

ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

УДК 536.531:006.354

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВИМІРЮВАЧА ВИТРАТИ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ТИПУ НА РІДИННИХ ТЕПЛОНОСІЯХ

© Кулик Олена¹, Дорожовець Михайло^{1,2}, 2006

¹Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Львів, вул. С. Бандери, 12, 79013, Україна

²Ряшівська політехніка, кафедра метрології та вимірювальних систем,
Ряшів, вул. В. Поля, 2, 35-959, Польща

Наведено результати експериментальних досліджень функції перетворення гідродинамічного витратоміра, що використовується в лічильнику тепла

Приведены результаты экспериментальных исследований функции преобразования гидродинамического расходомера, который используется в счетчике тепла

In work are represented the results of experimental researches of function of transformation of hydrodynamic flow meter, which is used in the heat meter.

Вступ. Проблема вимірювання кількості тепла у процесах його генерації та передавання, а також оптимального використання нерозривно пов'язана з його економією на усіх стадіях енергозабезпечення та енергоспоживання. Економія паливно-енергетичних ресурсів на стадії використання та генерування є надзвичайно важливою. Передавання тепла з місця генерації до місця використання потоком теплоносія не може бути ефективним без точного обліку, а без високоточного обліку неможливі узгоджені взаєморозрахунки між споживачами та виробниками тепла.

У [1] авторами запропонований лічильник кількості тепла на базі гідродинамічного вимірювача витрати з використанням методу Піто. У такому витратомірі трубка статичного тиску виконується у вигляді кільцевої камери по внутрішній стінці трубопроводу подавання теплоносія, а трубка повного тиску суміщена із сенсором температури теплоносія та розміщується в центрі трубопроводу і спрямована назустріч потоку по його осі. Обчислювач кількості тепла (теплого потоку), що може використовуватися в комплекті із запропонованими витратоміром та термоперетворювачем опору, є стандартним, із загальноприйнятим математичним та програмним забезпеченням, необхідним для комерційного та технологічного

обліку кількості тепла. Отже, лічильник кількості тепла є доволі складним вимірювальним пристроєм, який включає як первинні вимірювальні перетворювачі термоперетворювач опору, так і вимірювач витрати. Тому досліджувати функцію перетворення лічильника кількості тепла можна тільки після дослідження функції перетворення вимірювача витрати, тут – вимірювача витрати гідродинамічного типу, і дослідження термоперетворювача опору.

Мета. Хоча цей лічильник тепла придатний для систем як водяного опалення, так і повітряного обігрівання, однак у цій роботі досліджується функція перетворення вимірювача витрати лише на рідинних теплоносіях. Метою роботи є визначення похибки цього вимірювача.

Функція перетворення лічильника кількості тепла на базі гідродинамічного витратоміра. Як було зазначено у [2], функція перетворення лічильника кількості тепла на базі гідродинамічного витратоміра має вигляд:

$$Q = \int_t^{t+t_{\text{вим}}} \Delta\Phi dt, \quad (1)$$

де $\Delta\Phi$ – різниця теплових потоків, t – поточний час.

У [3] показано, що різницю теплового потоку можна записати у вигляді:

$$\Delta\Phi = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2p_d \rho} \cdot c \Delta T, \quad (2)$$

де D – діаметр трубопроводу; p_d – динамічний тиск; ρ, c – відповідно густина і теплоємність теплоносія.

У цій залежності параметри вимірювальної вставки (діаметр D), а також характеристики теплоносія (теплоємність c , густина ρ) мають бути задані у вигляді сталої:

$$C_{np} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot c \cdot \sqrt{2\rho} \quad (3)$$

З урахуванням (2)–(3) вираз (1) буде мати вигляд:

$$Q = C_{np} \int_t^{t+t_{вим}} \sqrt{p_d(t)} \cdot \Delta T(t) dt. \quad (4)$$

У статичному режимі під час перевірки динамічний тиск і різниця температур є сталими, тобто $p_d = const, \Delta T = const$. Тоді вираз кількості тепла можна записати як:

$$Q = C_{np} \sqrt{p_d} \cdot \Delta T \cdot t_{вим} = V \cdot \Delta T \cdot t_{вим}, \quad (5)$$

де V – об'ємна витрата теплоносія

Як було показано у [3], об'ємна витрата теплоносія за показами гідродинамічного витратоміра має вигляд:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2(p_d)}{\rho}} \quad (6)$$

Як впливає із функції перетворення лічильника тепла (5), крім високоточного вимірювання витрати (6) теплоносія, необхідне також точне вимірювання і його температури (чи різниці температур). Для цього авторами в роботі [4] було запропоновано суміщене виконання трубки повного тиску та термоперетворювача опору, причому із всіх можливих конструктивних виконань був вибраний найоптимальніший варіант конструкції, що забезпечує високу точність вимірювання температури та динамічні характеристики вимірювання.

Експериментальна проливна установка для дослідження блока вимірювання витрати лічильника тепла. Для дослідження блока вимірювання витрати лічильника кількості тепла гідродинамічного типу на рідинних теплоносіях доцільно використовувати проливну установку (рис.1), якою користуються під час перевірки теплових лічильників [5].

Така установка є доволі складною конструкцією, роботою якої керує спеціалізований комп'ютер.

Для точного визначення витрати теплоносія користуються стандартизованими мірними ємкостями різного об'єму (наприклад 500, 100 та 20 літрів), який відомий з точністю до ± 10 мл. Ємкості вкриті зсередини антикорозійним покриттям. Витрата визначається за часом наповнення відповідної ємкості.

На схемі експериментального стенда (рис.1) для перевірки витратомірних характеристик трубопроводних вставок (у нас вони мають діаметр $D_1=0.065$, $D_2=0.100$ і $D_3=0.150$ м) показані: резервуар з досліджуваною рідиною, до якого підключений водяний насос із вузлом регулювання витрати, демпфером (для гасіння коливань витрати) та зразковим витратоміром (SONOFLO від фірми DANFOSS, кл.т. 0.5 [6]) для встановлення дійсного значення витрати. Всі досліджувані вставки з'єднані послідовно, та об'єднані в коло, що замикається на зразкові ємкості, вказаного раніше об'єму, які можуть за командою комп'ютера вмикатися та відмикатися від потоку рідинного теплоносія, який через них після визначення точного часу заповнення окремої ємкості, попадає назад в резервуар (об'ємом 1000 літрів, або 1 м^3 , маса води близько однієї тонни). До трубок повного і статичного тиску кожної трубопроводної вставки підключені зразкові U – подібні манометри (TESTO 506-2 кл.т. 0,2 [7]).

За допомогою вузла вимірювання витрати встановлюється її необхідний рівень, водночас вимірюються перепади тисків на відповідних трубках повного та статичного тисків кожної вставки та визначається точне значення витрати за часом наповнення відповідної ємкості або їхньої комбінації. За цими даними визначається точне значення витрати, в чому експериментатору істотно допомагає спеціалізований комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням.

Результати перевірки гідродинамічних вставок. Перевірка вимірювачів витрати здійснювалась при температурі теплоносія $T_{\text{тепл}}=18^\circ\text{C}$, за

атмосферного тиску $P_{\text{атм}}=730$ мм.рт.ст. Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці.

Оскільки, згідно з (6) при визначенні витрати первинною величиною є динамічний тиск, то

експериментальні залежності витрати від перепаду тиску графічно зображені на рис. 2. Як видно з рис. 2, ці залежності достатньо добре відтворюють цю математичну функцію.

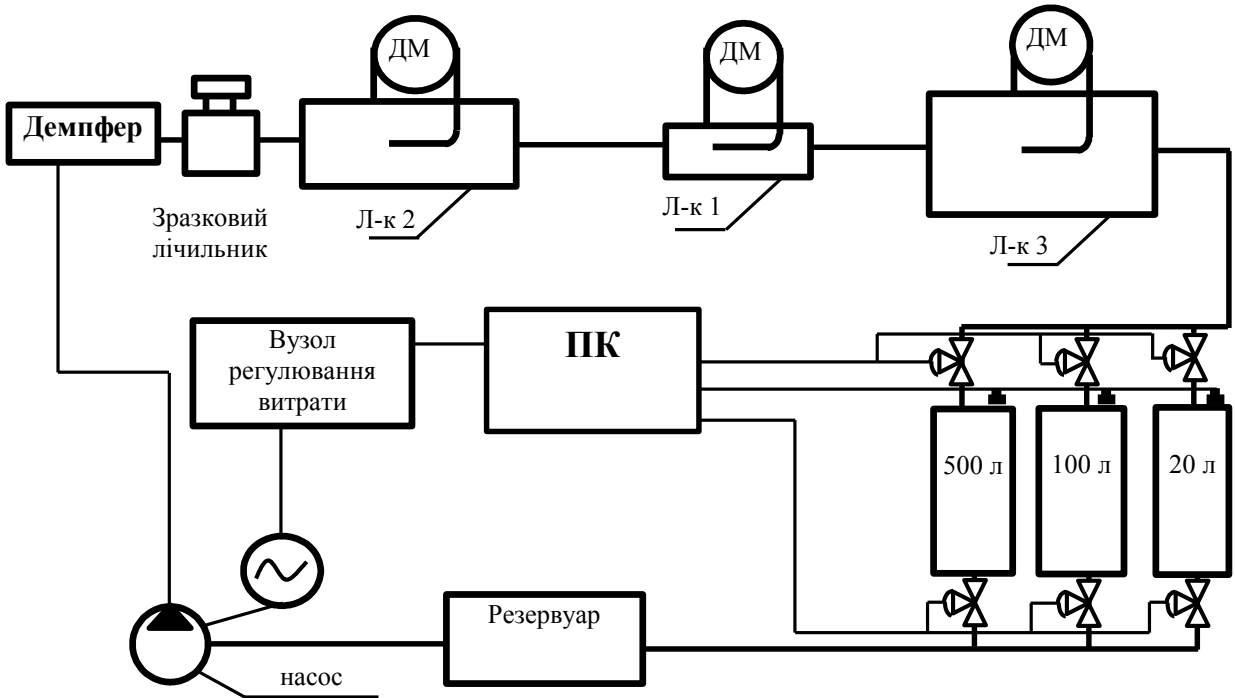


Рис 1. Експериментальна проливна установка для дослідження функції перетворення лічильника тепла

Результати експериментальних досліджень гідродинамічних вставок різних діаметрів

Зразкове значення витрати, $м^3/с \cdot 10^{-3}$	Гідродинамічний витратомір, $D_1 = 0.065$ м		Гідродинамічний витратомір, $D_1 = 0.100$ м		Гідродинамічний витратомір, $D_1 = 0.150$ м	
	Тиск, Па	Витрата, $м^3/с \cdot 10^{-3}$	Тиск, Па	Витрата, $м^3/с \cdot 10^{-3}$	Тиск, Па	Витрата, $м^3/с \cdot 10^{-3}$
2,5	254,97	2,4	44,13	2,3	7,84	2,2
3,4	490,33	3,3	98,07	3,5	19,61	3,5
4,2	735,50	4,0	147,10	4,3	29,42	4,3
4,8	980,66	4,7	196,13	4,9	39,23	5,0
5,3	1274,86	5,3	235,36	5,4	49,03	5,5
6	1569,06	5,9	274,59	5,8	58,84	6,1
7	2255,52	7,1	392,26	7,0	73,55	6,8
8,2	3138,12	8,3	529,56	8,1	98,07	7,8

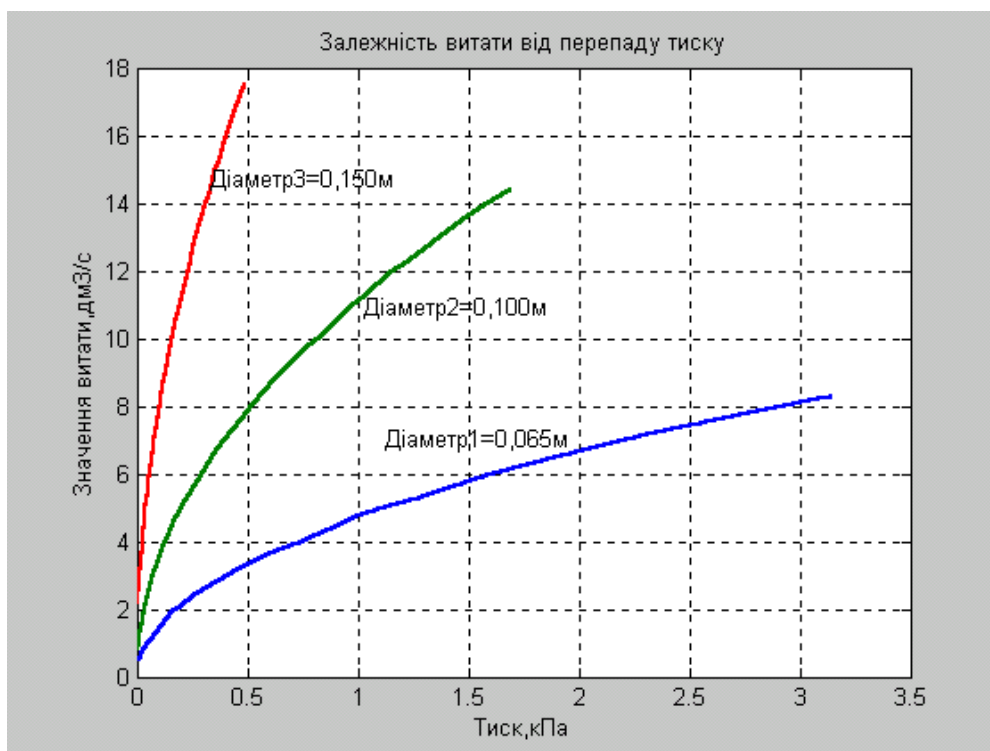


Рис. 2. Залежність витрати від перепаду тиску на гідродинамічних вставках

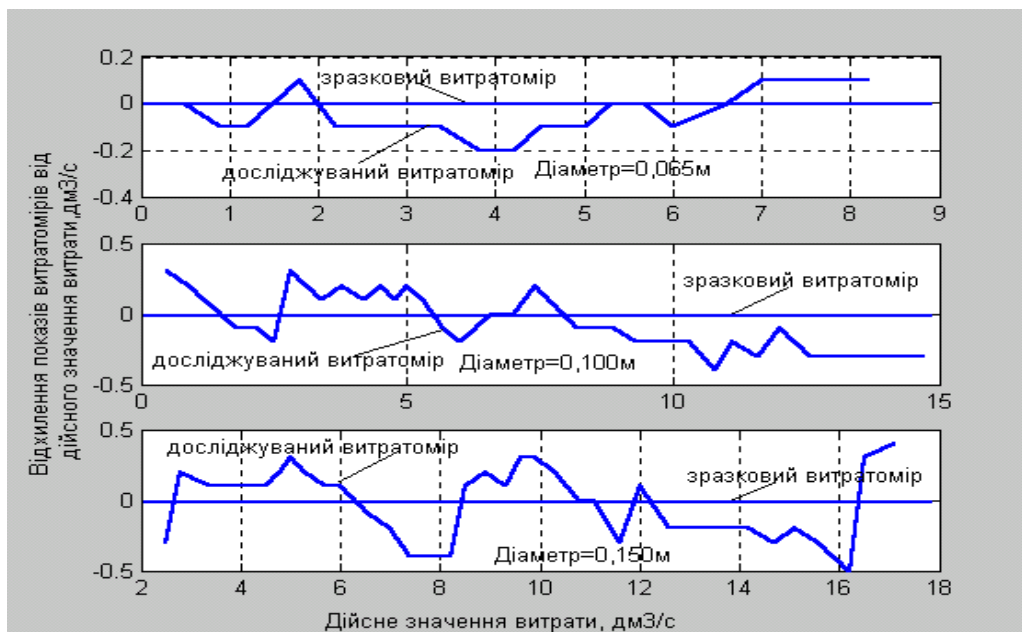


Рис. 3. Відхилення показів гідродинамічних вставок від дійсного значення витрати

Маючи значення витрати за показами зразкового витратоміра і значення витрати за показами гідродинамічних вставок різного діаметра, можемо визначити відхилення показів запропонованих витратомірів від дійсного значення витрати. Ці експериментальні відхилення показів подано на рис.3.

Аналіз наведених на рис. 3 експериментальних даних показує, що витратомір гідродинамічного типу, що запропонований нами як базовий для лічильника кількості тепла та який реалізує принцип Піто–Прандтля, доволі адекватно відображає зміну витрати на проливній установці, яку проганяють по кільцевій схемі (див. рис. 1).

З рис. 3, крім того, видно, що відхилення показів гідродинамічних вставок від дійсного значення витрати незначне, і не перевищує: для вставки діаметром 0,065м – $\pm 0,2$ дм³/с; для вставки діаметром 0,100м – $\pm 0,4$ дм³/с, для вставки діаметром 0,150м – $\pm 0,5$ дм³/с.

Виконані експерименти показують, що витратомір, побудований на принципі трубки Піто–Прандтля, з роздільним виконанням трубок повного і статичного тиску, придатний для вимірювання витрати на рідинних теплоносіях.

Оскільки запропонований лічильник кількості тепла може застосовуватися як у системах водяного опалення, так і у системах повітряного обігрівання, то необхідно виконати експериментальне дослідження функції перетворення блока вимірювання витрати на газових теплоносіях. Ці дослідження автори планують на майбутнє. Крім того, автори планують дослідження лічильника тепла на рідинних і газових теплоносіях.

Висновки

1. Були виконані експериментальні дослідження гідродинамічного витратоміра на рідинних теплоносіях, який реалізує принцип трубки Піто–Прандтля, і використовується в запропонованому співавтомом лічильнику тепла.

2. Перевірка витратомірів гідродинамічного типу здійснювалась методом порівняння зі зразковим перетворювачем за схемою, поданою на рис. 1.

3. Результати виконаних експериментів підтверджують можливість використання цього перетворювача (з роздільним виконанням трубки повного і статичного тисків) як блока вимірювання витрати теплового лічильника в системах водяного опалення.

4. Як показують результати, таке роздільне виконання трубок повного і статичного тиску дає змогу вимірювати витрату теплоносія з точністю 1,5 %.

1. Жуковський С.С., Кулик О.М., Кулик М.П. Пристрій для вимірювання кількості тепла // Патент України №71051. – Бюл. – № 11, 2004. 2. Кулик О.М., Жуковський С.С., Кулик М.П. Удосконалений метод вимірювання витрати теплоносія для лічильників кількості тепла // Всеукраїнський науково-технічний журнал “Промислова гідраліка і пневматика”. – 2004. – № 2(4). 3. Кулик О.М., Дорожовець М.М., Функція преобразования измерителя теплового потока на базу гидродинамического расходомера // Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Elektrotechnika. Z. 29. Metody i technika przetwarzania sygnałów w pomiarach fizycznych, Rzeszów, 2005. 4. Дорожовець М.М., Кулик О.М., Кулик М.П. Разработка конструкции термопреобразователя для измерителя теплового потока гидродинамическим методом Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Elektrotechnika. Z. 27. Metody i technika przetwarzania sygnałów w pomiarach fizycznych. – Rzeszów, 2004. 5. Stefan Wiśniewski, Tomasz S. Wiśniewski., Wymiana ciepła. – Warszawa, 1997. 6. Установка поверочна водомірна УВЛ 15/25. 7. Ультразвуковой расходомер SONOFLO®. Проспект фирмы Danfoss. 8. U-rohr Manometer. Produktverzeichnis TESTO.