy oraz badanie charakterystyk elementów dławiących można stwierdzić, że przedstawiona koncepcja, nawiązująca do obiektu rzeczywistego już istniejącego, może być podstawą do zaprojektowania stacji wzorcowania.



Rys.4. Schemat ideowy stacji wzorcowania

1 - zbiorniki stanowiska nr 1, 2 - zbiorniki stanowiska nr 3,  
 3,4 - przerzutniki, 5 - stół pomiarowy stanowiska nr 1, 6 - platforma  
 stanowiska nr 2, 7 - stół pomiarowy stanowiska nr 3, 8 - zasuwki odcina-  
 jące, 9 - rurociąg zasilający stację, 10 - kanały ściekowe, 11 - odcinek  
 rurociągu łączący stanowiska nr 2 i 3.

## LITERATURA

- [1] ALASIA F., CIGNOLO G., GONA R., RIVETTI A. : The IMGC installation for water flow measurement metrological characteristics. Proceedings of FLOMEKO 1978, North Holland Publ.Company, Amsterdam, New York, Oxford, 1978, ss.13-18.
- [2] BAKER P., SANDERSON R. : Flow measurement in water pipes by dilution metering. Water and Water Engineering, 1973, nr 931, ss.350-351.
- [3] BIRJUKOV B.V., DANILOV M.A. : Poverka raschodomerow metodom sličenja. Izmeritel'naja Technika, 1976, nr 6, ss.58-60.
- [4] BIRJUKOV B.V., GAMMERMAN M. : Ustanowka dlja graduirowki i powerki raschodomerow. Izmeritel'naja Technika, 1973, nr 9, ss.37-39.
- [5] BIRJUKOV B.V., KIWILIS S.S. : Sistemy točnogo wosproizwedenija i izmerenija raschoda židkosti. Pribory i Sistemy Uprawdenija, 1974, nr 8, ss.19-22.
- [6] HAYWARD A.T.J. : Graduirowanije raschodomerow s pomoszczju židkostej. Ekspres-informacja, KIT, 1979, nr 35, ss.9-36.
- [7] HOOGENDOORN D. : Accuracy of liquid calibration systems based on the weighing method. Proceedings of FLOMEKO 1978, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, New York, Oxford 1978, ss.535-538.
- [8] HUSAINOW B.G., KARATAEFW R.H. : Issledowanie kolebanija urownja židkosti v urownemernych ustanowkach. Metrologia, 1978, nr 4, ss.42-45.
- [9] KLENTAK M., MICHALSKI K. : Analiza dokładności pomiaru natężenia przepływu cieczy. PAK, 1970, nr 11, ss.481-484.
- [10] KUSZ K. : Analiza porównawcza właściwości metrologicznych i eksploatacyjnych różnych sposobów wzorcowania przepływomierzy wody o średnicach 0,3 - 2 [m] oraz rozwiązań technicznych stanowisk. Wybór optymalnego rozwiązania i sformułowanie założeń do projektu. Praca dyplomowa magisterska. Instytut Automatyki Pol.Śl., Gliwice 1981.
- [11] PN-65/M-53950. Pomiar natężenia przepływu płynów za pomocą zwęzek. WN, Warszawa 1970.
- [12] TROSKOLANSKI A.T. : Hydrometry. Theory and practice of hydraulic measurements. PWT, Warszawa 1960.
- [13] TROSKOLANSKI A.T. : Hydromechanika. WNT, Warszawa 1967.
- [14] TUPIČENKOWA, A. : Ustrojstwo dlja powerki raschodomerow i sčetcčikow. Izmeritel'naja Technika, 1976, nr 8, ss.37-38.
- [15] WALUŚ St. : Wyznaczanie własności metrologicznych przepływomierzy ultradźwiękowych na podstawie modelu matematycznego. Praca doktorska. Instytut Automatyki Pol.Śl., Gliwice 1980.



## КОНЦЕПЦИЯ СТАНЦИИ ДЛЯ ПОВЕРКИ РАСХОДОМЕРОВ ВОДЫ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ

## Резюме :

В статье представлено методы градуировки расходомеров воды и поцано критерий выбора наилучшего метода, причём эти критерии не оптимальные. Разработанная концепция базируется на объемном методе с перебросом струи воды и разделением струи втекающей в измерительный водоём для расходомеров диаметром 0,3 - 0,5 [м] а также на методе сравнения для расходомеров диаметром 0,5 - 2 [м]. -

## CONCEPT OF THE LARGE DIAMETER FLOWMETER CALIBRATIONS PLANT

Abstract

Different methods of flowmeter calibration and the criterions of choosing the best one are being presented in the paper, however this criterions are not supposed to be universal. The concept of the calibration plant base on the volumetric method (for flowmeter of 0,3+0,5 [m] diameter) and on the comparative method (for flowmeter of 0,5 + 2 [m] diameter).