

УДК 681.5.08

**Басок Б. І.**, чл.кор. НАН України, д.т.н.,  
**Гончарук С. М.**, к.т.н, **Приємченко В. П.**, **Коваленко М.П.**  
Інститут технічної теплофізики НАН України

### СИСТЕМА КАЛІБРУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНСОРІВ ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

Для розробки заходів з підвищення енергоефективності будівель необхідна точна та надійна інформація про: основні теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій; дані про їх волого-температурний стан; рівні тепловтрат; об'єми інфільтрації зовнішнього повітря тощо. Традиційно для цього використовувалися термопари, термометри опору та перетворювачі теплових потоків. Ці пристрої характеризуються відносно низькою чутливістю та високою інерційністю. Для підвищення надійності вимірювань при проектуванні систем довготривалого теплового моніторингу велике значення має стабільність показників, висока чутливість та точність (відтворюваність) вимірювань. Цим характеристикам і вимогам відповідають сенсори, що створені на основі напівпровідників. Вони дозволяють з високою точністю вимірювати величини в тому діапазоні вимірювання, що притаманний теплопереносенню через огорожувальні конструкції, особливо для тих нагальних завдань створення високоєфективних будівель та пасивних будівель, які мають високий опір теплопередачі і, відповідно, низький та наднизький рівень тепловтрат. В зв'язку з доступною ціною політикою на напівпровідникові сенсори та відносною простотою реалізації вимірювальної системи є доцільним їх застосування в дослідженнях процесів теплопереносення в будівлях. Виходячи із вище зазначеного виникає необхідність у створенні високоєфективної калібрувальної установки для датчиків теплового потоку, що працюють на основі ефекту Пельтьє. Блок схема та зовнішній вид створеної системи калібрування напівпровідникових сенсорів вимірювання густини теплового потоку представлені на рис. 1.

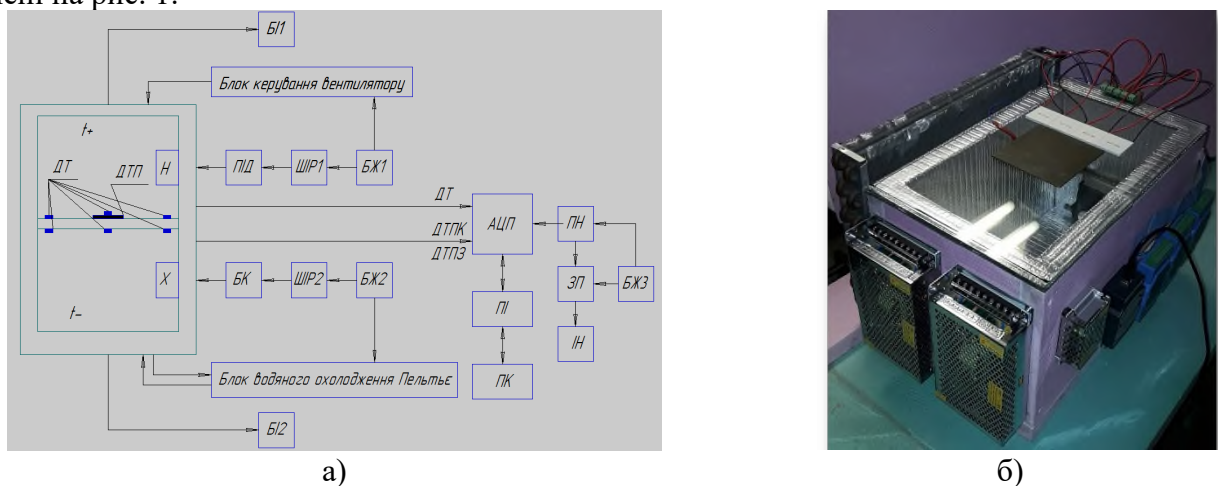


Рисунок 1 – Блок схема (а) та зображення зовнішнього виду (б) системи калібрування напівпровідникових сенсорів вимірювання густини теплового потоку

Повітряна станція для калібрування напівпровідникових датчиків теплового потоку (рис. 1б) складається з двох модулів: модуля охолодження (камера холодильника  $t^-$ ) та модуля нагріву (камера нагрівача  $t^+$ ). Між цими двома модулями розміщена скляна перегородка, яка розділяє дві зони: зони холодного та теплого повітря. На склі розміщені зразковий датчик теплового потоку та калібрувальні напівпровідникові датчиків теплового потоку, що працюють на ефекті Пельтьє. Виходи датчиків під'єднані до модуля аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихід якого підключено до персонального комп'ютера, що дає можливість контролювати рівні сигналу з відповідних датчиків і проводити порівняння отриманих даних з різних типів датчиків. Відношення сигналів зразкового датчика та калібрувальних напівпровідникових датчиків дозволяє отримати калібрувальний

коефіцієнт. Функціональною особливістю даної установки є визначення теплового потоку на вимірювальній поверхні, яка знаходиться між камерами нагрівача (t+) та холодильника (t-). Нагрівач (Н) встановлений в камері нагрівання, представляє із себе малоінерційний нагрівальний елемент з примусовим повітряним охолодженням. В якості охолоджувача використовується холодильник на елементах Пельтьє (Х), при цьому застосовуються 4 елементи Пельтьє сумарної потужності 240 Вт. Для регулювання потужності охолоджувальних елементів Пельтьє використовується широтно-імпульсний регулятор (ШР2). При цьому регулювання потужності, що задається, дозволяє змінювати температуру і швидкість охолодження в камері холодильника. За допомогою встановленого в цій камері цифрового датчика температури і вологості SHT-21 здійснюється контроль цих параметрів в камері охолодження (t-). Для регулювання та стабілізації температури в камері нагрівача використовується ПІД (пропорціональний інтегральний диференціальний регулятор температури в камері нагріву), який дозволяє підтримувати ізотермічні умови в камері в межах  $\pm 0,1$  °С, ШР1 служить для регулювання напруги, що подається на нагрівальний елемент в режимі ручного регулювання температури в камері нагріву, а ШР2 через блок контролю потужності холодильника (БК) забезпечує регулювання температури охолодження в камері холодильника (t-). БІ1 (блок індикації температури і вологості в камері та потужності нагрівача) складається з сенсорів температури, вологості, струму, напруги та потужності, що характеризують режим в камері (t+). В блоку індикації БІ2 (блок індикації температури, вологості в камері, температури поверхні елементів Пельтьє та використаної холодильником потужності) додатково вимірюється температура на поверхні елементів. Калібрування виконується шляхом порівняння показів датчику теплового потоку, що калібрується (ДТПК) з зразковим датчиком теплового потоку (ДТПЗ) високої точності, після відповідної обробки даних на персональному комп'ютері. Похибка ДТПЗ становить в середньому 1,2 %. Блок водяного охолодження елементів Пельтьє складається із мідного теплообмінника, мініпомпи та двох вентиляторів охолодження теплообмінника. Для забезпечення рівномірної температури в камері t+ використовується блок управління швидкістю вентилятора в камері нагріву БУВ, що складається з регулятора оборотів вентилятора та п'яти аналогових датчиків температури ДТ (ТМР-36), що розміщені на вимірювальній поверхні. Окрім цього п'ять датчиків температури ДТ (ТМР-36) розміщені симетрично зі сторони камери холодильника (t-). Блок живлення нагрівача 220/12V/20А БЖ1 та блок живлення холодильника 220/12V/20А БЖ2 використовуються відповідно для живлення нагрівача та холодильника. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для перетворення сигналів з датчиків теплового потоку та аналогових датчиків температури в цифровий сигнал для передачі через перетворювач інтерфейсу (ПІ) на персональний комп'ютер (ПК). Блок живлення БЖ3 220/12V/5А забезпечує живлення пристрою індикації, цифрових датчиків температури та тиску, мікроконтролера, а також через перетворювач напруги 12-17V (ПН) аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Для запобігання впливу мережових перешкод та наводок на аналогові ДТ від джерела живлення (БЖ3) в режимі вимірювання використовується акумуляторна батарея, що заряджається через зарядний пристрій акумулятора живлення аналогових датчиків температури (ЗП), напруга/ступінь заряду контролюється індикатором напруги акумулятора (ІН).

**Висновки.** Створено систему калібрування напівпровідникових сенсорів вимірювання густини теплового потоку.