

УДК 62.31.01.

Гищук В.С



Гищук В.С.

Інститут термоелектрики НАН  
і МОН України,  
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна

## МОДЕРНІЗОВАНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ ЛЮДИНИ

---

*У роботі наведено результати розробки модернізованого приладу, призначеного для одночасного вимірювання густини теплових потоків і температур 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 і теплового стану людини у реальному часі. Показано особливості конструкції приладу, його технічні характеристики, структурну схему та функціональні можливості.*

**Ключові слова:** потік, термоелектричний сенсор, електронний реєстратор.

*This paper presents the results of development of a modernized device intended for simultaneous measurement of heat flux density and temperature of human body surface by contact method. A special computer program "TermoMonitor" is created for processing electronic recorder data, their storage and reproduction in a specified form on a personal computer which allows monitoring of temperature and thermal human state in real time. Device structural features, technical characteristics, flowchart and functional capabilities are shown.*

**Keywords:** heat flux, thermoelectric sensor, electronic recorder.

### Вступ

*Загальна характеристика проблеми.* Відомо, що дослідження тепловиділення тіла людини – надзвичайно важливе питання, оскільки ця інформація може свідчити як про протікання загострення хвороби, так і навпаки – про процеси реабілітації. Тому актуальною є розробка високочутливих термоелектричних сенсорів теплового потоку та електронних реєстраторів сигналів таких сенсорів.

*Аналіз літератури.* Важливим фактором при дослідженні теплових потоків тіла людини за допомогою таких сенсорів є точність та швидкодія реєстрації сигналів термоелектричних сенсорів. Попередні розробки реєстраторів сигналів [1-6] мають відносно високу похибку вимірювань, великі габаритні розміри, низьку швидкодію та не мають власних джерел живлення. Подальші розробки в цьому напрямку призвели до створення сучасних електронних реєстраторів з обробкою інформації термоелектричних сенсорів [7, 8], 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 результатів вимірювань на персональному комп'ютері в реальному часі.

Тому *мета пропонованої роботи* – розробка модернізованого медичного приладу, що дає можливість здійснювати моніторинг температурного і теплового стану людини у реальному часі.

Така інформація є важливою для діагностики стану людини.

### Конструкція і технічні характеристики приладу

В Інституті термоелектрики НАН і МОН України було розроблено модернізований прилад для вимірювання теплових потоків людини (рис. 1).

Прилад складається з електронного реєстратора (рис. 1) і термоелектричних сенсорів (рис. 2). До складу приладу входять спеціальні термоелектричні сенсори [9, 10], 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.



Рис. 1. Модернізований прилад для вимірювання теплових потоків людини:  
1 – електронний реєстратор,  
2 – термоелектричний сенсор теплового потоку і температури.

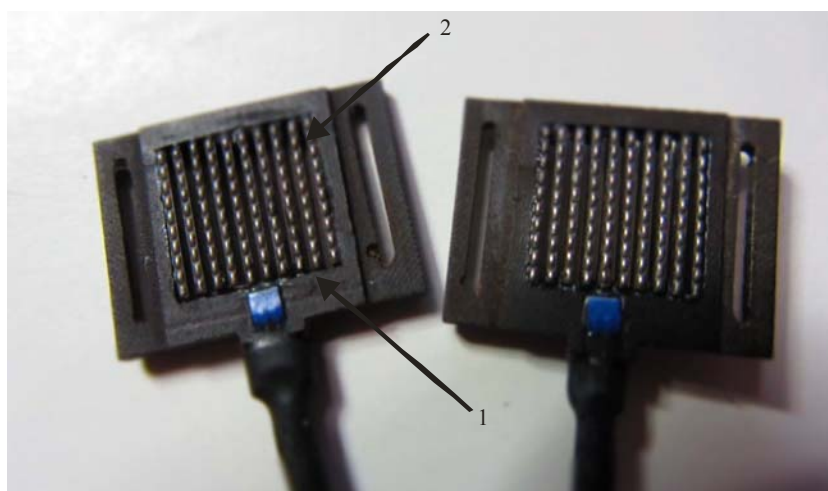


Рис. 2. Термоелектричні сенсори теплового потоку і температури:  
1 – термоелектрична батарея для вимірювання густини теплового потоку,  
2 – датчик для вимірювання температури.

На верхній стінці приладу вмонтовано два роз'єми для підключення термоелектричних

сенсорів теплового потоку і температури. На правій боковій стінці розміщено роз'єм для карти пам'яті microSD та miniUSB-роз'єм для обміну інформацією приладу з персональним комп'ютером. Також через miniUSB-роз'єм здійснюється живлення батареї приладу.

На передній стінці корпусу вмонтовано рідкокристалічний монохромний дисплей з розподільною здатністю 96 × 48 пікселів. Одному пікселю екрана дисплею відповідає 10 мВ електрорушійної сили термоелектричного сенсора. На дисплеї у вигляді графіків відображаються значення теплових потоків відповідних ділянок тіла людини у мілівольтах (мВ) та значення температури у градусах Цельсія (°C). Таким чином, отримані результати вимірювань можна аналізувати безпосередньо з графіків, що відображаються на дисплеї. Наявність у приладі одночасно двох термоелектричних сенсорів дає змогу порівнювати результати вимірювань хворої та здорової ділянки поверхні тіла людини.

Крім того, на передній стінці приладу розміщено 6 кнопок для керування роботою приладу – "ВЛІВО", "ВПРАВО", "ВВЕРХ", "ВНИЗ", "ОК", "МЕНЮ". Призначення пунктів «МЕНЮ» приладу таке:

- "ПОЧАТИ ЗАПИС" / "ЗУПИНИТИ ЗАПИС" – прилад починає запис результатів вимірювань у новий файл, зупиняє відповідний запис і зберігає інформацію на карту пам'яті;
- "ВИБІР РЕЖИМУ" – викликає суб-меню вибору одного з 9 режимів відображення інформації у вигляді графіків у реальному часі;
- "ПЕРІОД ЗАПИСУ" – призначений для вибору періоду часу, через який результати вимірювань будуть записуватись у файл на карту пам'яті та відображатись на дисплеї приладу;
- "ЧАС/ДАТА" – перехід в режим налаштування часу і дати;
- "АКУМУЛЯТОР" – відображає напругу на батареї живлення приладу;
- "ДОВІДКА" – відображає інформацію про прилад.

Структурна схема приладу (рис. 3) складається з таких функціональних вузлів: термоелектричний сенсор 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 карту пам'яті, графічна візуалізація інформації на дисплеї та персональному комп'ютері.

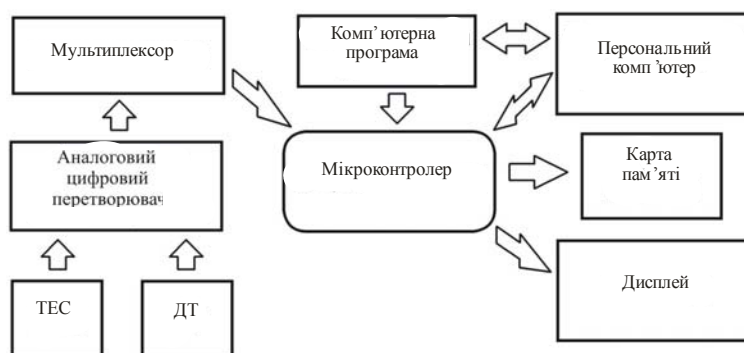


Рис. 3. Структурна схема модернізованого приладу для вимірювання теплових потоків людини:  
 ТЕС - термоелектричний сенсор, ДТ – датчик температури.

Основним функціональним вузлом електронного регістратора сигналів є мікроконтролер, який працює на частоті до 20 МГц, що забезпечує високу швидкість обробки сигналів термоелектричного сенсора теплового потоку. За допомогою персонального комп'ютера

здійснюється програмування мікроконтролера, який у свою чергу керує роботою інших функціональних вузлів приладу.

Прилад містить власне джерело живлення для того, щоб забезпечити можливість його використання у автономному режимі разом з пацієнтом. Це у свою чергу робить можливим розширити функціональні можливості приладу. Живлення приладу відбувається за допомогою літій-іонної батареї ємністю 1200 мА/год, що забезпечує 48 годин неперервної роботи приладу.

Технічні характеристики приладу для вимірювання теплових потоків людини наведено в таблиці 1.

*Таблиця 1*

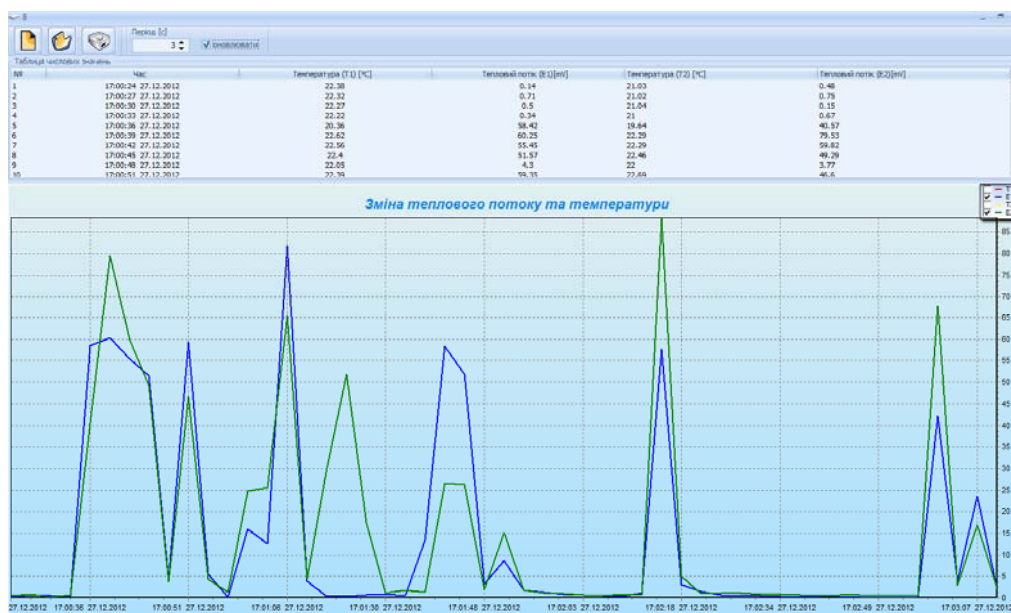
*Технічні характеристики приладу для вимірювання теплових потоків людини*

№	Технічні характеристики приладу	Значення параметрів
1.	Діапазон робочих температур термоелектричного сенсора	273 ÷ 323,15 °К
2.	Час вимірювання значення теплового потоку	100 ÷ 300 с
3.	Інтервал часу вимірювань для збереження на картку пам'яті	1 ÷ 3600 с
4.	Кількість каналів вимірювання (термоелектричних сенсорів)	2
5.	Точність вимірювання температури	± 0.1 °С
6.	Напруга живлення приладу	3.6 В
7.	Споживана потужність приладу	~ 100 мВт
8.	Габарити термоелектричного сенсора теплового потоку	(0,02 × 0,015 × 0,0025) м
9.	Габарити електронного реєстратора	(0,09 × 0,055 × 0,025) м
10.	Вага термоелектричного сенсора теплового потоку	0,01 кг
11.	Вага приладу	0,12 кг
12.	Час неперервної роботи приладу	48 год

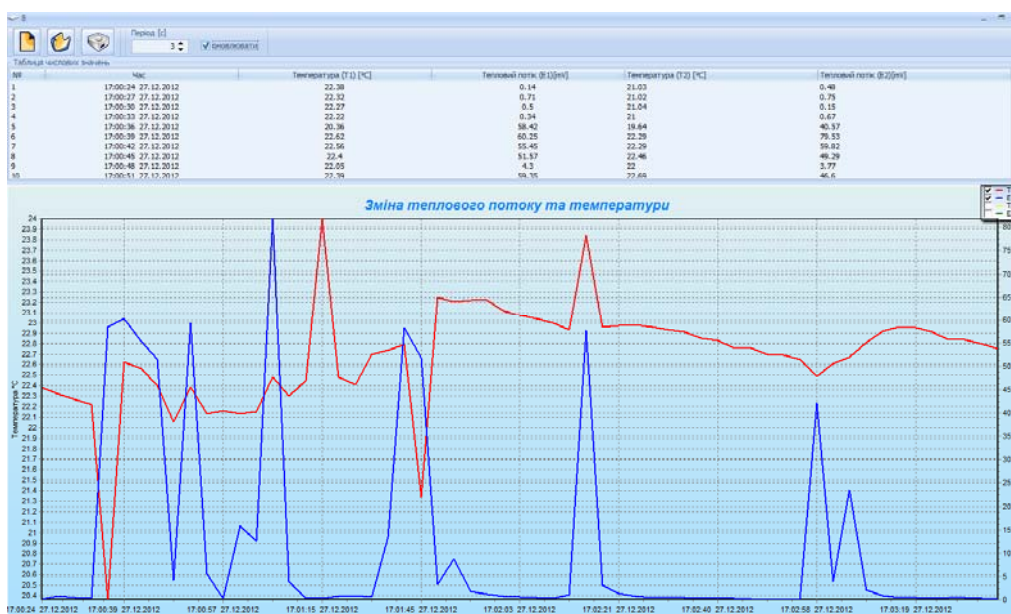
### **Опис комп'ютерної програми приладу**

Комп'ютерна програма приладу (рис. 4 а, б) написана мовою програмування Delphi. Програма дає можливість 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.

З вибором 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 температуру та тепловий потік термоелектричних сенсорів із заданим інтервалом часу. Отриманий пакет даних обробляється, після чого інформація відображається на персональному комп'ютері у вигляді таблиці та графіків.



а)



б)

Рис.4. Інтерфейс комп'ютерної програми "ТермоМонитор" для обробки даних з електронного реєстратора, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері:

- а) відображається зміна теплового потоку 2-х термоелектричних сенсорів;
- б) відображається зміна теплового потоку і температури 1-го термоелектричного сенсора

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 відкриванні файлу такою програмою відбувається декодування "csv"-формату в пакет даних з плаваючою крапкою, що дає можливість відображати інформацію у вигляді таблиці та відповідних графіків на персональному комп'ютері.

## Висновки

1. Розроблено модернізований прилад, що дає можливість одночасно визначати температуру і теплові потоки із записом інформації про їх величини у реальному часі впродовж 48 годин. Прилад має можливість підключення одразу кількох термоелектричних сенсорів та забезпечує візуалізацію сигналів сенсорів як на дисплеї, так і на персональному комп'ютері у вигляді графіків, залежних від часу. Передбачено передачу інформації на персональний комп'ютер для подальшої її обробки згідно з заданим алгоритмом.
2. Розроблено спеціалізовану комп'ютерну програму "TermoMonitor" для обробки даних з електронного реєстратора сигналів термоелектричних сенсорів, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері.
3. Прилад здійснює моніторинг температурного і теплового стану людини, що робить можливим виявляти на ранніх стадіях запальні процеси людського організму, різноманітні захворювання та проводити експрес-діагностику під час масового огляду пацієнтів.

## Література

1. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Справочник. – / Л.И. Анатычук // К.: Наук. думка, 1979. – 766 с.
2. Термоэлектрический полупроводниковый тепломер / Л.И. Анатычук, Н.Г. Лозинский [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1983. – №5. – с. 236.
3. Термоэлектрический тепломер / Л.И. Анаиычук, Л.П. Булат [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – №4. – С. 248.
4. Демчик Б.М. Термоелектричні датчики для ортопедії / Б.М. Демчук, Л.Я. Кушнерик, І.М. Рубленик // Термоелектрика. – 2002. – №4. – с. 80-85.
5. Ащеулов А.А. Термоэлектрический прибор для медико-биологической экспресс-диагностики / А.А. Ащеулов, Л.Я. Кушнерик // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – №4. – 2004. – С. 38-39.
6. Patent US 4198859. Heat flow probe // L.K. Holtermann. – 1980.
7. Гищук В.С. Електронний реєстратор сигналів сенсорів теплового потоку людини /В.С. Гищук // Термоелектрика. – №4. – 2012. – С. 109-112.
8. Гищук .С. Електронний реєстратор з обробкою сигналів сенсорів теплового потоку людини. – / В.С. Гищук // Термоелектрика – №1. – 2013. – С. 84-86.
9. Патент України № 72032. Термоелектричний сенсор для вимірювання температури і теплового потоку // Анатичук Л.І., Кобилянський Р.Р. – 2012.
10. Патент України № 71619. Термоелектричний медичний тепломір // Анатичук Л.І., Кобилянський Р.Р. – 2012.

Надійшла до редакції 29.12.12