

**УДК 536.62 : 536.51**

**Бурова З.А.<sup>1</sup>, Декуша Л.В.<sup>2</sup>, Воробйов Л.Й.<sup>2</sup>**

**КОМБІНОВАНА МЕТОДИКА ОБСТЕЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

<sup>1</sup> *Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Київ, Героїв Оборони 15, 03041*

<sup>2</sup> *Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Київ, Желябова 2а, 03680*

**Burova Z.A.<sup>1</sup>, Dekusha L.V.<sup>2</sup>, Vorobyov L.I.<sup>2</sup>**

**COMBINED INSPECTION TECHNIQUE OF POWER OBJECTS THERMAL  
CONDITION**

<sup>1</sup> *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*Kyiv, Heroyiv Oborony 15, 03041*

<sup>2</sup> *Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine*

*Kyiv, Zhelyabov str. 2a, 03680*

*Анотація. В роботі представлено комбіновану методіку безконтактних і контактних вимірювань теплотехнічних параметрів для ефективного визначення тепловтрат об'єктів промислової теплоенергетики з використанням багатоканальних вимірювальних систем.*

*Ключові слова: тепловий потік, температура, сенсор, моніторинг, енергетичний об'єкт.*

*Abstract. In the article the combined method of the no-touch and contact examining of heat engineering factors is presented for effective determination heat losses of industrial power objects by multichannel measuring systems.*

*Key words: heat flow, temperature, sensor, monitoring, power object.*

**Вступ.** Промислове енергетичне обладнання зазвичай має великі габарити, а теплові процеси вирізняються значною тривалістю у часі, тому для

проведення якісного моніторингу їх теплотехнічних параметрів і характеристик доцільним є застосування багатоканальних вимірювальних систем з можливістю підключення комплектів первинних сенсорів та приладів у необхідній кількості для визначення теплофізичних параметрів об'єкту та накопичення масиву дослідних даних для подальшої обробки.

**Вхідні дані та методи.** Для комплексного моніторингу теплотехнічних параметрів і характеристик теплогенеруючих об'єктів із застосуванням багатоканального вимірювального комплексу розроблено методику [1], в якій поєднано переваги безконтактного і контактного способів вимірювань та суміщено прямі вимірювання і розрахункові методи визначення коефіцієнта теплообміну. Методика [1] полягає у виконанні наступних експериментальних і обчислювальних операцій:

1) попередньо розбити контрольовану поверхню огорожувальної конструкції (ОК) об'єкту на імовірно однорідні й однакові за площею вимірювальні зони;

2) просканувати поверхні вимірювальних зон безконтактно за допомогою електронного контрольно-вимірювального приладу (пірометра) і побудувати поля значень поверхневої температури;

3) виявити в отриманому температурному полі характерні зони, в яких спостерігається найбільша кількість однакових значень температури. У разі доступності операторові цих вимірювальних зон необхідно розмістити на поверхні кожної з них по два сенсори температури і теплового потоку, що мають контрастну за ступенем чорноти зовнішні поверхні, та записати їх покази. Для випадків з важкодоступними поверхнями треба:

а) зробити повторне розбиття поверхні з виділенням не лише характерних, а й аномальних зон, в яких значення температури максимальні або мінімальні;

б) виконати в уточнених зонах безконтактні виміри температури  $T_{OK}$  (за допомогою пірометра) і густини потоку падаючого теплового випромінювання  $q_{ПАД}$  (наприклад, радіометром), а також температури повітря  $T_D$  в пристінному

шарі будь-яким вимірювачем температури, екранованим від дії сторонніх джерел теплового випромінення;

4) вибрати розрахункову формулу для обчислення коефіцієнта конвективного теплообміну  $\alpha$  між контрольованою поверхнею ОК і довкіллям, виходячи з виду, розмірів і просторового розташування поверхні ОК, умов теплообміну її з довкіллям і наявності вимушеного руху повітря біля поверхні ОК;

5) розрахувати дійсне значення поверхневої густини сумарного теплового потоку  $q_{\Sigma}$  по формулі:

$$q_{\Sigma} = \alpha \cdot (T_{Д} - T_{ОК}) + A_{ОК} \cdot q_{ПАД} - \sigma \cdot \varepsilon_{ОК} \cdot T_{ОК}^4. \quad (1)$$

де  $A_{ОК}$  і  $\varepsilon_{ОК}$  – поглинальна здатність та інтегральний напівсферичний ступінь чорноти поверхні ОК відповідно;  $\sigma$  – стала Стефана-Больцмана.

б) обчислити середнє арифметичне значення сумарного теплового потоку  $\bar{q}_{\Sigma}$  по всій поверхні ОК по формулі:

$$\bar{q}_{\Sigma} = \left( \sum_{n=1}^N q_{\Sigma_n} \cdot S_n \right) / \sum_{n=1}^N S_n, \quad (2)$$

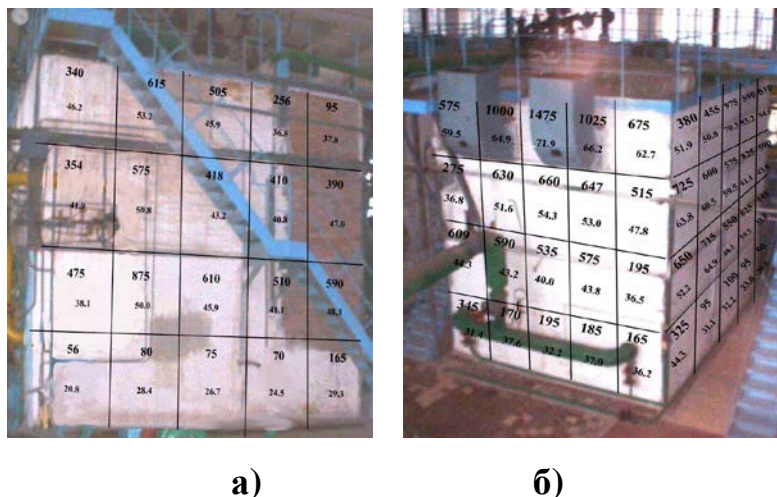
де  $S_n$  – площа  $n$ -ї вимірювальної зони,  $N$  – кількість зон;

7) уточнити значення  $\bar{q}_{\Sigma}$  з урахуванням істотних відмінностей в аномальних вимірювальних зонах та порівняти його з нормативними значеннями теплових втрат для цього типу енергетичного об'єкту.

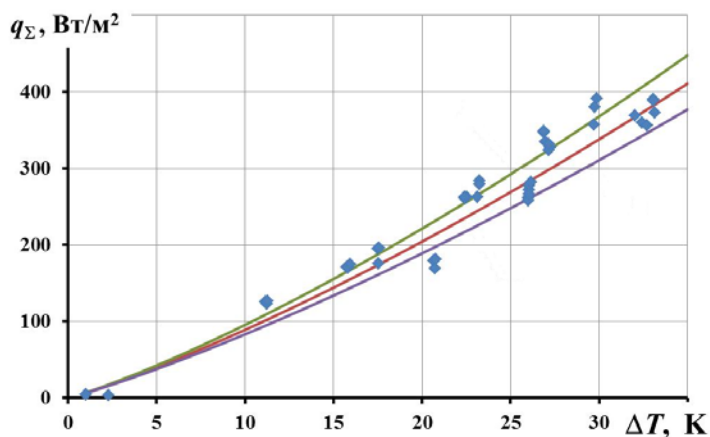
**Результати. Обговорення і аналіз.** Експериментальну апробацію методики здійснено з метою співставлення результатів вимірювань, отриманих безконтактним і контактним способами при комплексному дослідженні тепловтрат теплофікаційного водогрійного газового котла типу ТВГ-8 [2]. При цьому для безконтактного вимірювання температури застосовано пірометр «Fluke-574», для контактного – термопари, вбудовані в сенсори теплового потоку [3], якими також вимірюють значення густини результуючого теплового потоку. Окремо реєструвались значення температури повітря біля котла. Визначення густини падаючого потоку теплового випромінювання

безконтактним способом виконане за допомогою абсолютного порожнинного радіометра РАП-12Д [3].

На рис. 1 показано розбивку поверхонь котла по зонах та результати вимірювань теплофізичних параметрів у кожній з них. Верхнє число є значенням густини теплового потоку, виміряне сенсором теплового потоку, нижнє – температура поверхні, виміряна термопарою та пірометром, значення яких співпадають в межах похибки вимірювання.



**Рис. 1. Розподіл теплових потоків і температури по правій боковій (а) та по лівій боковій і тильній (б) поверхнях котла ТВГ-8**



**Рис. 2. Результати обстеження правої бічної поверхні котла ТВГ-8**

Для достовірного аналізу результатів досліджень було обрано праву бічну поверхню котла, на яку не впливала робота іншого теплоенергетичного устаткування. На рис. 2 показані результати обстеження теплового стану обраної поверхні котла ТВГ-8 у вигляді експериментальних точок та графіки розрахункових залежностей густини теплового потоку від різниці значень

температури поверхні ОК і довкілля, отримані на підставі рівняння (1) і обчислення середнього значення коефіцієнта конвективного теплообміну  $\alpha$  розрахунковим методом з використанням відомих критеріальних рівнянь і напівемпіричних залежностей, отриманих при дослідженні вільної конвекції для поверхонь різних розмірів, геометрії і розташування в просторі [1].

Аналіз даних рис. 2 свідчить, що розбіжність результатів контактних і безконтактних вимірів не перевищує 6%, вони відповідають один одному в межах похибки вимірювань та розрахунків коефіцієнта теплообміну.

**Висновки.** Комбінована методика обстеження теплового стану енергетичних об'єктів, заснована на безконтактному вимірюванні температури, використанні спеціалізованих приладів для вимірювання густини падаючого теплового потоку і коефіцієнта теплообміну, дозволяє одержати коректні значення теплового потоку крізь ОК досліджуваних об'єктів. Результати обстеження дозволяють об'єктивно оцінити тепловий стан енергетичного об'єкту, наприклад, обмурівки і теплової ізоляції котла або іншого теплоенергетичного устаткування, із зазначенням критичних зон, в яких можливі пошкодження елементів конструкції, що призводять до невиправданих тепловтрат.

Література:

1. Визначення теплових потоків крізь огорожувальні конструкції : Методика М00013184.5.023–01 / Розробники: Т.Г.Грищенко, Л.В.Декуша [та ін.] – К.: ЛОГОС, 2002. – 131 с.

2. Оперативное определение тепловых потерь объектов энергетики бесконтактным способом / А. А. Долинский, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев [и др.] // Пром. теплотехника. – 2007. –29, № 3. – С. 100–109.

3. Приборы для теплофизических измерений : Каталог [Електронний ресурс]. – Київ : ІТТФ НАН України, 2010. – 59 с. – Режим доступу: [http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/02/catalog\\_priborov\\_sensorov.pdf](http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/02/catalog_priborov_sensorov.pdf)

Статтю відправлено: 03.10.2016 г.

© Бурова З.А., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й.