

УДК 681.121.4:681.121.8

А.А. Зорі, А.К. Головіна
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк
кафедра електронної техніки
E-mail: dntunastya@mail.ru

ОЦІНКА ПОГРІШНОСТІ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛА ДЛЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ ОБЛАДНАНИХ АВТОНОМНИМИ КОТЕЛЬНИМИ

Abstract

Zori A.A. Golovina A.K. Estimation of error of methods of control of expense of amount of heat for height buildings of equipped by autonomous boiler rooms. The analysis of descriptions of errors of the explored methods of warmlymeters with metrology descriptions and scopes of the permissible error, taken from the national standards of Ukraine allowed to define that an ultrasonic method is more precisely from all other and DSTU answers, is conducted in work. Also, the structure of device of control of expense of amount of heat with the set degree of exactness, which will watch the expense of water and loss of heat on every floor, is developed. A device will be realized by setting on the floors of height house of ultrasonic warmlywatermeters.

Keywords: ultrasonic warmlywatermeter, flowmeter, error, metrology description, autonomous boiler room, temperature.

Анотація

Зорі А.А., Головіна А.К. Оцінка погрішності методів контролю витрати кількості тепла для висотних будівель обладнаних автономними котельними. У роботі проведено аналіз характеристик погрішностей досліджуваних методів теплотічильників з метрологічними характеристиками і межами допустимої помилки, узятій з національних стандартів України дозволив визначити, що ультразвуковий метод є точнішим зі всіх інших і відповідає ДСТУ. Також, розроблена структура приладу контролю витрати кількості тепла із заданим ступенем точності, який відстежуватиме витрату води і втрати тепла на кожному поверсі. Прилад реалізується шляхом установки на поверхнях висотного будинку ультразвукових тепловодолічильників.

Ключові слова: ультразвуковий тепловодолічильник, витратомір, погрішність, метрологічна характеристика, автономна котельня, температура.

Аннотация

Зори А.А., Головина А.К. Оценка погрешности методов контроля расхода количества тепла для высотных зданий оборудованных автономными котельными. В работе проведен анализ характеристик погрешностей исследуемых методов теплосчетчиков с метрологическими характеристиками и границами допустимой погрешности, взятой из национальных стандартов Украины позволил определить, что ультразвуковой метод является точнее из всех других и отвечает ДСТУ. Также, разработана структура прибора контроля расхода количества тепла с заданной степенью точности, которая будет отслеживать расход воды и потери тепла на каждом этаже. Прибор реализуется путем установки на этажах высотного дома ультразвуковых тепловодосчетчиков.

Ключевые слова: ультразвуковой тепловодосчетчик, расходомер, погрешность, метрологическая характеристика, автономная котельня, температура.

Загальна постановка проблеми: Системи обліку тепла стають необхідними, як споживачам тепла, так і його постачальникам. Першорядним критерієм якості систем те-

плопостачання відсутність температурного дискомфорту в приміщенні та постійна наявність гарячої води з певною температурою в необхідному об'ємі. Це досягається за рахунок упровадження автономних котельних, що функціонують за принципом повної автоматизації технологічного процесу. Важливою перевагою децентралізованих систем теплопостачання є можливість місцевого регулювання в системах квартирної опалювання і гарячого водопостачання. Проте експлуатація джерела теплоти і всього комплексу допоміжного устаткування квартирної системи теплопостачання мешканцями не завжди дає можливість повною мірою використовувати цю перевагу. Останні дослідження показали [1], що існує необхідність контролю втрати тепла на кожному поверсі, щоб не привертати ремонтно-експлуатаційну організацію для обслуговування джерел теплопостачання, облаштувати поверхи ультразвуковими теплотічильниками, для оперативного стеження за втратами тепла в будівлі.

Постановка задач дослідження Нині існують різні прилади та системи контролю витрати води і тепла. Вони мають ряд недоліків переваж зокрема висока погрішність вимірювання. Цю проблему в автономних котельних можна розв'язати шляхом використання ультразвукових, що працюють за принципом зміни часу проходження ультразвукового сигналу від джерела до приймача сигналів, який залежить від швидкості потоку рідини. Виникає задача вибору кількості та коректного розташування теплотічильників на кожному поверсі, з подальшою інтеграцією приладу, що розробляється, до загальної структури автоматизації

Рішення поставленої задачі і результати досліджень. Найбільш відповідним є простий теплотічильник, який на сьогоднішній день є пристроєм, що вимірює витрату теплоносія та температуру на вході і виході об'єкту теплопостачання. (див. рис.1).

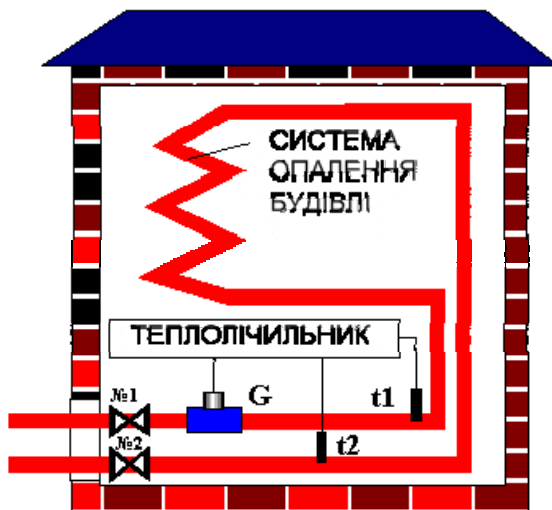


Рисунок 1

Кількість теплоти, підведеної до тіла або відведеної від нього, можна визначити за відомими значеннями його маси, питомої теплоємності та за зміною температури.

У теплотічильнику значення різниці ентальпії у прямому і зворотному потоках інтегрується за часом.

Рівняння для його роботи має вигляд:

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} q_m \cdot \Delta h \cdot dt ; \tag{1}$$

де Q — кількість теплоти, яку виділено або поглинуто;
 q_m — масова витрата теплоносія, що протікає через теплотічильник;

Δh — різниця значень питомої ентальпії теплоносія у прямому і зворотному потоках;
 t — тривалість.

Якщо прилад визначає об'єм, а не масу, рівняння має такий вигляд:

$$Q = \int_{V_0}^{V_1} k \cdot \Delta\Theta \cdot dV; \quad (2)$$

де Q — кількість теплоти, яку виділено або поглинуто;

V — об'єм рідини, що протекла;

k — тепловий коефіцієнт, що є функцією властивостей теплоносія за відповідних значеннями температури і тиску;

$\Delta\Theta$ — різниця температур теплоносія у прямому і зворотному потоках.

Для визначення кількості теплоти, що виділяється в теплообмінному контурі, теплотічильники мають враховувати тип теплоносія через тепловий коефіцієнт $k(p, \Theta_f, \Theta_r)$. Тепловий коефіцієнт є функцією фізичних величин тиску p , температури у прямому потоці Θ_f , температури у зворотному потоці Θ_r і його обчислюють за рівнянням:

$$\text{Тепловий коефіцієнт для води: } k(p, \Theta_f, \Theta_r) = \frac{1}{V} \cdot \frac{h_f - h_r}{\Theta_f - \Theta_r}; \quad (3)$$

де V — питомий об'єм;

h_f, h_r — питома ентальпія у прямому та зворотному потоках відповідно.

Погрішність вимірювання витрати тепла залежить як від погрішності вимірювання температури, так і від погрішності вимірювання витрати теплоносія, які залежать від точності первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків температури і расходомір теплоносія). Також з точністю визначення параметрів теплоносія найбезпосереднішим чином зв'язані метрологічні характеристики вхідних масштабуючих підсилювачів, зразкових резисторів, параметрів АЦП. Свою частку погрішності вносить і обчислювальна частина. Обмеження по точності математичних операцій в кінцевому пристрої і не зовсім коректні алгоритми можуть цілком занапастити навіть ідеальну вхідну частину теплотічильника.

Виникає проблема вибору методу. У кожному конкретному випадку або споживач, або грамотний установник повинні самі оцінити всі достоїнства і недоліки кожного з методів і зробити оптимальний вибір з урахуванням можливостей споживача. Два останні типи приладів (вихровий і механічний) перш за все орієнтовані на такого споживача, який бажає придбати теплотічильник за мінімальною вартістю і для якого високі метрологічні характеристики в широкому діапазоні вимірювань не принципові. Якщо йдеться про прилад з високими метрологічними характеристиками в ширшому діапазоні вимірювання, то застосовуємо теплотічильники, побудовані на базі електромагнітних перетворювачів витрати. Оцінимо погрішність різноманітних вимірювань.

Оцінка погрішності результату вимірювання енергоресурсів. Метрологічні характеристики теплотічильників визначаються розрахунковими методами по характеристиках тих вимірювальних вузлів, приладів і систем, на базі яких лічильники побудовані. Складність в оцінці погрішностей пояснюється умовами експлуатації таких приладів, необхідністю обліку змінного складу і фізичних властивостей теплоносія (наявність домішок), і тощо. Розглянемо оцінку погрішності результату вимірювання енергоресурсів, яка базується на методиці, що виконана в [5].

При обліку теплоти результат вимірювань спожитих (відпущених) за деякий інтервал часу енергоресурсів є накопиченою сумою n проміжних результатів вимірювань, визначається як:

$$S = \sum x_i \Delta t_i, \quad (4)$$

де x_i — миттєве значення i -го результату вимірювань миттєвої витрати (кількості енергоресурсів в одиницю часу), Δt_i — тривалість i -го інтервалу часу.

Задача ставиться таким чином: щоб оцінити погрішність результату S обліку енергоресурсів за умови, що погрішність засобу вимірювань (ЗВ) нормована у вигляді меж відносної, що допускається відносної δ_δ , або приведенної γ_δ погрішності.

Для спрощення розрахунків без зниження спільності припустимо, що $\Delta t_i = \Delta t = \text{const}$.

Тоді

$$S = \Delta t \sum x_i \tag{5}$$

Оцінку погрішності результату S обліку енергоресурсів проведемо в припущенні, що кожен результат вимірювань x_i містить деяку погрішність, дійсне значення ε якій може бути представлено сумою систематичної $\varepsilon_{\text{сист}}$ випадкової $\varepsilon_{\text{вип}}$ складових.

Припустимо також, що випадкова складова погрішності $\varepsilon_{\text{вип}}$ має рівномірну функцію густини (гірший випадок) і математичне очікування, рівне нулю. З останнього припущення при n , прагнучому до нескінченності, витікає, що випадкова складова погрішності СІ не робитиме впливу на результат S обліку енергоресурсів.

Далі припустимо, що результати вимірювань x_i рівномірно розподілені від початкового x_H до кінцевого x_K значень в діапазоні вимірювань ЗВ.

Переходячи від суми до інтеграла і враховуючи систематичну складову погрішності ЗВ, одержимо:

$$S = \Delta t \cdot n \cdot \frac{1}{x_K - x_H} \cdot \int_{x_H}^{x_K} (x + \varepsilon_{\text{сист}}) dx; \tag{6}$$

або

$$S = \Delta t \cdot n \cdot S_1; \tag{7}$$

де

$$S_1 = \frac{1}{x_K - x_H} \cdot \int_{x_H}^{x_K} (x + \varepsilon_{\text{сист}}) dx. \tag{8}$$

Враховуючи, що систематична складова погрішності по діапазону вимірювань ВЗ може бути представлена сумою трьох складових: адитивної ε_a , мультиплікативної $\eta_{\text{мх}}$ і нелінійної $\varepsilon_H(x)$, тобто

$$\varepsilon_{\text{сист}} = \varepsilon_a + \eta_m \cdot x + \varepsilon_H(x); \tag{9}$$

то

$$S_1 = \frac{1}{x_K - x_H} \cdot \int_{x_H}^{x_K} [x + \varepsilon_a + \eta_m \cdot x + \varepsilon_H(x)] dx. \tag{10}$$

У результаті інтегрування одержимо

$$S_1 = \frac{x_K - x_H}{2} + \varepsilon_a + \eta_m \frac{x_K - x_H}{2} + \frac{1}{x_K - x_H} \cdot \int_{x_H}^{x_K} \varepsilon_H(x) dx, \tag{11}$$

Перший доданок виразу представляє номінальне значення результату вимірювань

$$S_{1H} = \frac{x_K - x_H}{2}; \tag{12}$$

а що залишилися три додатків — дійсне значення абсолютної погрішності

$$\varepsilon_S = \varepsilon_a + \eta_m \frac{x_K + x_H}{2} + \frac{1}{x_K + x_H} \cdot \int_{x_H}^{x_K} \varepsilon_H(x) dx; \tag{13}$$

Враховуючи, що адитивна і мультиплікативна складові погрішності визначають параметри прямої, що апроксимує залежність погрішності за діапазоном перетворень ВЗ, то

$$\frac{1}{x_K - x_H} \cdot \int_{x_H}^{x_K} \varepsilon_H(x) dx = 0, \quad (14)$$

Отже, дійсне значення абсолютної погрішності результату вимірювань дорівнює

$$\varepsilon_S = \varepsilon_a + \eta_M \frac{x_K + x_H}{2}; \quad (15)$$

що у відносних одиницях складає

$$\eta_S = \frac{\varepsilon_S}{S_{1H}}. \quad (16)$$

Після підстановки ε_S і S_{1H} в останній вираз одержимо:

$$\eta_S = \frac{\varepsilon_a + \eta_M \frac{x_K + x_H}{2}}{\frac{x_K + x_H}{2}} = \frac{2}{x_K + x_H} \cdot \varepsilon_a + \eta_M. \quad (17)$$

Таким чином, відносна погрішність результату вимірювань S_1 , а, отже, і результату S обліку енергоресурсів, визначається виразом

$$\eta_S = \frac{2}{x_K + x_H} \cdot \varepsilon_a + \eta_M. \quad (18)$$

Подальші міркування проведемо для двох випадків: нормування погрішності ВЗ у вигляді меж приведеної, що допускається, γ_D і відносної δ_D погрішності.

1. При нормуванні погрішності ВЗ у вигляді меж γ_D приведеної погрішності, що припускається, модуль дійсного значення абсолютної погрішності ВЗ обмежений межею $\Delta\delta = \gamma_D (X_K - X_H)$ абсолютної погрішності, що припускається:

$$\varepsilon = \varepsilon_{cuct} + \varepsilon_{vun} \leq \Delta_D. \quad (19)$$

Припустимо, що

$$\varepsilon_{cuct} = k \cdot \Delta_D; \quad (20)$$

де k — коефіцієнт, що визначає вагу систематичної складової в погрішності ВЗ, значення його лежать в діапазоні від нуля до одиниці.

Тоді в межі

$$\varepsilon_{vun} = (1 - k) \cdot \Delta_D. \quad (21)$$

Далі припустимо, що

$$\begin{aligned} \varepsilon_a &= k_a \cdot \varepsilon_{cuct}, \\ \eta_M \cdot x &= k_M \cdot \varepsilon_{cuct}, \\ \varepsilon_H(x) &= (1 - k_a - k_M) \cdot \varepsilon_{cuct}, \end{aligned} \quad (22)$$

де k_a і k_M — відповідно коефіцієнти, що визначають вагу адитивної і мультиплікативної складових погрішності в систематичній погрішності ВЗ.

У результаті

$$\eta_S = \frac{2}{X_K + X_H} \cdot \varepsilon_a + \eta_M \leq \frac{2}{X_K + X_H} \cdot (k_a + k_M) \cdot \varepsilon_{cuct}, \quad (23)$$

що після підстановок і перетворень дає остаточний вираз у вигляді

$$\delta_S = 2 \cdot \frac{X_K - X_H}{X_K + X_H} \cdot (k_a + k_m) \cdot k \cdot \gamma_D \quad (24)$$

2. При нормуванні погрішності ЗВ у вигляді меж дд відносної погрішності, що припускається, модуль дійсного значення абсолютної погрішності ЗВ обмежений межею $\Delta\delta$ абсолютної погрішності, що припускається.

Міркуючи аналогічно, можна показати, що межа відносної погрішності результату обліку енергоресурсів, що припускається, складає

$$\delta_S = (k_a + k_M) \cdot k \cdot \delta_D \quad (25)$$

Одержані вирази дозволяють оцінити відносну погрішність результату S обліку енергоресурсів при заданих межах відносної, що допускається відносної дд, або приведеної уд погрішності ЗВ миттєвої витрати енергоресурсів. Згідно проведеного аналізу оцінки погрішності результату вимірювання енергоресурсів визначимо метрологічні характеристики і границі допустимої погрішності за відношенням до витрати тепла

Метрологічні характеристики (границі допустимої погрішності)

Перетворювачі витрати теплолічильників і єдині теплолічильники належать до одного з таких класів точності: клас1, клас2, клас3.

Границю допустимої погрішності теплолічильників, додатну чи від'ємну, відносно прийнятого дійсного значення кількості теплоти виражають як відносну похибку, що змінюється залежно від різниці температур і витрати.

Границю допустимої погрішності складової частини, додатну чи від'ємну, розраховують за різницею температур для обчислювача і пари перетворювачів температури і за витратою для перетворювача витрати. Відносну похибку E, у відсотках, розраховують за формулою:

$$E = \frac{V_d - V_C}{V_C} \cdot 100\%, \quad (26)$$

де V_d — виміряне значення;

V_C — прийняте дійсне значення.

Границі допустимої відносної погрішності єдиних теплолічильників — це арифметична сума границь допустимих відносних похибок складових частин

Границі допустимої відносної погрішності складових частин. Оцінемо обчислювач:

$$E_C = \pm \left(0,5 + \frac{\Delta\Theta_{\min}}{\Delta\Theta} \right),$$

де погрішність E_C встановлює зв'язок між виміряним значенням кількості теплоти і прийнятим дійсним значенням кількості теплоти

Пара перетворювачів температури:

$$E_t = \pm \left(0,5 + \frac{3\Delta\Theta_{\min}}{\Delta\Theta} \right),$$

де погрішність E_t встановлює зв'язок між виміряним значенням і прийнятим дійсним значенням співвідношення між вихідним сигналом пари перетворювачів температури з різницею температур.

Співвідношення між температурою й опором кожного перетворювача температури з пари не має відрізнятися від значень, наведених у EN 60751 (за стандартних значень сталей А, В і С) більш ніж на 2К [6].

Перетворювач витрати:

$$\text{Клас 1: } E_f = \pm \left(0,5 + \frac{3\Delta\Theta_{\min}}{\Delta\Theta} \right);$$

$$\text{Клас 2: } E_f = \pm \left(2 + \frac{0,02q_P}{q} \right), \text{ але не більш ніж } \pm 5\% ;$$

$$\text{Клас 3: } E_f = \pm \left(3 + \frac{0,05q_P}{q} \right), \text{ але не більш ніж } \pm 5\% ;$$

Значення E_C та E_t для класу 1 визначатимуть тоді, коли удосконалення методик випробування і перетворювачів витрати дадуть змогу це зробити.

Границі допустимої відносної погрішності можуть бути такими:

– для єдиних теплолічильників:

$$E = \pm \left(2 + \frac{4 \cdot \Delta\Theta_{\min}}{\Delta\Theta} + \frac{0,01q_P}{q} \right);$$

– для перетворювачів витрати:

$$E_t = \pm \left(1 + \frac{0,01q_P}{q} \right), \text{ але не більш ніж } \pm 5\% .$$

Передбачено, що ці границі допустимої погрішності можна застосовувати до теплолічильників з перетворювачами витрати з $q_P \geq 100 \text{ м}^3 / \text{год}$

При розробці теплолічильника, який являє собою сукупність нероз'єднаних складових частин, повинні зазначити, яким чином метрологічні характеристики кожної складової частини забезпечують відповідні границі допустимої погрішності складеного або єдиного теплолічильника.

Для комбінації складових частин (перетворювач витрати, пара перетворювачів температури, обчислювач або їх комбінація), які не утворюють певного складеного теплолічильника, границі допустимої погрішності дорівнюють арифметичній сумі границь допустимих похибок кожної складової частини

Погрішність складених теплолічильників не має перевищувати арифметичну суму границь допустимих похибок складових частин [6].

Розглянувши методику оцінки погрішності результату вимірювання енергоресурсів та метрологічні характеристики й границі допустимої погрішності ми маємо можливість за допомогою формул, а само за формулами (9), (15) та (25) зробити розрахунки систематичної становлячої погрішності, абсолютної та відносної й зрівняти одержані дані з національним стандартом України теплолічильників. (див.табл.1.)

На основі такої порівняльної характеристики та джерела [2] можна зробити наступні висновки, про те які переваги має ультразвуковий метод:

- збереження техніко-експлуатаційних характеристик в часі;
- висока точність вимірювання в широкому динамічному діапазоні;
- відсутність рухомих і виступаючих в потік вимірювальних елементів;
- відсутність втрат тиску;
- незалежність свідчень від зміни електропровідності середовища;
- низьке енергоспоживання;
- можливість безконтактного вимірювання витрати рідин;
- можливість вимірювання витрати рідин в широкому діапазоні діаметрів умовного проходу трубопроводів (15...1600 мм);
- можливість простої імітаційної перевірки без демонтажу первинного перетворювача з трубопроводу.

Для вирішення поставленої задачі проаналізовані функціональні особливості автономної котельної висотного будинку і розроблена структура приладу з урахуванням необхідної кількості теплотічильників на кожному поверсі.(див. рис.2)

Таблиця 1 — Порівняльна характеристика за класом точності різних методів

Метод расходомера	Становлячі погрішності			ДСТУ
	$\epsilon_{\text{сист}} (9)$	$\epsilon_s (15)$	$\delta_s (25)$	
Електромагнітний	$\pm 1-2\%$	$\pm 0,8\%$	$\pm 0,8$	Клас 1: $E_f = \pm (0,5 + \frac{3\Delta\Theta_{\min}}{\Delta\Theta})$ Клас 2: $E_f = \pm (2 + \frac{0,02q_p}{q})$, але не більш ніж $\pm 5\%$; Клас 3: $E_f = \pm (3 + \frac{0,05q_p}{q})$, але не більш ніж $\pm 5\%$;
Ультразвуковий	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,05\%$	
Віхровий	$\pm 1,5\%$	$\pm 2\%$	$-5,5\%$	
Тепловий	$\pm 1\%$ від повної шкали, включаючи нелінійність і відтворність	$\pm 0,8\%$ від свідчень	$\pm 0,2\%$ від повної шкали	

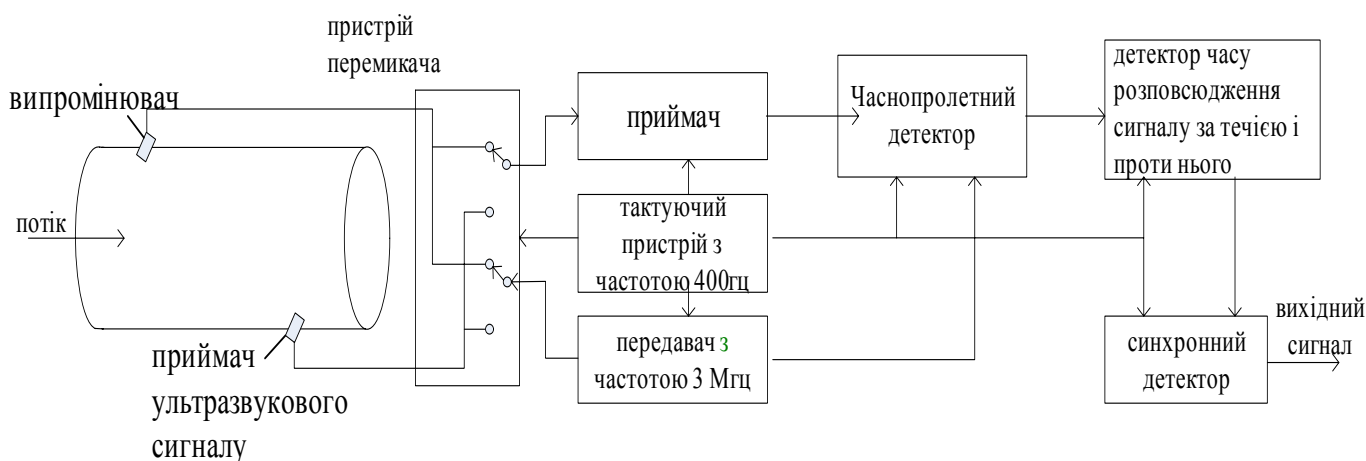


Рис.2 Схема ультразвукового расходомера, в якому кожен кристал виконує роль і передавача, і приймача

Структура адаптовна, оскільки планується подальша інтеграція приладу, що розробляється, до загальної структури автоматизації. При розташуванні п'єзоперетворювачів на зовнішню частину труби, частина акустичної енергії відображається від поверхні розділу труба-рідина і розповсюджується у вигляді акустичних коливань в стінці труби. При цьому утворюються як подовжні, так і поперечні хвилі. Останні можуть досягти приймально-го п'єзоелемента раніше акустичних коливань, що проходять через рідину. Для виключення цього пропонується поміщати п'єзоелементи з різних сторін фланцевого з'єднання, забезпеченого неметалічною прокладкою. Амплітуда A_p , і фаза ϕ_p ревербераційної хвилі відрізняються від амплітуди A і фази ϕ основної хвилі. Приймальний п'єзоелемент сприймає результуючі коливання, що мають амплітуду A_p і фазу ϕ_p . В результаті виникає зрушення фази $\Delta\phi_p = \phi_p - \phi$, особливо неприємний для існуючих расходомирів. Щоб це

зрушення було незначне, слід мати $AP < 0,01A$. Крім того ревербераційний імпульс може спотворити фронт основною імпульсу і передчасно включити частотну схему. Для виключення цього запропоновано зсувувати робочі імпульси по відношенню до відображених за допомогою електронної лінії затримки.

Для поліпшення відношення сигнал/ шум час розповсюдження ультразвукового сигналу часто вимірюється в двох напрямках, при цьому обидва п'єзокристали працюють поперемінно то приймачами, то передавачами. Це можна реалізувати за допомогою пристрою перемикача, показаного на рис. 2, який працює з порівняно низькою частотою (наприклад, 400 Гц). Синусоїдальні ультразвукові хвилі (з частотою близько 3 МГц) передаються в імпульсному режимі з тією ж самою повільною тактовою частотою (400 Гц). Прийнятий ВЧ сигнал відстає від переданого на час T . Величина цієї затримки залежить від швидкості потоку середовища. Час T вимірюється за допомогою часупролетного детектора, а синхронний детектор використовується для визначення різниці часів, витрачених на розповсюдження сигналу уподовж і проти перебігу потоку. Такий ультразвуковий датчик володіє достатньо високою точністю, його дрейф нудить складає $5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$ протягом 4-х годинного інтервалу часу.

У всіх теплотічильниках як датчики для вимірювання температури використовуються стандартні термометри опору.

Разом з переліченими перевагами, існує ряд проблем, які вимагають додаткового дослідження, а саме:

- робота ультразвукових перетворювачів за наявності несиметричних профілів зміни швидкості, а також робота при малих числах Рейнольдса (Re);
- необхідність обліку залежності швидкості розповсюдження звуку від фізико-хімічних властивостей різних вимірюваних середовищ;
- присутність паразитних акустичних сигналів;
- асиметрія електронно-акустичних каналів.

Наявність цих чинників приводить до необхідності застосування в ультразвукових расходомерах спеціальних методів і засобів компенсації, використуванню диференціальних схем вимірювання для виділення "слабкого" корисного сигналу.

Висновки.

1. Проведений у роботі аналіз характеристик погрішностей досліджуваних методів теплотічильників з метрологічними характеристиками і межами допустимої помилки, узятій з національних стандартів України дозволив визначити, що ультразвуковий метод є точнішим зі всіх інших і відповідає ДСТУ.

2. Розроблена структура приладу контролю витрати кількості тепла із заданим ступенем точності, який відстежуватиме витрату води і втрати тепла на кожному поверсі. Прилад реалізується шляхом установки на поверхах висотного будинку ультразвукових тепловоділічильників.

Література

1. <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/35/0/>
2. Дж. Фрайден Сучасні датчики. Довідник — Москва: Техносфера, 2006
3. http://localhost/Теплосчетчики.htm?reload_coolmenu.
4. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. — Л: Машиностроения Ленингр. отд-ние.
5. http://www.teplotpunkt.ru/articles/0087_daa_mtr.html.
6. ДСТУ EN 1434-1:2006 /Теплотічильники/ Частина1.

Здано в редакцію:
03.03.2009р.

Рекомендовано до друку:
д.т.н, проф. Чичикало Н.І.