

УДК 536.629.7

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

С.І. Ковтун, кандидат технічних наук,
Інститут технічної теплофізики НАН України

Ключові слова: єдність вимірювання, калібрування, сенсори теплового потоку, метрологічний комплекс.

Для вирішення завдань з енерго- та ресурсозбереження актуальними стають дослідження та модернізація теплоенергетичних об'єктів та енергоємних технологій. В цих умовах суттєвого значення набувають вимірювання, оперативний контроль та регулювання теплових параметрів, серед яких важливе місце займає тепловий потік. Разом з появою великої кількості різних засобів вимірювання теплового потоку виникла проблема забезпечення єдності в даній області вимірювань. Шляхи вирішення цієї проблеми полягають у створенні нормативно-методичної та матеріально-технічної баз.

Для забезпечення нормативно-методичної бази теплотрії в Україні впроваджено низку нормативно-методичних документів, включаючи національні (ДСТУ, ДСТУ БВ) і міждержавні (ГОСТ), а також, в рамках приведення українських стандартів, вимог щодо безпеки продукції та її сертифікації у відповідність міжнародним нормам, розроблено національні стандарти гармонізовані з міжнародними, які є стандартами ідентичного ступеня відповідності та являють собою тотожний переклад відповідного міжнародного ISO або європейського EN на українську мову з введенням пояснень і додатків, що враховують національні умови та особливості їх застосування. Всі вони в тій чи іншій мірі стосуються процесів тепло- і масообміну, зокрема, термінології і методів вимірювання теплових величин.

Матеріально-технічна база складається з еталонних засобів для відтворення одиниці вимірювання даної фізичної величини і передачі її розміру робочим засобам вимірювання.

В Україні для засобів вимірювання теплового потоку державним еталоном є первинний еталон одиниці енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням ДЕТУ 11-01-96 розроблений і створений ННЦ «Інститут метрології» [1]. Він забезпечує калібрування приймачів теплового випромінювання в діапазоні від 10 Вт/м^2 до $1 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$ із розширеною невизначеністю $0,6 \cdot 10^{-2}$.

В більшості приладів для визначення теплофізичних характеристик як чутливі елементи та в системах для діагностики стану енергетичних об'єктів, контролю параметрів та автоматизації різноманітних теплових процесів застосовують первинні термоелектричні перетворювачі (сенсори) теплового потоку виду допоміжної стінки [2]. Для їх калібрування створено метрологічний комплекс, який складається з таких еталонних засобів [3]:

1) еталонна установка УВТ-1, основними вузлами якої є тепловий та електронний блоки, еталонна міра електричного опору, а також стабілізований блок живлення й контрольно-вимірювальні прилади;

2) комплект еталонних перетворювачів теплового потоку з покращеними метрологічними характеристиками [4].

Відтворення і передавання розміру одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку здійснюють шляхом створення у тепловому блоці еталонної установки, в якій розташовують еталонний сенсор теплового потоку, теплового режиму, за якого через сенсор проходить стаціонарний тепловий потік фіксованого значення. В результаті генерується електричний вихідний сигнал, пропорційний поверхневій густині теплового потоку.

Значення поверхневої густини теплового потоку визначають при дотриманні адіабатичних умов на неробочих поверхнях основного електричного нагрівача за результатами прямих вимірювань параметрів постійного струму живлення (напруги і сили струму) і діаметра робочої поверхні нагрівача за формулою:

$$q = U_{OH} \cdot U_0 / (0,25 \cdot \pi \cdot D_{OH}^2 \cdot R_0),$$

де U_{OH} – значення напруги на виводах основного нагрівника, В; U_0 – значення напруги на виводах котушки електричного опору, В; D_{OH} – діаметр робочої поверхні основного нагрівника, м; R_0 – номінальне значення міри електричного опору, Ом.

Це дозволяє визначити індивідуальну статичну функцію перетворення абсолютним методом прямих вимірювань.

У метрологічному комплексі передбачена можливість проведення досліджень залежності коефіцієнта перетворення сенсора від температури, яку він набуває при проходженні крізь нього теплового потоку певної густини.

Метрологічний комплекс забезпечує визначення поверхневої густини теплового потоку в діапазоні значень від 100 Вт/м² до 20000 Вт/м² за температури від 300 К до 473 К із розширеною невизначеністю 0,36 % за коефіцієнта охоплення $K = 2$ та довірчої ймовірності $P = 0,95$.

Список використаних джерел

1. Назаренко Л.А. Державний спеціальний еталон одиниці енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням / Л.А. Назаренко, В.І. Полевой, Л.І. Бондаренко // УМЖ. – 1995. – Вип. 1. – С. 31–36.

2. Енергозбереження. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови : ДСТУ 3756-98. – [Чинний від 2000-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2000. – 21 с.

3. Ковтун С.І. Метрологічне забезпечення засобів контролю теплового потоку // Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016: 8-а Національна науково-технічна конференція, 22 – 24 листопада 2016 р.: збірник доповідей – Київ: УТ НКТД, 2016. – С.147-151.

4. Ковтун С.И., Декуша Л.В., Грищенко Т.Г. Основы проектирования эталонных преобразователей теплового потока // Промышленная теплотехника. – Т. 34, № 5. – 2012. – С. 80-90.