

УДК 532.57.089.68

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ РІДИН З ВИКОРИСТАННЯМ АКУСТИЧНОГО МЕТОДУ

© Коновалов В.І., Кричевець О.М., Орлов В.С., Паракуда В.В., Демків І.Б., 2004
Державний науково-дослідний інститут „Система” (м. Львів)

Приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень вимірювання витрати рідин ультразвуковим методом. Описані залежності, які дозволяють враховувати параметри руху рідин в трубопроводах в результатах вимірювання їх витрат цим методом. Вказані деякі метрологічні характеристики розроблених авторами ультразвукових витратомірів

Однією з актуальних проблем, пов'язаних з економією енергоресурсів, є проблема підвищення точності вимірювання витрат рідин у різних галузях народного господарства.

Аналіз сучасного стану вказаної проблеми показує, що метрологічному забезпеченню цього виду вимірювання не приділяється належна увага. Так підприємства та організації, що займаються вимірюванням та обліком великих витрат рідин, які транспортуються трубопроводами, діаметри яких є більшими ніж 200 мм, через відсутність нормативної бази та еталонних систем вимірювання не можуть здійснювати надійний комерційний та технічний облік витрат в реальних умовах експлуатації.

Одним з ефективних шляхів її вирішення є використання акустичних методів вимірювання витрат [1], які мають для вище згаданих діаметрів труб відомі переваги. Але для широкого впровадження цих методів вимірювання витрат рідин необхідно вирішити: методологічні та технічні проблеми метрологічного забезпечення; для яких рідин і в якій смугі з діапазону частот від 10 кГц до 2 МГц акустичні коливання найбільш прозорі; провести більш широкі дослідження акустичних витратомірів з накладними збуджувачами коливальних; побудувати мобільну систему метрологічного забезпечення витрат рідин на базі акустичного витратоміра з врізними або накладними збуджувачами коливальних [3].

Підвищення точності витратомірів рідин (ВР) вимагає врахування фізичних властивостей рідин, різницю властивостей повітряної (звичайна вода) і робочої рідин, витрата якої вимірюється.

Найбільший вплив на точність вимірювань витрат спричиняють два параметри рідини: густина та в'язкість. Густина більшості рідин лежить в межах від 700 до 1000 кг/м³, а в'язкість від 0,5 до 100·10⁻⁶ м²/с (від 0,5 до 100 сСт), хоча бувають більш в'язкі рідини (гліцерин, мазут та інші) та більш малов'язкі

(перегріта вода тощо). Вплив інших фізичних параметрів, наприклад, тиску і температури, може бути меншим і проявлятися через вплив перших двох параметрів.

Складність конструкції ВР, як засобів виміральної техніки та гідродинамічних процесів вимагають спрощувати математичні моделі, використовувати методи ідентифікації, методи подібності потоків (числа Re , Sh) [3].

Авторами вже розроблена уточнена модель закону розподілу швидкостей турбулентного потоку рідини в поперечному сеченні трубопроводу, що базується на теорії пограничного шару [2].

В поперечному сеченні потоку виділяють три зони: пристіночний в'язкий прошарок, буферний проміжний прошарок і зону розвинутої турбулентної течії. Зміна швидкості потоку вздовж радіальної координати r в кожній з зон описується своєю функціональною залежністю. Ці залежності були отримані апроксимацією відомих експериментальних даних наступними формулами [2]:

$$\frac{W_r^2}{v} (R-r) \cdot \left(1 - \frac{W_r}{c \cdot v} \cdot (R-r)\right); \quad R - \frac{8 \cdot v}{W_\tau} \leq r \leq R;$$

$$\left(5 \cdot \ln \left\{ \frac{W_r}{v} \cdot (R-r) \right\} - 3,05\right) \cdot W_r;$$

$$R - \frac{26 \cdot v}{W_\tau} \leq r \leq R - \frac{8 \cdot v}{W_v};$$

$$\left(2,5 \cdot \ln \left\{ \frac{W_r}{v} \cdot (R-r) \right\} + 5,1\right) \cdot W_r;$$

$$R - \frac{26 \cdot v}{W_\tau} \leq r \leq R - \frac{8 \cdot v}{W_v},$$

де v – кінематична в'язкість, $W_\tau = W_s \cdot \sqrt{\lambda/8}$, λ – коефіцієнт тертя біля стінки труби.

Була отримана така формула:

$$k_r = 1 - 1,25 \cdot (1 - Re \cdot 10^{-6}) \cdot z - \frac{100}{Re} + \frac{3750}{z \cdot Re^2}, \quad (1)$$

яка зв'язує гідродинамічний коефіцієнт з числом Рейнольда

$$Re = \frac{2 \cdot R \cdot W_d}{\nu},$$

де z – розв'язок рівняння

$$(2,6 + 0,625 \cdot 10^{-6} \cdot Re) \cdot z - \frac{100}{z \cdot Re} = 1. \quad (2)$$

Метрологічні характеристики акустичного витратоміра, в якому використовуються алгоритм визначення гідродинамічного коефіцієнта згідно (1) і (2), були підтверджені на зразковій витратомірній установці, яка має відносну похибку $\pm 0,3$ %. Результати таких досліджень приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати досліджень гідродинамічних характеристик

№ ре-жиму	$Re \cdot 10^{-5}$	W_{SO} , м/с	W_d , м/с	k_{r0}	k_r	δk , %
1	0,3257	1,1389	1,2142	0,9379	0,9365	-0,15
2	1,2347	4,3275	4,6022	0,9403	0,9400	-0,03
3	2,2840	6,0112	8,5135	0,9410	0,9438	0,29
4	2,570	9,0177	9,5811	0,9412	0,9439	0,28
5	4,188	14,7421	15,6117	0,9443	0,9461	0,19

В табл. 1 прийняті наступні позначення: W_{SO} – середня швидкість течії потоку через вимірювальну ділянку досліджуваного витратоміру, яка є виміряна на еталонній витратомірній установці; W_d – швидкість потоку, усереднена по діаметру труби, яка була виміряна акустичним витратоміром; k_r – значення гідродинамічного коефіцієнту, які обчислені згідно (1) і (2);

$$k_{r0} = \frac{W_{SO}}{W_d}; \quad \delta k = \frac{k_r - k_{r0}}{k_{r0}} \cdot 100. \quad (3)$$

Як видно з табл. 1 розходження між значеннями гідродинамічного коефіцієнта, які обчислені згідно (1)÷(3) не перевищують похибки еталонної витратомірної установки, що узгоджуються з наведеними виразами.

Були виготовлені акустичні витратоміри, які реалізують вище означений алгоритм двох кон-

структивних виконань: врізні і накладні. Як показав досвід їх експлуатації, накладні мають похибку вимірювання витрати води не більше, як 1,5-2,0 %, а врізні – 1,0 %.

1. Боббер Р.Д. *Гидроакустические измерения*. – М.: «Мир», 1974, -364с. 2. Гольцов А.С., Винниченко А.Н., Карасёв А.Н., Коновалов В.И., Колпак Б.Д. *Акустические расходомеры жидкости для систем теплоэнергетики // Метрология-96: Мат. между. симп.: Болгария, Созопол, 1996. - С. 252-256*. 3. Коновалов В.И., Орлов В.С. *Підвищення точності та продуктивності еталонних систем вимірювання витрат рідин//Наукові праці III міжнар. н.-т. конф.: Метрологія та вимірювальна техніка. (Метрологія 2002), Держстандарт України, Харків, 2002, т.2. - С. 124-126*.