УДК 536.626

Бурова З.А.¹, Воробйов Л.Й.², Назаренко О.О.²

**ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ
ПАЛИВА**

¹ *Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Київ, Героїв Оборони 15, 03041

² *Інститут технічної теплофізики НАН України*

Київ, Желябова 2а, 03680

Burova Z.A., Vorobyov L.I., Nazarenko O.O.

COMBUSTION HEAT FUEL MEASUREMENTS ACCURACY INCREASING

¹ *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Kyiv, Heroyiv Oborony 15, 03041

² *Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine*

Kyiv, Zhelyabov str. 2a, 03680

Анотація. В роботі розглядається метод підвищення точності вимірювань кількості теплоти диференціальним калориметром теплового потоку за рахунок зменшення неконтрольованого теплообміну і тепловтрат з торців масивного термостатованого блоку калориметра.

Ключові слова: теплота згоряння, диференціальний калориметр, тепловий потік, адіабатна теплоізоляція.

Abstract. In the article the method of heat quantity measuring accuracy increasing by the differential heat-flow calorimeter due to reduction of uncontrolled heat exchange and heat losses from the butt ends of the calorimeter massive temperature-stabilized block is examined.

Key words: combustion heat, differential calorimeter, heat flow, adiabatic heat insulation.

Вступ. Однією з найважливіших характеристик палива є його теплота згоряння. Традиційно для визначення теплоти згоряння палив та хімічних речовин використовують ентальпійні водяні бомбові калориметри, але останніми роками для таких вимірювань набувають розповсюдження калориметри теплового потоку, або кондуктивні калориметри [1, 2], які мають вагомі переваги порівняно з традиційними водяними, зокрема, не вимагають кондиціювання і точного зважування води, легко автоматизуються та не потребують спеціальних приміщень для експлуатації.

Огляд літератури. В кондуктивному калориметрі [1] комірку з реакційною посудиною – калориметричною бомбою – оточено чутливою калориметричною оболонкою, вмонтованою в масивний термостатований блок. Оболонку з'єднано з вимірювально-обчислювальною системою, яка вимірює та обробляє сигнали первинних перетворювачів теплового потоку та температури. На поверхні масивного блоку розміщено електричний нагрівник, що слугує виконавчим елементом системи терморегулювання, яка за сигналом перетворювача температури регулює електричну потужність нагрівника так, щоб підтримувати стаке значення температури блоку. Охолодження зовнішньої поверхні калориметричного блоку здійснюється конвективно шляхом обдування за допомогою вентилятора.

При вимірюваннях зразок досліджуваного матеріалу розміщують в калориметричній бомбі, заповнюють її киснем та встановлюють в комірку, а після стабілізації температури в калориметрі здійснюють підпалювання зразка. Теплота, що виникає внаслідок згоряння зразка, проходить крізь калориметричну чутливу оболонку, внаслідок чого генерується електричний сигнал, що реєструється, вимірюється та інтегрується вимірювально-обчислювальною системою. Інтегральне значення сигналу від моменту підпалу зразка до моменту повторної стабілізації температури в калориметрі пропорційне кількості теплоти, що виділилася в реакційній посудині.

Сучасні калориметри теплового потоку відповідають вимогам щодо точності вимірювань, зменшення тривалості підготовки та проведення досліду,

але вони мають і недоліки – неконтрольовані зміни температури та швидкості руху повітря, що обдуває калориметричний блок, та інші зовнішні збурення спричиняють коливання сигналу калориметричної оболонки, що може призвести до погіршення метрологічних характеристик приладу.

Вхідні дані та методи. Відомим способом боротьби з впливом зовнішніх збурень в кондуктивних калориметрах є використання диференційної схеми підключення чутливих елементів. Проте, диференціальні калориметри теплового потоку мають достатньо великі розміри, а в їх термостатованих блоках під час вимірювань може виникати неоднорідність температури, що може збільшити похибку вимірювань. Торцеві поверхні масивного блоку та калориметричних комірок з кожного боку вкриті шарами теплоізоляційного матеріалу, але це не є ідеальним тепловим захистом, внаслідок чого зовнішні збурення, такі як неконтрольовані зміни температури зовнішнього повітря або пряме падіння сонячних променів, впливають на теплове поле в масивному блоці, а теплота, що виділяється в калориметричній комірці внаслідок досліджуваної реакції, може частково проходити назовні.

Зменшення неоднорідності температури та тепловтрат з торців калориметричного термостатованого блоку можна досягти, розмістивши на кожному торці масивного блоку первинний сенсор теплового потоку та нагрівник торця, які разом з регулятором утворюють активну адіабатну теплоізоляцію для зменшення неконтрольованого теплообміну [2]. На рис. 1 зображено схему загального вигляду диференціального калориметра в розрізі.

В масивному термостатованому блоці 1 (рис. 1) розміщені дві калориметричні комірки з чутливими оболонками 2 та реакційними посудинами 3, а також перетворювач температури 4, який підключений до входу терморегулятора 5, вихід якого підключений до електричного нагрівника 6, розташованого на боковій поверхні масивного блоку. Бокова поверхня блока 1 має систему керованого повітряного охолодження, яка містить вентилятор 7 та кільцевий коаксіальний канал 8 для охолоджувального повітря, утворений боковою поверхнею блока 1 та корпусом 9.

Рис. 1. Схема будови диференціального калориметра

На верхньому торці масивного блоку розташовано сенсор теплового потоку 10, а на іншому торці – аналогічний сенсор 11. Одна із сторін кожного з цих сенсорів знаходиться у тепловому контакті з масивним блоком через температуровирівнювальні пластини 12 та 13, а на іншому боці розміщені компенсаційні електричні нагрівники торців 14 та 15. Вихід верхнього сенсору 10 підключений до входу регулятора 16, вихід якого підключений до електричного нагрівника верхнього торця 14, а вихід нижнього сенсору 11 підключений до входу регулятора 17, вихід якого підключений до електричного нагрівника нижнього торця 15.

Результати. Обговорення і аналіз. Оскільки температура термостатування масивного блоку 1 встановлюється вищою за температуру оточуючого повітря, крізь торці блоку почне протікати тепловий потік, направлений від нього, і при цьому сенсори 10 та 11 генеруватимуть сигнали, які подаються на входи регуляторів 16 та 17, що підводять електричну потужність на нагрівники торців 14 та 15, в результаті чого теплові потоки крізь торці масивного блоку компенсуються. Якщо тепловий потік крізь торці термостатованого блоку збільшується, наприклад, внаслідок тепловиділення від

досліджуваної реакції в реакційних посудинах 3, сенсори 10 та 11 генерують сигнал, пропорційний тепловому потоку крізь відповідний торець. Сигнали сенсорів 10 та 11 подаються на входи регуляторів 16 та 17, які підвищують значення електричної потужності, що подається на нагрівники торців 14 та 15, за рахунок чого компенсується наявний тепловий потік. В разі зменшення тепловиділення в комірках зміна теплового потоку крізь торці автоматично призводить до зменшення значення електричної потужності, що подається на нагрівники торців. Таким чином, на кожному торці масивного блоку утворено систему автоматичного підтримання нульового теплового потоку – активна адіабатна теплоізоляція, яка забезпечує підвищення точності вимірювання теплоти, що виділяється або поглинається при фізико-хімічних та біологічних процесах, за рахунок зменшення неконтрольованого теплообміну крізь торці термостатованого блоку.

Висновки. Підвищення точності вимірювання кількості теплоти диференціальним калориметром теплового потоку за рахунок зменшення неконтрольованого теплообміну та тепловтрат з торців масивного калориметричного термостатованого блоку можна досягти шляхом організації активної адіабатної теплоізоляції кожного торця, розмістивши на них систему автоматичного підтримання нульового теплового потоку, складену з сенсору теплового потоку, електричного нагрівника та керуючого регулятора.

Література:

1. Воробьев Л. И. Бомбовые калориметры для определения теплоты сгорания топлива / Л. И. Воробьев, Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша // Инженерно-физический журнал. – 1997. – Т.70, № 5. – С. 828–839.

2. Патент України на винахід № 108312. Кондуктивний калориметр / Назаренко О.О., Бабак В.П., Бурова З.А., Воробйов Л.Й., Декуша Л.В., заявник і власник патенту ІТТФ НАНУ; опубліковано: 10.04.2015, бюл.№ 5.

Статтю відправлено: 03.10.2016 г.

© Бурова З.А., Воробйов Л.Й., Назаренко О.О.