

УДК 621.6

КОНТРОЛЬ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОЛІЧИЛЬНИКІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Зайцева О.О., канд. техн. наук, Чередниченко С.В., Грищенко Є.М., Яцюта О.І.

ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ», вул. Метрологічна, 4, м. Київ, Україна, ezaytseva@ukrcsm.kiev.ua

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2022.11>

Представлено аналіз методик повірки теплолічильників, що застосовуються в системах теплопостачання, в тому числі для складених та єдиних приладів. Запропоновано методику повірки для теплолічильників з компенсацією зміни швидкості ультразвуку залежно від температури теплоносія.

Представлен анализ методик поверки теплосчетчиков, применяемых в системах теплоснабжения, в том числе для составных и единых приборов. Предложена методика поверки для теплосчетчиков с компенсацией изменения скорости ультразвука в зависимости от температуры теплоносителя.

An analysis of the methods for verification thermal energy meters used in heating systems, including for combined and complete instruments, is presented. A verification technique for thermal energy meters with compensation for changes in the ultrasound speed depending on the temperature of the heat-conveying liquid is proposed.

Бібл. 9, рис. 5

Ключові слова: облік ресурсів, достовірність вимірювань, повірка теплолічильників.

Постановка проблеми

Зростання вартості енергоресурсів гостро ставить питання про їх раціональне використання. У житлово-комунальному господарстві України споживається 44 % енергетичних ресурсів, що становить близько 30 % загального споживання палива в Україні [1].

Розробка і впровадження енергосберегаючих заходів у сфері житлово-комунального господарства відкриває значні можливості економії ресурсів.

Одним із дієвих важелів стимулювання економії ресурсів є оплата споживачами ресурсів, зокрема теплоти на опалення і гаряче водопостачання, за реально спожитий обсяг ресурсу, який визначається за показаннями вимірювальних приладів.

Для розрахунків за спожиту кількість теплоти на опалення і гаряче водопостачання застосовуються теплолічильники [2].

Теплолічильники відносяться до законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, оскільки їх результати вимірювань використовуються при розрахунках між споживачами і постачальниками тепла на опалення і гаряче водопостачання [3]. Вимоги до теплолічильників регламентуються технічним регламентом [4], який гармонізовано з [5].

Для забезпечення достовірності показань теплолічильників, за якими нараховується оплата за спожитий ресурс, теплолічильники підлягають періодичній повірці в процесі експлуатації і після ремонту.

Порядок проведення повірки регламентовано у [6].

Категорія теплолічильників включає в себе багато типів засобів вимірювання кількості теплоти, які різняться між собою за принципом вимірювань, конструктивними особливостями, функціональними можливостями. Методика по-вірки теплолічильників повинна враховувати всі ці особливості для забезпечення необхідної точності повірки.

Мета статті

Метою проекту було огляд та розробка методик повірки теплолічильників різних типів.

Виклад основного матеріалу

Принцип вимірювання кількості теплоти в теплолічильниках заснований на першому законі термодинаміки. Для потоку теплоносія в трубопроводі рівняння вимірювань теплолічильника має вигляд [7]:

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} q_V \rho_{1(2)} (h_2 - h_1) dt \quad (1)$$

де q_V – об'ємна витрата теплоносія;

$\rho_{1(2)}$ – густина теплоносія в подавальному (зворотному) трубопроводі;

h_1, h_2 – питома ентальпія теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах відповідно;

t – час.

Враховуючи те, що густина та питома ентальпія теплоносія є функціями температури, кількість теплоти, яка виділяється в теплообмінному контурі, можна виміряти опосередкованим методом: прямим методом виміряти температуру теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, об'ємну витрату теплоносія у відповідному трубопроводі і розрахувати кількість теплоти за формулою (1).

Теплолічильники, які реалізують наведене вище рівняння, залежно від конструктивного виконання поділяються на складені та єдині [8].

Теплолічильник складений – це теплолічильник, що складається з таких роз'єднаних частин:

- обчислювач;
- пара перетворювачів температури;
- перетворювач витрати.

Загальний вигляд складеного теплолічильника наведено на рисунку 1.

Для кожної складової частини нормується максимально допустима похибка, яка контролюється експериментально. Максимально допустима похибка всього теплолічильника визначається як арифметична сума максимально допустимих похибок складових частин. Максимально допустимі похибки складових частин нормовано в [8]:

– обчислювач $E_c = \pm(0.5 + \Delta\Theta_{\min} / \Delta\Theta) \%$;

– пара перетворювачів температури

$E_t = \pm(0.5 + 3 \cdot \Delta\Theta_{\min} / \Delta\Theta)$

– перетворювач витрати для класів точності:

Клас 1: $E_f = \pm(1 + 0.01 \cdot q_p / q)$, але не більше $\pm 5 \%$;

Клас 2: $E_f = \pm(2 + 0.02 \cdot q_p / q)$, але не більше $\pm 5 \%$;

Клас 3: $E_f = \pm(3 + 0.05 \cdot q_p / q)$, але не більше $\pm 5 \%$.

Максимально допустима похибка теплолічильника



Рис. 1. Загальний вигляд складеного теплолічильника

$$E = E_c + E_t + E_f.$$

Експериментальний контроль похибок складових частин теплолічильника здійснюється із застосуванням відповідних еталонів, наведених на рисунку 2.

Широкого впровадження при обладнанні індивідуальних вузлів обліку споживання теплоти на опалення помешкань знайшли так звані єдині теплолічильники.

Теплолічильник єдиний – це теплолічильник, який не має роз'єднаних частин.

Загальний вигляд єдиного теплолічильника наведено на рисунку 3.

Особливістю єдиних теплолічильників є те, що для них нормується і експериментально визначається похибка при вимірюванні кількості теплоти без розділення її на похибки складових частин. Відтворюються фізичні величини, що поступають на входи теплолічильника – витрата теплоносія та температура теплоносія. При цьому температура води в проливній установці встановлюється певного значення, а температури в тер-

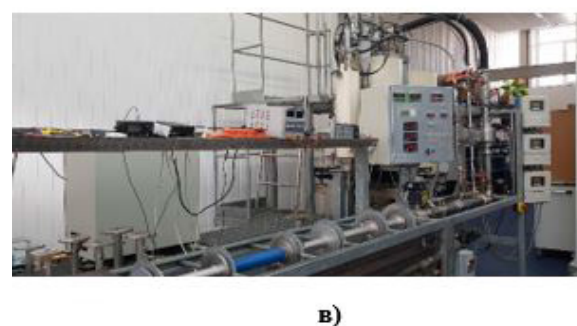
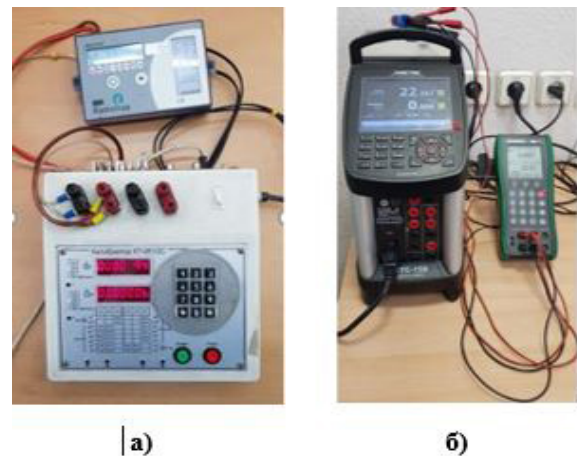


Рис. 2. Еталони для перевірки обчислювача:
а) калібратор для обчислювача; б) калібратор для пари перетворювачів температури;
в) проливна установка для перетворювача витрати

мостатах відповідають температурам в подавальному та зворотному потоках (див. рисунок 4).

Еталонне значення кількості теплоти розраховується з урахуванням значень температури та об'єму води, що подаються на входи теплолічильника.

Однак така методика прийнятна не для всіх типів перетворювачів витрати. Так, ультразвукові перетворювачі витрати засновані на методі вимірювання швидкості звуку в воді. Слід зазначити, що температура теплоносія змінюється в досить широкому діапазоні, а швидкість звуку в воді залежить від температури та тиску в потоці води X [9]. Ця залежність представлена на рисунку 5.

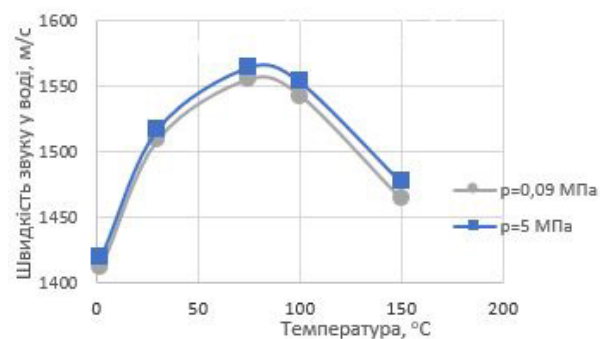
Для забезпечення необхідної точності в перетворювачі витрати реалізовано компенсацією зміни швидкості ультразвуку від температури теплоносія в трубопроводі, у якому встановлено перетворювач. Оскільки при проведенні повірки температура в калібраторі, що відтворює температуру теплоносія в трубопроводі де встановлено перетворювач витрати, відрізняється від температури в про-ливній установці, виникає методична помилка від заміни змінної швидкості ультразвуку постійним значенням.



*Рис. 3. Загальний вигляд єдиного
Теплолічильника*



*Рис. 4. Еталон для повірки єдиного
теплолічильника*



*Рис. 5. Залежність швидкості
ультразвуку у воді*

Для забезпечення достовірності результатів повірки було розроблено метод, відповідно до якого повірка здійснюється у два етапи. На першому етапі визначається похибка теплолічильника при вимірюванні витрати теплоносія як різниця показів теплолічильника і еталонного значення витрати, відтвореного проливною установкою. При цьому перетворювач температури теплолічильника поміщають в термостат з температурою, що дорівнює температурі води в проливній установці. Цим самим виключається методична похибка від невідповідності температури в термостаті і в проливній установці. На другому етапі визначається похибка теплолічильника при вимірюванні температури та розрахунку кількості теплоти. При цьому за еталонні значення відтворюваних величин приймаються температури в термостатах та покази теплолічильника при вимірюванні об'єму теплоносія. Загальна похибка єдиного теплолічильника визначається як сума похибок, отриманих під час першого та другого етапів повірки.

Таким чином гарантується достовірність результатів повірки теплолічильника.

Висновки

Повірка теплолічильників під час експлуатації сприяє отриманню достовірних результатів вимірювань кількості теплоти, що споживається в житловому фонді, і розробці на підставі цих результатів заходів, направлених на раціональне використання енергетичних ресурсів.

Запропонована методика повірки теплолічильників з компенсацією зміни швидкості ультразвуку від температури забезпечує достовірність результатів повірки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Степаненко І. І. Проблеми та перспективи розвитку енергоефективності в житловому секторі міст України / Ефективна економіка. – 2010. – № 11 [Електронний ресурс]. — Режим доступу:
<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=394>
2. Кузьменко Ю., Зайцева О., Ісхакова О. Б. Облік енергоресурсів – основа енергоощадження. // Метрологія та прилади. 2008. № 4. С 67-68.
3. Закон України Про метрологію та метрологічну діяльність
4. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 163.
5. Directive 2014/32/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of measuring instruments
6. Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, і оформлення її результатів, затверджений постановою Кабінету міністрів України від 08.02.2016 № 193
7. Кириллин В.А. и др. Техническая термодинамика: Учебн. для теплоэнергетических спец. вузов / Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. - 4-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 416 с.
8. ДСТУ EN 1434-1:2019 Теплолічильники. Частина 1. Загальні вимоги.
9. Александров А. А., Ларкин Д. К. Экспериментальное определение скорости ультразвука в широком диапазоне температур и давлений // Теплоэнергетика. – 1976. – №2. – С. 75

CONTROL OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF HEAT METERS DURING OPERATION

Zaitseva O.O., Cherednychenko S.V.
Hryshchenko Ye.M., Iatsiuta O.I.

*State Enterprise "All-Ukrainian State Research and
Production Center for Standardization, Metrology,
Certification and Consumer Rights Protection"
Metrologichna st., 4, Kyiv, Ukraine*

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2022.11>

Purpose

The purpose of this article is to consider the features of calibration of single heat meters during operation.

Results of operation

Heat meters belong to the field of legally regulated metrology, as their measurement results are used in calculations between consumers and suppliers of heat for heating and hot water supply, so they are subject to periodic verification during operation and after repair. The so-called single heat meters have been widely used in the equipment of individual heat metering units for space heating. The peculiarity of single heat meters is that for them the error in measuring the amount of heat is normalized and experimentally determined without dividing it into the errors of the components. The physical quantities supplied to the heat meter inputs are reproduced тепло the heat carrier consumption and the heat carrier temperature. In this case, the water temperature in the flow unit corresponds to the ambient temperature, and the temperature in the thermostats to the temperatures in the supply and return flows. However, for heat meters based on ultrasonic method of measuring the coolant flow with compensation of changes in the speed of ultrasound from the temperature of the coolant, this calibration technique cannot be applied due to a methodological error from replacing the variable speed of ultrasound with a constant value. To ensure the reliability of the verification results, a methodology was developed, according to which the verification is carried out in two stages. At the first stage, the error of the heat meter is determined when measuring the flow rate as the difference between the readings of the heat meter and the reference value of the flow rate reproduced by the spill unit. In this case, the temperature superheater of the heat meter is placed in a thermostat with a temperature equal to the temperature of the water in the pouring unit. This eliminates the methodological error from the temperature mismatch in the thermostat and in the pouring unit. In the second stage, the error of the heat meter is determined when measuring the

temperature and calculating the amount of heat. In this case, the reference values in the thermostats and the readings of the heat cell when measuring the consumption of the heat carrier are taken as the reference values of the reproducible values. The total error of a single heat meter is defined as the sum of the errors obtained during the first and second stages of verification.

Conclusion Calibration of heat meters during operation contributes to obtaining reliable results of measurements of the amount of heat consumed in the housing stock, and the development on the basis of these results of measures aimed at the rational use of energy resources.

References 9, figures 5.

Key words: accounting of resources, reliability of measurements, verification of heat meters.

1. *Ctepanenko I. I.* [Problems and prospects of energy efficiency development in the residential sector of Ukrainian cities] / [Efficient economy]. – 2010. – № 11 [Electronic resource]. — Access mode:

<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=394> (in Ukr.)

2. *Kuzmenko Iu., Zaytseva O., Iskhakova O.* [Energy accounting is the basis of energy saving] // Metrology and instruments. 2008. № 4. pp. 67–68. (in Ukr.)

3. [Law of Ukraine On Metrology and Metrological Activity] (in Ukr.)

4. [Technical regulation on measuring instruments approved by the decision of The Cabinet of Ministers of Ukraine of 24 February 2016 № 163] (in Ukr.)

5. Directive 2014/32/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of measuring instruments

6. [The procedure for verification of legally regulated measuring instruments in operation and registration of its results, approved by decision of The Cabinet of Ministers of Ukraine of 08 February 2016 № 193] (in Ukr.)

7. *Kirillin V.A., etc.* [Technical thermodynamics: A text-book for universities] / Kirillin V.A., Syrov V.V., Sheindlin.A.E. - 4th ed., Reworded. —M.: Energoatomizdat, 1983. 416 p., Ill. (in Rus.)

8. DSTU EN 1434-1:2019 Heat meters. Part 1. General requirements (in Ukr.)

9. *Aleksandrov A.A., Larkin D.K.* [Experimental determination of the ultrasound velocity in a wide range of temperatures and pressures]. - 1976. - No. 2. - P. 75. (in Rus.)

Отримано 19.12.2021

Received 19.12.2021