

УДК 62.31.01



Гыщук В.С.

Гыщук В.С.

Институт термоэлектричества НАН
и МОН Украины,
ул. Науки, 1, Черновцы, 58029, Украина

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ЧЕЛОВЕКА

В работе приведены результаты разработки модернизированного прибора, предназначенного для одновременного измерения плотности тепловых потоков и температур поверхности тела человека контактным способом. Разработана специализированную компьютерную программу "Termomonitor" для обработки данных из электронного регистратора, их накопления и воспроизведения в заданном виде на персональном компьютере, что дает возможность осуществлять мониторинг теплового состояния и температурных изменений человека в реальном времени. Приведены особенности конструкции прибора, его технические характеристики, структурная схема и функциональные возможности.

Ключевые слова: тепловой поток, термоэлектрический сенсор, электронный регистратор.

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.

Key words: heat flux, thermoelectric sensor, electronic recorder.

Введение

Исследование тепловыделения человеческого тела является чрезвычайно важной задачей, поскольку они могут дать информацию как о протекании обострения болезни, так и наоборот – о процессах реабилитации. Поэтому актуальной является разработка высокочувствительных термоэлектрических сенсоров теплового потока и электронных регистраторов их сигналов.

Важным фактором в процессе исследования тепловых потоков тела человека с помощью термоэлектрических сенсоров являются точность и быстродействие регистрации их сигналов. Существующие разработки регистраторов сигналов [1-6] имеют относительно высокую погрешность измерений, большие габаритные размеры, низкое быстродействие и не имеют собственных источников питания. Дальнейшие разработки в этом направлении привели к созданию современных электронных регистраторов с обработкой информации термоэлектрических сенсоров [7, 8], имеющих внутреннюю память для хранения результатов измерений и автономные источники питания. Однако недостатком таких приборов является невозможность подключения сразу нескольких термоэлектрических сенсоров и отсутствие одновременной визуализации результатов измерений на персональном компьютере в реальном времени.

Целью данной работы является разработка модернизированного медицинского прибора, дающего возможность осуществлять мониторинг теплового состояния и температурных изменений тела в реальном времени. Такая информация является важной для диагностики состояния здоровья человека.

Конструкция и технические характеристики прибора

В Институте термоэлектричества НАН и МОН Украины был разработан модернизированный прибор для измерения тепловых потоков человека (рис. 1).

Прибор состоит из электронного регистратора (рис. 1) и термоэлектрических сенсоров, которые могут фиксировать тепловыделения, вызванные испарением с поверхности кожи человека [9, 10] (рис. 2). В состав прибора входят специальные термоэлектрические сенсоры. Сенсоры выполнены с воздушными промежутками между рядами термоэлементов, чтобы испарение осуществлялось с поверхности сенсора и таким образом регистрировались реальные величины тепловых потоков.



Рис. 1. Модернизированный прибор для измерения тепловых потоков человека:
1 – электронный регистратор, 2 – термоэлектрический сенсор теплового потока и температуры.

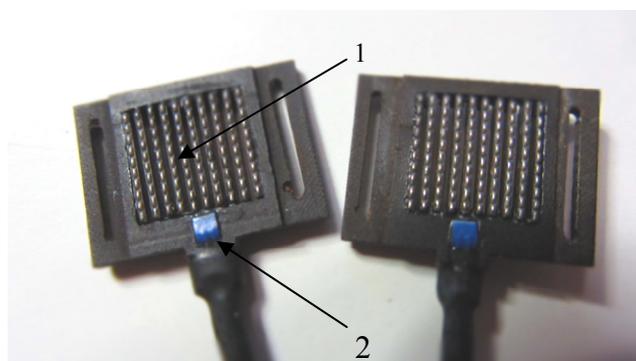


Рис. 2. Термоэлектрические сенсоры теплового потока и температуры:
1 – термоэлектрическая батарея для измерения плотности теплового потока,
2 – датчик температуры.

На верхней стенке прибора вмонтированы два разъема для подключения термоэлектрических сенсоров теплового потока и температуры. На правой боковой стенке размещен разъем для карты памяти microsd и miniusb-разъем для обмена информацией прибора с персональным компьютером. Также через miniusb- разъем осуществляется питание батареи прибора.

На передней стенке корпуса вмонтирован жидкокристаллический монохромный дисплей с разрешающей способностью 96×48 пикселей. Одному пикселю экрана дисплея соответствует 10 мВ электродвижущей силы термоэлектрического сенсора. На дисплее в виде графиков отображаются значения тепловых потоков соответствующих участков тела человека в мВ и значение температуры в °С. Таким образом, полученные результаты измерений можно анализировать непосредственно из графиков, отображающихся на дисплее. Наличие в приборе одновременно двух термоэлектрических сенсоров дает возможность сравнивать результаты измерений больного и здорового участка поверхности тела человека.

Кроме того, на передней стенке прибора размещены 6 кнопок для управления работой прибора – "ВЛЕВО", "ВПРАВО", "ВВЕРХ", "ВНИЗ", "ОК", "МЕНЮ". Назначение пунктов «МЕНЮ» прибора следующие:

- "НАЧАТЬ ЗАПИСЬ" / "ОСТАНОВИТЬ ЗАПИСЬ" – прибор начинает запись результатов измерений в новый файл, останавливает соответствующую запись и сохраняет информацию на карту памяти;
- "ВЫБОР РЕЖИМА" – вызывает суб-меню выбора одного из 9 режимов отображения информации в виде графиков в реальном времени;
- "ПЕРИОД ЗАПИСИ" – предназначен для выбора периода времени, через которое результаты измерений будут записываться в файл на карту памяти и отображаться на дисплее прибора;
- "ВРЕМЯ/ДАТА" – переход в режим налаживания времени и даты;
- "АККУМУЛЯТОР" – отображает величину напряжения на батарее питания прибора;
- "СПРАВКА" – отображает информацию о приборе.

Структурная схема прибора (рис. 3) состоит из следующих функциональных узлов: термоэлектрический сенсор со встроенным датчиком температуры, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) аналоговых сигналов сенсора в цифровые, мультиплексор для коммутации цифровых сигналов с АЦП и поочередной передачи их на микроконтроллер, с помощью которого происходит обработка цифровых сигналов, их сохранение на карту памяти, графическая визуализация информации на дисплее и персональном компьютере.

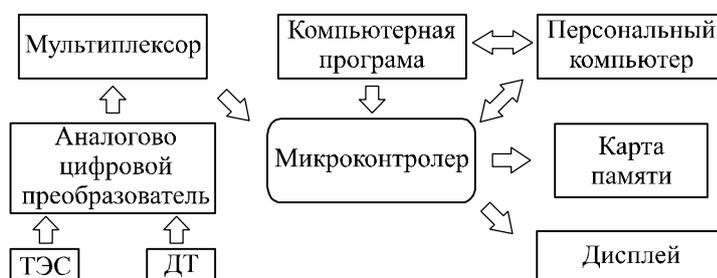


Рис. 3. Структурная схема модернизированного прибора для измерения тепловых потоков человека:
ТЭС – термоэлектрический сенсор, ДТ – датчик температуры.

Основным функциональным узлом электронного регистратора сигналов является микроконтроллер, который работает на частоте до 20 МГц, что обеспечивает высокую скорость

обработки сигналов термоэлектрического сенсора теплового потока. С помощью персонального компьютера осуществляется программирование микроконтроллера, который, в свою очередь, управляет работой других функциональных узлов прибора.

Прибор содержит собственный источник питания для обеспечения возможности его использования в автономном режиме в месте нахождения пациента. Это, в свою очередь, позволяет расширить функциональные возможности прибора. Питание прибора обеспечивается литий-ионной батареей емкостью 1200 мА/ч, которая обеспечивает 48 часов непрерывной работы прибора.

Технические характеристики прибора для измерения тепловых потоков человека приведены в таблице 1.

Таблица 1

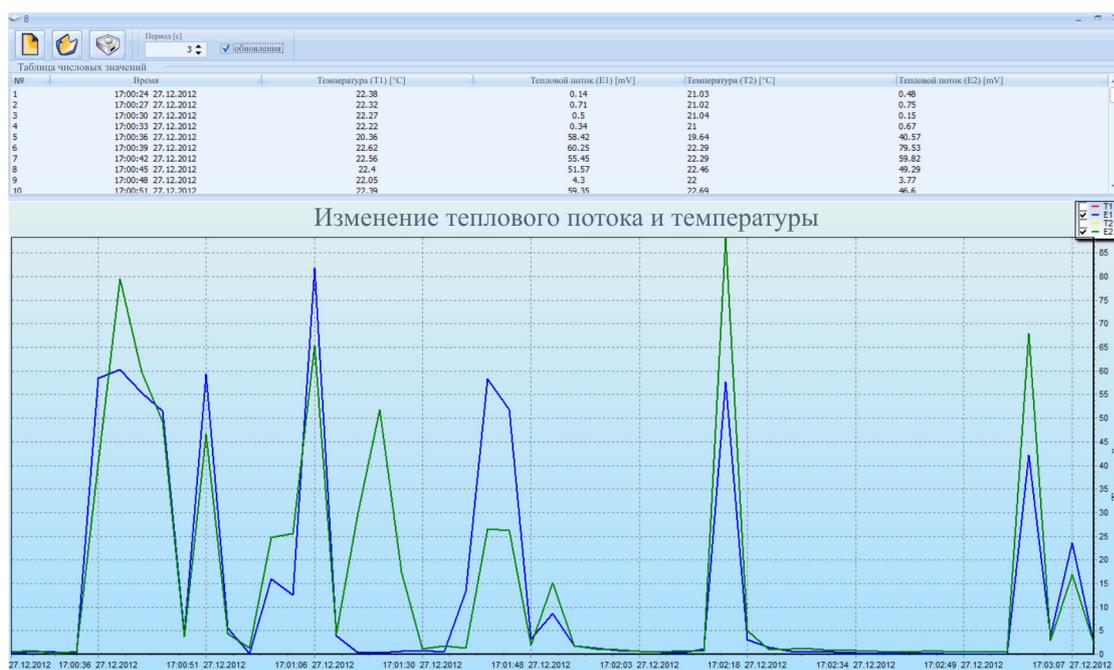
Технические характеристики прибора для измерения тепловых потоков человека

№	Технические характеристики прибора	Значение параметров
1.	Диапазон рабочих температур термоэлектрического сенсора	$(0 \div 50.15) \text{ }^{\circ}\text{C}$
2.	Время измерения значения теплового потока	$(100 \div 300) \text{ с}$
3.	Интервал времени измерений для сохранения на карту памяти	$1 \div 3600 \text{ с}$
4.	Количество каналов измерения (термоэлектрических сенсоров)	2
5.	Точность измерения температуры	$\pm 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
6.	Напряжение питания прибора	3.6 В
7.	Потребляемая мощность прибора	$\sim 100 \text{ мВт}$
8.	Габариты термоэлектрического сенсора теплового потока	$(0.02 \times 0.015 \times 0.0025) \text{ м}$
9.	Габариты электронного регистратора	$(0.09 \times 0.055 \times 0.025) \text{ м}$
10.	Вес термоэлектрического сенсора теплового потока	0.01 кг
11.	Вес прибора	0.12 кг
12.	Время непрерывной работы прибора	48 ч

Описание компьютерной программы прибора

Компьютерная программа прибора (рис. 4 а, б) написана на языке программирования Delphi. Программа обеспечивает обмен данными с электронным регистратором через usb-интерфейс. Обмен данными осуществляется по hid-протоколу (Human Device Interface), что дает возможность подключать прибор к персональному компьютеру без необходимости установки дополнительных драйверов.

При выборе в компьютерной программе отметки "ОБНОВЛЯТЬ ДАННЫЕ" запускается цикл, который отправляет запросы на передачу данных с электронного регистратора. Регистратор на такие запросы отправляет пакет данных о температуре и тепловом потоке термоэлектрических сенсоров с заданным интервалом времени. Полученный пакет данных обрабатывается, после чего информация отображается на персональном компьютере в виде таблицы и графиков.



а)



б)

Рис. 4. Интерфейс компьютерной программы "Termomonitor" для обработки данных из электронного регистратора, их накопления и воспроизведения в заданном виде на персональном компьютере:

- а) отображается изменение теплового потока 2-х термоэлектрических сенсоров;
- б) отображается изменение теплового потока и температуры 1-го термоэлектрического сенсора.

При нажатии кнопки "СОХРАНИТЬ" все данные из таблицы преобразовываются в "строке" значения (обычный текст), разделяются точкой и запятой, и записываются в файл с расширением "csv", который можно открыть любой программой для работы с электронными таблицами (Microsoft Excel и т.д.). При открытии файла такой программой происходит

декодирование "csv"-формата в пакет данных с плавающей точкой, что позволяет отображать информацию в виде таблицы и соответствующих графиков на персональном компьютере.

Выводы

1. Разработан модернизированный прибор, позволяющий одновременно определять температуру и тепловые потоки с записью информации о их величинах в реальном времени на протяжении 48 часов. Прибор имеет возможность подключения сразу нескольких термоэлектрических сенсоров и обеспечивает визуализацию сигналов сенсоров как на дисплее, так и на персональном компьютере в виде графиков. Предусмотрена передача информации на персональный компьютер для дальнейшей ее обработки согласно заданному алгоритму.
2. Разработана специализированная компьютерная программа "Termomonitor" для обработки данных из электронного регистратора сигналов термоэлектрических сенсоров, их накопления и воспроизведения на персональном компьютере.
3. Прибор осуществляет мониторинг теплового состояния человека, и его температурных изменений, что позволяет обнаруживать на ранних стадиях начало воспалительных процессов человеческого организма, и проводить экспресс-диагностику во время массовых медицинских осмотров.

Литература

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, П.Д. Микитюк [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1983. – № 5. – 236 с.
3. Термоэлектрический тепломер / Л.И. Анатычук, Л.П. Булат, Д.Д. Гуцало [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – №4. – 248 с.
4. Демчук Б.М. Термоэлектрические датчики для ортопедии / Б.М. Демчук, Л.Я. Кушнерик, И.М. Рубленик // Термоэлектричество. – 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 // Holtermann L.K. – 1980.
7. Гыщук В.С. Электронный регистратор сигналов сенсоров теплового потока человека / В.С. Гыщук // Термоэлектричество. – №4. – 2012. – С. 109 – 112.
8. Гыщук В.С. Электронный регистратор с обработкой сигналов сенсоров теплового потока человека // Термоэлектричество. – 2013. – №1. – С 84 – 86.
9. Пат. № 72032 Украины. Термоэлектрический сенсор для измерения температуры и теплового потока // Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. – 2012.
10. Пат. № 71619 Украины. Термоэлектрический медицинский тепломер // Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. – 2012.

Поступила в редакцию 29.12.2012.