

## УСТАНОВКА СИНХРОННОГО ТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ НА БАЗІ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ

Н.С. Дубовікова, Т.О. Роман, Л.В. Декуша, О.Г. Мазуренко

**Анотація.** Описана установка синхронного термічного аналізу, яка призначена для визначення питомої теплоти випаровування чистих рідин і рідин у складі матеріалів та розчинів в процесі ізотермічного сушіння. Важливою складовою є система контролю та підтримки температури теплового блоку. Установка побудована на базі термоелектричних перетворювачів теплового потоку.

**Ключові слова:** Термоелектричні перетворювачі, термічний аналіз, теплофізичні характеристики, повітряний насос, термостат, калориметр.

**Вступ.** Оскільки ні одне явище не може відбуватися без виділення або поглинання теплоти, то вимірювання теплових ефектів викликає зацікавленість широкого кола дослідників різних спрямувань: фізиків, біологів, хіміків. Вивчення таких процесів калориметричним методом дозволяє отримати достатньо повні відомості про теплообмін, що разом з іншими методами вимірювання дає можливість детально описати властивості системи. В роботі використана установка синхронного термічного аналізу (СТА) для визначення питомої теплоти випаровування [1].

**Методи досліджень.** Дія установки базується на використанні термоелектричних перетворювачів теплового потоку (ТППП). В установці одночасно використовуються два методи термічного аналізу - диференційна калориметрія та термогравіметрія.

Установка, структурну схему якої зображено на рис. 1, призначена для визначення питомої теплоти випаровування чистих рідин і рідин у складі матеріалів та розчинів в процесі ізотермічного сушіння, в температурному діапазоні від 40 до 105 °С. Метод дії установки заснований на порівнянні теплових ефектів досліджуваного зразка речовини і термічно інертного за даних умов матеріалу, який прийняли в якості еталону.

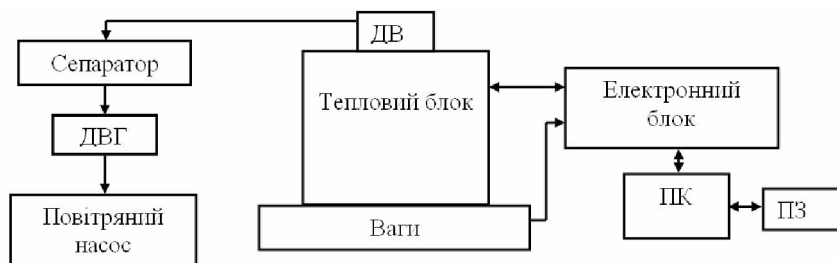


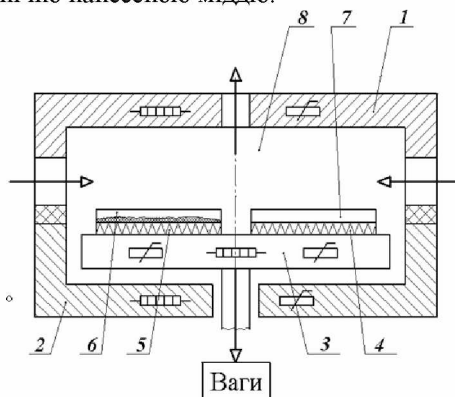
Рис. 1. Структурна схема установки СТА: ДВГ – датчик витрати газу, ДВ – датчик вологості, ПК – персональний комп'ютер, ПЗ – програмне забезпечення.

Параметром, що реєструється, є різниця теплових потоків ТПП, обумовлена тепловими ефектами внаслідок внутрішніх процесів при нагріванні або охолодженні зразка та еталона в ізотермічному режимі.

Установка СТА являє собою сукупність функціонально об'єднаних складових - теплового блоку, електронного блоку, аналітичних ваг, повітряного насосу і персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

Тепловий блок призначено для розташування дослідного зразка і речовини-еталону в робочій камері та утворення необхідного теплового режиму за допомогою блоків термостатовання.

Принципова схема теплового блоку установки представлена на рис.2. Завдяки термостатованим елементам 1 і 2, температура яких підтримується за допомогою автоматичної системи регулювання та вбудованих електронагрівачів з точністю  $\pm 0,1$  градуса, температурний режим в робочій камері 8 підтримується стабільним протягом всього досліджу. ТПП представляють собою гальванічні термоелектричні батареї ідентичних термоелементів, що виконані у вигляді виготовленої з константану плоскої спіралі з гальванічно нанесеною міддю.



**Рис.2. Принципова схема теплового блоку установки СТА: 1,2 – верхній та нижній блоки термостатовання; 3 – калориметрична платформа з електронагрівачем; 4,5 – перетворювач теплового потоку; 6 – комірка зі зразком; 7 – комірка-еталон.**

Повітряний насос – це пристрій для створення потоку повітря чи газу. Він використовується для відкачки вологого повітря з робочої камери і забезпечення всередині неї динамічної атмосфери. Перед повітряним насосом встановлений спеціальний резервуар – сепаратор, який призначений для видалення та накопичення вологи з повітря, а також для гасіння коливань тиску і створення стабільного та рівномірного потоку повітря через робочу камеру.

Функціями електронного блоку є:

- контроль та підтримка заданого користувачем значення температури верхнього і нижнього термостатованих блоків установки СТА, а також калориметричної платформи, впродовж всього досліджу;
- безперервний збір та обробка сигналів, що надходять від перетворювачів теплового потоку ТПП1 і ТПП2 та термометрів опору;
- перетворення вимірювальної інформації в цифровий вигляд та наступна передача її на ПК.

Система контролю та підтримки температури теплового блоку має три окремі вимірювальні частини, виконані по схемі моста Уїнстона, в одне з плечей якого ввімкнений первинний перетворювач температури – платиновий термометра опору ТС1, ТС2 або ТС3. Резисторами міст балансується на задану користувачем температуру верхнього і нижнього термостатованих блоків та калориметричної платформи. При відхиленні температури блоків або платформи від заданої, баланс мосту порушується, напруга розбалансу мосту надходить на вхід регулятора температури, в якому реалізований пропорційно-інтегральний закон регулювання.

Персональний комп'ютер служить для обробки вимірювальної інформації, що надходить від теплового блоку та аналітичних ваг, а також для проведення розрахункових операцій та перетворення отриманих даних в графічну і табличну форми за допомогою спеціально розробленого для установки СТА програмного забезпечення. Дані вимірювання протягом дослідження поступають на ПК через інтерфейс RS232 та реєструються за допомогою програмного забезпечення.

Установка СТА дозволяє проводити дослідження як при стаціонарній, так і при динамічній атмосфері, витрату повітря можна регулювати за допомогою повітряного насоса і вимірювати вмонтованим датчиком витрати газу ДВГ. Крім того, в атмосфері робочої камери розташований датчик вологості ДВ, що безперервно реєструє зміни відносної вологості оточуючого зразка повітря протягом дослідження.

**Хід вимірювання.** Повітря, що надходить в робочу камеру, попередньо прогрівається до температури термостатованих елементів. Необхідний температурний режим, заданий оператором, забезпечується системою регулювання температури верхнього та нижнього термостатованих елементів і калориметричної платформи. В платформі вмонтовані платинові термоперетворювачі опору типу ПТ 1000 (на рис.2 не показані), сигнали від яких поступають на вхідні порти регуляторів температури, де вони аналізуються. При необхідності коректування нагріву регулятори за допомогою симісторних ключів формують відповідні напруги, що подаються на електронагрівачі блоку.

Температура калориметричної платформи задається на тому ж рівні, що і температура повітря в робочій камері. Завдяки цьому мінімізується конвективний теплообмін між поверхнею зразка та повітрям в робочій камері. За допомогою ТПТТ 4 і 5 (рис.2) вимірюють значення теплових потоків, що надходять від калориметричної платформи до комірок з досліджуванним зразком 6 і еталомом 7. Різниця значень виміряних потоків відповідає потужності, що надходить до досліджуваного зразка для компенсації затраченої на фазовий перехід енергії. Зміну маси зразка, що відбувається під час дослідження, визначають за допомогою аналітичних ваг третього класу з абсолютною похибкою вимірювання 0,001г.

**Результати та обговорення.** На рис. 3 наведені результати вимірювання витрат теплоти на випаровування вологи дині за різних температур повітря. Оскільки під час дослідження проходить безперервне випаровування вологи, тобто відбувається процес сушіння продукту до стану повітряно-сухої маси, то побудовані криві фактично характеризують необхідні витрати сушильного агента на випаровування вільної вологи, що містить продукт. Такі дані важливі для вибору параметрів сушіння при виготовленні продукції харчової, фармацевтичної, лакофарбової промисловості тощо, оскільки вони дозволяють визначити оптимальні режими та умови обробки матеріалів, в тому числі термолабільних та речовин, до складу яких входить велика кількість зв'язаної вологи.

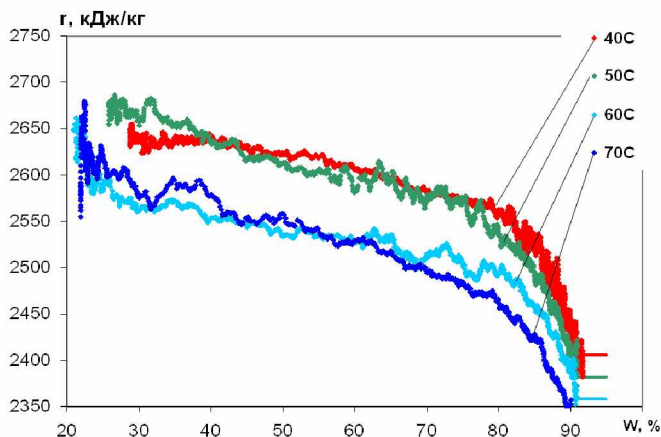


Рис.3. Питомі витрати теплоти на випаровування вільної вологи дині за різних температур сушильного агента (повітря).

**ВИСНОВКИ.** Використання перетворювачів ТППП описаного типу дозволяє не лише визначити загальну кількість виділеної або поглиненої теплової енергії, але й відстежити динаміку її зміни в ході технологічного процесу.

Описаний підхід до дослідження теплових процесів дозволяє суттєво розширити область використання калориметричних методів та оптимізувати енергетичні витрати на процеси сушіння різноманітних за складом твердих та рідких речовин.

#### Література.

1. Патент України №84075 МПК G01N 25/26, G01N25/28/ Калориметричний пристрій для визначення питомої теплоти випаровування вологи і органічних рідин з матеріалів /Снежкін Ю.Ф., Декуша Л.В., Дубовікова Н.С., Грищенко Т.Г., Воробйов Л.Й., Боряк Л.А.- Заявка № а2006 13266 від 15.12.2006.

#### Авторська довідка.

1. Дубовікова Наталія Сергіївна, молодший науковий співробітник, Інститут технічної теплофізики НАНУ, тел. (044) 453-28-42, e-mail: teplomer@ukr.net
2. Роман Тетяна Олександрівна, інженер, кафедра електротехніки, Національний університет харчових технологій, тел. (044) 278-92-31.
3. Декуша Леонід Васильович, к.т.н., с.н.с., завідувач відділу, Інститут технічної теплофізики НАНУ, тел. (044) 453-28-42, e-mail: teplomer@ukr.net
4. Мазуренко Олександр Григорович, д.т.н., професор, зав. кафедри, кафедра електротехніки, Національний університет харчових технологій, тел. (044) 278-94-78.