

БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ГУСТИНИ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ

У роботі наведено результати розробки багатоканального приладу, який призначений для одночасного вимірювання температури і густини теплових потоків поверхні тіла людини контактним способом. Розроблено спеціалізовану комп'ютерну програму "TermoMonitor" для обробки даних з електронного реєстратора, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері, що дає можливість здійснювати моніторинг температурного та теплового стану людини у реальному часі. Наведено особливості конструкції приладу, його технічні характеристики, структурну схему та функціональні можливості.

Ключові слова: густина теплового потоку, термоелектричний сенсор, електронний реєстратор.

В работе приведены результаты разработки многоканального прибора, который предназначен для одновременного измерения температуры и плотности тепловых потоков поверхности тела человека контактным способом. Разработана специализированная компьютерная программа "TermoMonitor" для обработки данных с электронного регистратора, их накопления и воспроизведения в заданном виде на персональном компьютере, что дает возможность осуществлять мониторинг температурного и теплового состояния человека в реальном времени. Приведены особенности конструкции прибора, его технические характеристики, структурная схема и функциональные возможности.

Ключевые слова: плотность теплового потока, термоэлектрический сенсор, электронный регистратор.

The paper presents the results of development of multi-channel device designed for simultaneous measurement of temperature and heat-flow density of human body by the contact method. A specialized computer program "TermoMonitor" for processing the data of electronic registrator, their accumulation and their simulation in a specific form on a personal computer, which allows to monitor the temperature and thermal condition of a human in real time. The peculiarities of device construction, its technical characteristics, structural schematic and functional possibilities are given.

Keywords: heat flux density, thermoelectric sensor, electronic registrator.

Вступ

Відомо, що перспективними для дослідження локальних тепловиділень людини є напівпровідникові термоелектричні сенсори теплового потоку [1-19], які поєднують в собі мініатюрність, високу чутливість, стабільність параметрів у широкому інтервалі робочих температур і узгоджуються із сучасною реєструючою апаратурою [20-22]. Використання таких сенсорів дозволяє досягати високої локальності та точності теплометричних вимірювань. Це, в свою чергу, дає можливість отримувати інформацію

про характеристики досліджуваних об'єктів і детально їх аналізувати з метою виявлення на ранніх стадіях запальних процесів організму людини.

Важливим фактором при дослідженні теплових потоків тіла людини за допомогою термоелектричних сенсорів є точність та швидкодія реєстрації сигналів термоелектричних сенсорів. Для покращення методів діагностики та підвищення достовірності отриманих результатів у медичній практиці є необхідність проводити вимірювання тепловиділень одночасно декількох ділянок тіла людини. Тому актуальною є розробка

багатоканальних функціональних приладів для вимірювання температури і густини теплових потоків.

Попередні розробки реєстраторів сигналів [1-8] мають відносно високу похибку вимірювань, великі габаритні розміри, невисоку швидкодію та не мають автономних джерел живлення. Подальші розробки в цьому напрямку привели до створення сучасних електронних реєстраторів з обробкою інформації термоелектричних сенсорів теплового потоку [20-22], які мають внутрішню пам'ять для збереження результатів вимірювань та автономні джерела живлення. Однак недоліком таких приладів є неможливість підключення одразу кількох термоелектричних сенсорів та відсутність одночасної візуалізації їх результатів вимірювань на персональному комп'ютері в реальному часі.

Тому метою роботи є розробка багатоканального приладу для вимірювання температури і густини теплових потоків, який дає можливість здійснювати моніторинг температурного та теплового стану людини у реальному часі.

1. Конструкція та технічні характеристики приладу

В Інституті термоелектрики НАН і МОН України розроблено багатоканальний прилад для вимірювання температури і густини теплових потоків (рис.1).

Прилад складається з електронного реєстратора (рис.1) та сукупності термоелектричних сенсорів (рис.2). До складу приладу входять спеціальні термоелектричні сенсори температури і густини теплового потоку [12, 13], які можуть фіксувати тепловиділення, викликані випаровуванням з поверхні шкіри людини. Для цього сенсори виконані з повітряними проміжками між рядами термоелементів, щоб випаровування відбувалося з поверхні сенсора і таким чином реєструвалися реальні величини теплових потоків.

На правій боковій стінці розміщено роз'єм для обміну інформацією приладу з

персональним комп'ютером. В конструкції передбачено, що живлення приладу здійснюється через USB-роз'єм.



Рис.1. Зовнішній вигляд багатоканального приладу для вимірювання температури і теплових потоків: 1 – роз'єм для підключення персонального комп'ютера, 2 – роз'єми для підключення термоелектричних сенсорів температури і теплового потоку



Рис.2. Зовнішній вигляд термоелектричного сенсора температури і густини теплового потоку

Структурна схема такого приладу складається з наступних функціональних вузлів (рис.3): термоелектричний сенсор густини теплового потоку з вбудованим датчиком температури, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) для перетворення аналогових сигналів сенсора у цифрові,

мультиплексор для комутування цифрових сигналів з АЦП та почергової передачі їх на мікроконтролер, за допомогою якого відбувається обробка цифрових сигналів, їх збереження на персональний комп'ютер, графічна візуалізація інформації на моніторі персонального комп'ютера.

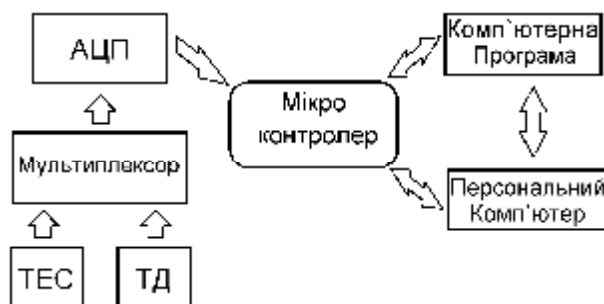


Рис.3. Структурна схема багатоканального приладу для вимірювання температури і густини теплових потоків: ТЕС – термоелектричний сенсор, ТД – датчик температури, АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

Технічні характеристики приладу для вимірювання температури і густини теплових потоків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики багатоканального приладу для вимірювання температури і густини теплових потоків

№	Найменування параметру, одиниця виміру	Значення
1.	Кількість термоелектричних сенсорів, шт.	20
2.	Напруга живлення приладу, В	5
3.	Час вимірювання значення густини теплового потоку, с	100 ÷ 300
4.	Інтервал часу вимірювань для збереження на ПК, с	1 ÷ 3600
5.	Діапазон робочих температур, °С	+10 ÷ +50
6.	Точність вимірювання температури, °С	±0.1
7.	Діапазон вимірювання густини теплового потоку, мВт/см ²	1 ÷ 100
8.	Максимальна похибка вимірювання густини теплового потоку, %	5
9.	Формат запису даних на ПК	csv
10.	Габаритні розміри термоелектричного сенсора теплового потоку, мм	14×14×3.5
11.	Габаритні розміри електронного реєстратора, мм	190×100×30
12.	Вага термоелектричного сенсора температури і теплового потоку, кг	0.012
13.	Вага приладу, кг	0.3

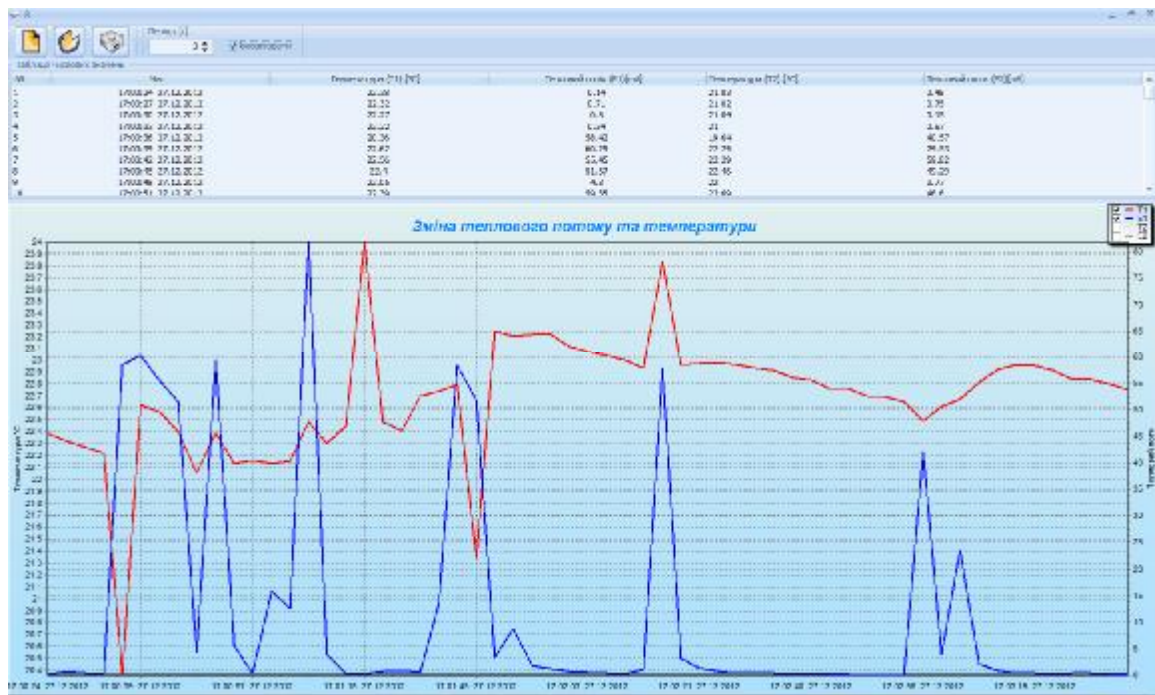
Основним функціональним вузлом електронного реєстратора сигналів є мікроконтролер, який працює на частоті до 20 МГц, що забезпечує високу швидкість обробки сигналів термоелектричних сенсорів температури і густини теплового потоку. За допомогою персонального комп'ютера здійснюється програмування мікроконтролера, який, у свою чергу, керує роботою інших функціональних вузлів приладу.

2. Опис комп'ютерної програми приладу

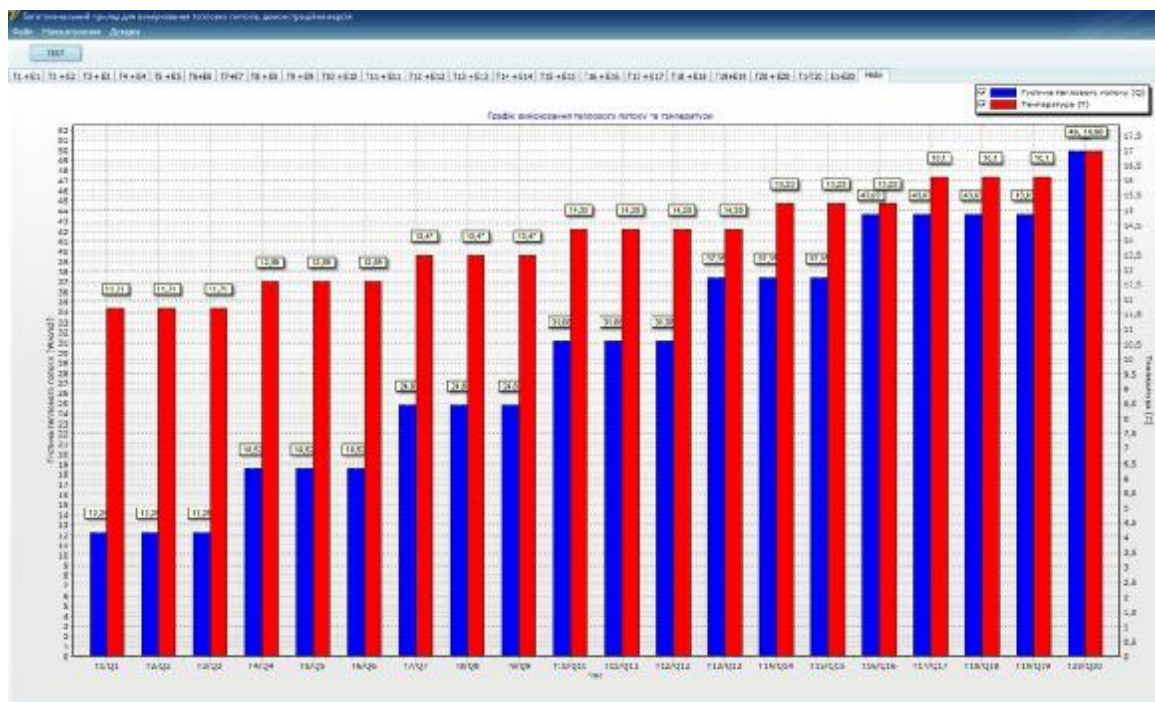
Комп'ютерна програма приладу (рис.4 а,б) написана на мові програмування Delphi. Програма дозволяє обмінюватись даними з електронним реєстратором через USB-інтерфейс. Обмін даними здійснюється по HID-протоколу (Human Device Interface), що дає можливість підключати прилад до персонального комп'ютера без необхідності встановлення додаткових драйверів.

При виборі в комп'ютерній програмі відмітки "ОНОВЛЮВАТИ ДАНІ" запускається цикл, який відправляє запити на передачу даних з електронного реєстратора. Реєстратор на такі запити відправляє пакет даних про значення температури і густини теплового потоку термоелектричних сенсорів із заданим інтервалом часу. Отриманий пакет даних обробляється, після чого інформація відображається на персональному комп'ютері у вигляді таблиці та графіків.

При натисканні кнопки "ЗБЕРЕГТИ" всі дані з таблиці перетворюються в "рядкові" значення (звичайний текст), розділяються крапкою і комою та записуються у файл з розширенням "csv", який можна відкрити будь-якою програмою для роботи з електронними таблицями (Microsoft Excel і т.д.). При відкритті файлу такою програмою відбувається декодування "csv" - формату в пакет даних з плаваючою крапкою, що дозволяє відображати інформацію у вигляді таблиці та відповідних графіків на персональному комп'ютері.



а)



б)

Рис.4. Інтерфейс комп'ютерної програми "ТермоМонітор" для обробки даних з електронного реєстратора, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері: а) відображається зміна температури і густини теплового потоку 1-го термоелектричного сенсора у вигляді графіків; б) відображається зміна температури і густини теплового потоку 20-ти термоелектричних сенсорів

Висновки

1. Розроблено багатоканальний прилад, що призначений для одночасного вимірювання температури і густини теплових потоків поверхні тіла людини та має можливість збереження, обробки і візуалізації результатів вимірювань на персональному комп'ютері в реальному часі.
2. Запропонований прилад є перспективним для моніторингу температурного та теплового стану організму людини, що дає можливість виявляти на ранніх стадіях запальні процеси, різноманітні захворювання та проводити експрес-діагностику під час масового огляду пацієнтів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Анатычук Л.И.* Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Справочник. – К.: Наук. думка, 1979. – 766 с.
2. *Герашенко О.А.* Основы теплотрии. – К.: Наукова думка, 1971. – 192 с.
3. Patent US 4198859. Heat flow probe // *L.K. Holtermann.* – 1980.
4. *Анатычук Л.И., Лозинский Н.Г., Микитюк П.Д., Розвер Ю.Ю.* Термоэлектрический полупроводниковый тепломер // Приборы и техника эксперимента. – 1983. – №5. – с. 236.
5. *Анатычук Л.И., Булат Л.П., Гуцал Д.Д., Мягкота А.П.* Термоэлектрический тепломер // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – №4. – с. 248.
6. *Ладыка Р.Б., Москаль Д.Н., Дидух В.Д.* Полупроводниковые тепломеры в диагностике и лечении заболеваний суставов // Медицинская техника. – 1992. – №6. – с. 34-35.
7. *Ладыка Р.Б., Дакалюк О.Н., Булат Л.П., Мягкота А.П.* Применение полупроводниковых тепломеров в диагностике и лечении // Медицинская техника. – 1996. – №6. – с. 36-37.
8. *Демчук Б.М., Кушнерик Л.Я., Рубленик І.М.* Термоелектричні датчики для ортопедії // Термоелектрика. – 2002. – №4. – с. 80-85.
9. *Ащеулов А.А., Кушнерик Л.Я.* Термоэлектрический прибор для медико-биологической экспресс-диагностики // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – №4. – 2004. – с. 38-39.
10. *Demchuk B.M., Kobylyansky R.R., Prybyla A.V.* Primary thermoelectric converters based on semiconductor materials for gradient heat meters // The 31-st International and 10-th European Conference on Thermoelectrics. – 2012. – Aalborg, Denmark. – P. 277.
11. *Анатычук Л.И., Кобылянський Р.Р.* Термоэлектрические преобразователи для градиентных тепломеров // Доклады XIII Межгосударственного семинара “Термоэлектрики и их применения” 13-14 ноября 2012 г. – Санкт-Петербург, Россия. – 2012. – с. 440-444.
12. Пат. 71619 Україна, МПК H01L 35/00. Термоелектричний медичний тепломір / *Анатычук Л.И., Кобылянський Р.Р.*; Інститут термоелектрики. – № u 2011 14007; заявл. 28.11.11; опубл. 25.07.12, Бюл. № 14.
13. Пат. 72032 Україна, МПК H01L 35/00. Термоелектричний сенсор для вимірювання температури і теплового потоку / *Анатычук Л.И., Кобылянський Р.Р.*; Інститут термоелектрики. – № u 2011 14005; заявл. 28.11.11; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.
14. Пат. 78619 Україна, МПК H01L 35/00. Метод визначення густини теплового потоку / *Анатычук Л.И., Кобылянський Р.Р.*; Інститут термоелектрики. – № u 2012 11018; заявл. 21.09.12; опубл. 25.03.13, Бюл. № 6.
15. Заявка на патент № u201211857. Термоелектричний перетворювач теплового потоку для градієнтних тепломірів // *Анатычук Л.И.* – 2012.
16. *Бухараева Н.Р., Демчук Б.Н.* Термоэлектрические преобразователи для медицинских тепломеров // VII Школа по термоэлектричеству. 16-19 июля, 2012. – Яремче, Украина.
17. *Гишук В.С.* Электронно-вычислительный блок для термоэлектрического медицинского тепломера // VII Школа по термоэлектричеству. 16-19 июля, 2012. – Яремче, Украина.
18. *Кобылянський Р.Р., Гарабажив Р.Г., Слепенюк Т.В.* Использование термоэлектрических тепломеров для измерения тепловых потоков человека // VII Школа по термоэлектричеству 16-19 июля 2012 г. – Яремче, Украина, 2012.
19. *Анатычук Л.И., Кобылянський Р.Р.* Особенности использования термоэлектрических медицинских тепломеров при измерении локальных тепловыделений человека // XV Международный Форум по термоэлектричеству 21-24 мая 2013 года. – Таллинн, Эстония, 2013.
20. *Гишук В.С.* Електронний реєстратор сигналів сенсорів теплового потоку людини // Термоелектрика. – № 4. – 2012. – с. 105-108.
21. *Гишук В.С.* Електронний реєстратор з обробкою сигналів термоелектричного сенсора теплового потоку // Термоелектрика. – № 1. – 2013. – с. 82-86.
22. *Гишук В.С.* Модернізований прилад для вимірювання теплових потоків людини // Термоелектрика. – № 2. – 2013. – с. 91-95.