

УДК 536.5

НЕДБАЙЛО А.Н., КОЛОМЕЙКО Д.А., БЕЛЯЕВА Т.Г., ДЕКУША Л.В.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Для підвищення загальної ефективності роботи систем вимірювання температури авторами пропонується застосування апаратно-програмного комплексу на основі швидкодіючої багатоканальної комп'ютерної плати аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який дозволяє виконувати вимірювання низьковольтних сигналів від уніфікованих термоперетворювачів та перетворювачів теплового потоку різних типів згідно до існуючих стандартів.

Для повышения общей эффективности работы систем измерения температуры авторами предлагается использование аппаратно-програмного комплекса на основе быстродействующей многоканальной компьютерной платы аналого-цифрового преобразователя (АЦП), позволяющего производить измерения низковольтных сигналов с унифицированных термопреобразователей и преобразователей теплового потока различных типов согласно существующим стандартам.

To increase the general efficiency of operation of systems for temperature measurements, we propose to use a hardware-software complex, based on a rapid by-acting multichannel computer pay of an analog-digital converter, permitting to carry out measurements of low-voltage signals from different types of unified thermal converters and transformers of heat flux of according to existing standards.

При проведенні експериментальних дослідвань часто необхідно виконувати більше число точних вимірювань різних фізических величин і, відповідно, приходиться стикатися со складністю обробки цих експериментальних даних. В зв'язі з цим в останнє время получили широкое распространение системы автоматизации экспериментальных исследований. Они позволяют сократить сроки получения результатов эксперимента, повысить их качество. Основные функции таких систем – это сбор, обработка и накопление информации, представление результатов исследования, их интерпретация, а также управление экспериментом.

Сбор измерительной информации предполагает измерение исследуемой величины, преобразование выходного сигнала средства измерения в электрический сигнал, предварительную обработку электрического сигнала с целью устранения влияния всевозможных помех и наводок, преобразование электрического сигнала в цифровую форму, дальнейшее преобразование для передачи по каналам связи. Обработка информации включает расчет величин с использованием калибровочных зависимостей для измеритель-

ных трактов, выбраковку результатов, их статистический анализ. Результаты исследований могут быть представлены в форме графиков, таблиц, формул в процессе поступления информации или по завершению исследования. Затем возможна интерпретация результатов исследования, которая предполагает проведение их сопоставления с расчетами по соответствующей математической модели процесса, сопоставление с имеющимися данными [1].

Рассмотрим пример автоматизации экспериментальных исследований, построенный на использовании аппаратно-програмного комплекса (АПК) на основе многоканальной компьютерной платы аналого-цифрового преобразователя (АЦП). При исследовании процессов теплообмена на экспериментальной установке, моделирующей процессы, происходящие в грунтовом рекуперативном аккумуляторе, измерялась температура в объеме грунтовой засыпки и температура теплоносителя на входе в рабочий участок и выходе из него [2]. В качестве термопреобразователей для измерения температур использовались термопары типа ТХК(L)₆₈ ГОСТ 3044-77 с диаметром термоэлектродного провода

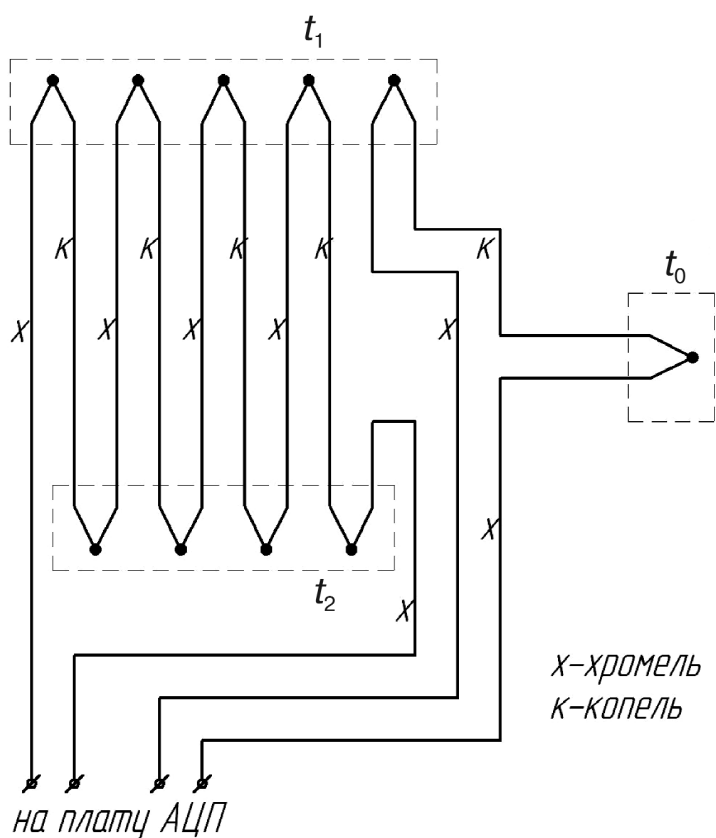


Рис. 1. Общая схема гипертермопары.

0,2 мм. Сварка термоэлектродов осуществлялась конденсаторным способом, что практически исключило наличие сторонних примесей в рабочих спаих. Так как разность температур теплоносителя на входе и выходе из рабочего участка небольшая, применялась четырехспайная дифференциальная гипертермопара, схема которой представлена на рис. 1. Такая термопара позволяет повысить точность измерения в результате увеличения выходного сигнала в 4 раза. Свободный спай термопары помещен в сосуд Дьюара при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

Сигналы от термопар обрабатывались аппаратно-программным комплексом на основе быстродействующей многоканальной компьютерной платы АЦП. В качестве платы использовался серийно выпускаемый фирмой “Сатурн Дэйта Интернейшнл” модуль SDI-AD12-64HL для шины ISA с гальванической развязкой и буферной памятью. Функциональная схема модуля показана на рис. 2. Модуль предназначен для работы в операционных системах DOS, Windows 95, 98,

2000, XP с возможностью постоянной или периодической записи результатов измерений в файл, визуализацией и контролем сигнала в 64 измеряемых каналах. Подключение к входному разъему платы осуществлялось с помощью специального штекера, к выходам которого были припаяны все термопреобразователи в соответствии со схемой распайки платы. Технические характеристики компьютерной платы АЦП представлены в таблице.

Для получения результатов экспериментов в удобной форме производилась привязка базового (опорного) канала платы АЦП к термодинамической шкале Цельсия измерения температур посредством подключения к опорному каналу отдельной, помещенной в сосуд Дьюара, термопары ТХК(L)₆₈.

В общем случае, для термопреобразователей зависимость коэффициента преобразования разности потенциалов термопары α в температурную шкалу имеет вид [3]:

$$\alpha = a + bT + cT^2 \quad (1)$$

где T – температура, К; a, b, c – коэффициенты, определяемые по значениям α при трех различных температурах, измеренных другими термопреобразователями или по рекомендуемым международной температурной шкалой реперным точкам.

Так как в данных экспериментах интервалы измеряемых температур небольшие, то для увеличения быстродействия программы съема и преобразования платы АЦП зависимость (1) может быть представлена в виде:

$$\alpha = a + bT. \quad (2)$$

Линейная зависимость вида (2) использовалась при составлении программы для работы с платой АЦП. Градуировка всех термопреобразователей проводилась согласно требованиям ГОСТ 3044-61 для хромель–копелевых термопар ТХК(L)₆₈ [4]. Коэффициент b находился путем градуировки аппаратной части измерительного комплекса при помощи лабораторного термометра ТЛ-4 ТУ 25-2021.003-88 с ценой деления $0,1^\circ\text{C}$ и градуировочных зависимостей для дан-

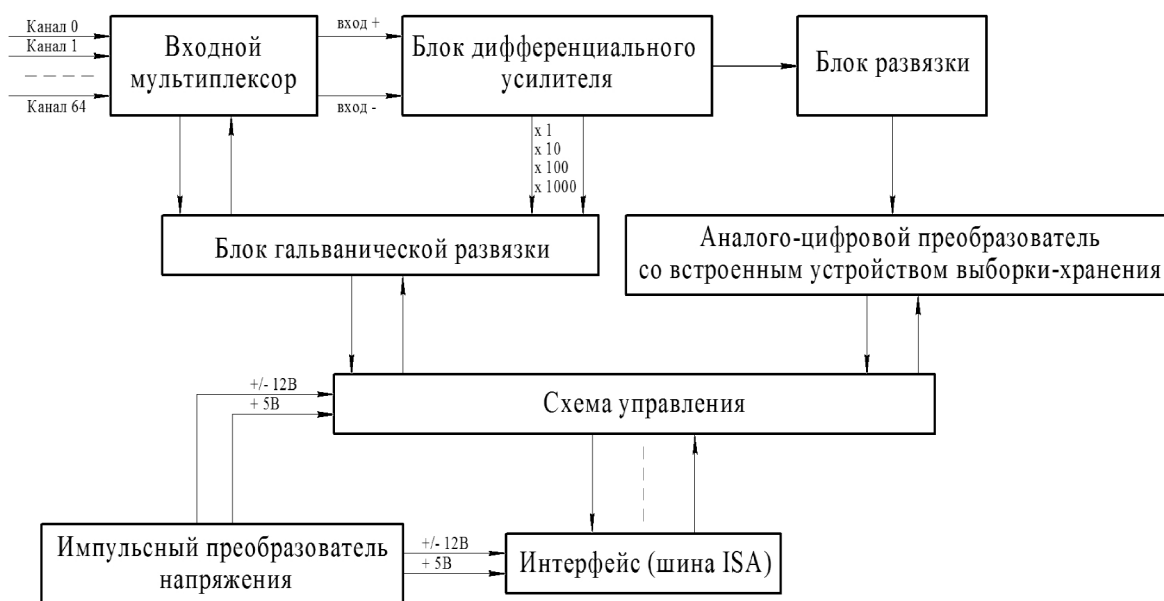


Рис. 2. Функциональная схема модуля SDI-AD12-64HL для шины ISA с гальванической развязкой и буферной памятью.

Таблица. Технические характеристики платы АЦП

Характеристика	SDI-AD12-64HL
Разрядность АЦП, бит	12
Число входных каналов	64 (недифференциальных)
Интегрированная память, кбайт	2 FIFO
Частота преобразования, кГц	600
Базовый диапазон измерения	-1В...+1В (абсолютная погрешность $\pm 2,5$ мкВ)
Таймер отсчета	есть
Автосканирование каналов	есть
Габариты платы, мм	180x105x15

ного типа термопар. При этом коэффициенты соответственно имели значения: $a = 0$ и $b = 0,0683$ для термопар и $a = 0$ и $b = 0,2711$ для гипертермопары. Точность измерения АПК составляет $\pm 0,2$ К.

Алгоритм работы программы съёма и преобразования сигналов платы АЦП показан на рис. 3. Перевод измеряемой величины разности потенциалов в температурную шкалу осуществлялся программой, в основу которой положено умножение цифровых данных в виде массива значений на коэффициент b . С помощью таймера, встроенного в программу, определялась длительность проведения эксперимента.

При проведении измерений реализовался циклический опрос всех каналов, выбиралось их количество, интервал времени опроса, а также произвольно задавались два номера каналов, температурные шкалы которых должны отображаться на экране компьютера. Было проведено три серии экспериментов. Суммарное число точек измерений в одном эксперименте составляло 35 точек. Запись результатов измерений температур во всех выбранных каналах осуществлялась в текстовый файл, форматно позволяющий импортировать их в программу MS Excel для последующего анализа. Имя файла и его расположение предварительно задавались до начала измерений.



Рис. 3. Алгоритм работы программы.

В файл записывались в виде столбцов время и значения температуры в измеряемых каналах, порядковые номера которых соответствовали назначенным термопарам на “линейках” в исследуемом модуле через заданные промежутки времени. Программа написана и скомпилирована на языке Borland C для операционной среды MS DOS с возможностью запуска в операционной системе Windows 95 и других.

В виде примеров измерения можно привести графики изменения температур грунтового массива (песчаной засыпки) при его нагреве и естественном дрейфе теплоты [1, 5], приведенные, соответственно, на рис. 4 и 5. Номера линий изменения температур на графике соответствуют следующей последовательности радиусов (расчетные данные) 1 – 14,2 мм, 2 – 14,7 мм, ... , 10 – 44 мм, 11 – 76 мм. Измерения на 4 “линейках” в точках, отстоящих от оси модуля на расстояниях 14, 14,5, 16,5, 20, 28, 44, 76 мм. Обозначение Т X.Y.: X - порядковый номер “линейки” по ходу

теплоносителя, Y – порядковый номер термопары от оси модуля.

Вывод

При одновременных многоканальных измерениях даже не смотря на значительные градиенты температур можно достигнуть требуемой точности и быстродействия одновременно. Применение специально разработанного программного обеспечения позволило автоматизировать и упростить процесс обработки и анализа экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Накорчевский А.И., Недбайло А.Н., Басок Б.И. Экспериментальная проверка достоверности математических моделей грунтового аккумулирования теплоты // Пром. теплотехника. – 2006. – Т.28, №2. – С.51 – 61.

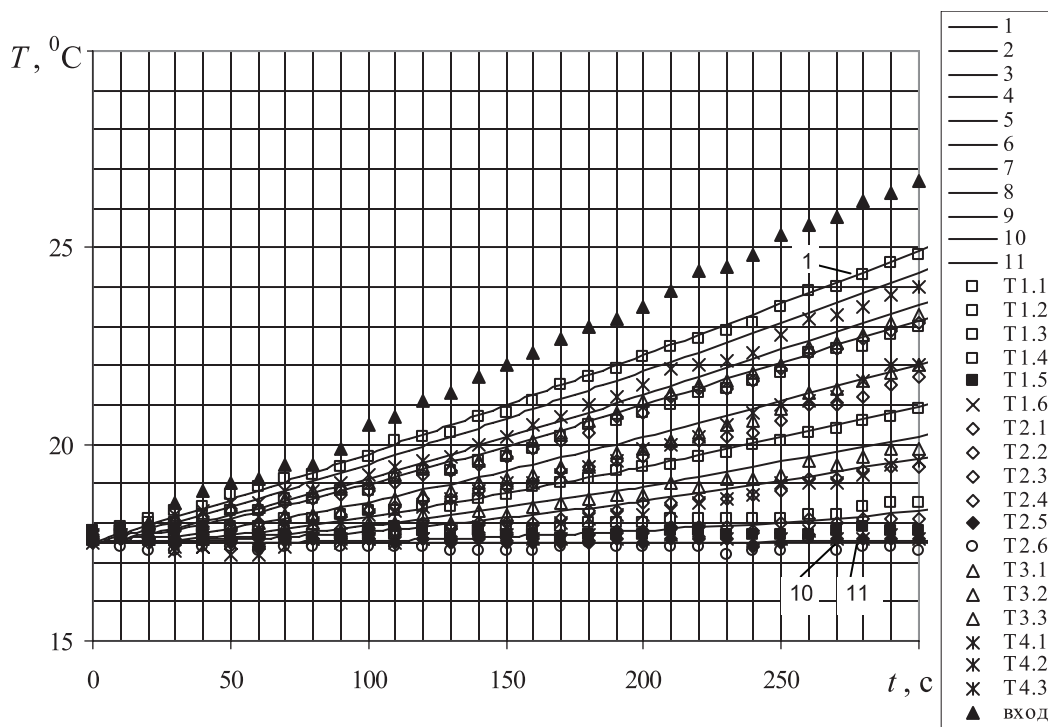


Рис. 4. Сопоставление расчетных (линии) и опытных (точки) данных изменения температур во времени при нагреве песчаной засыпки.

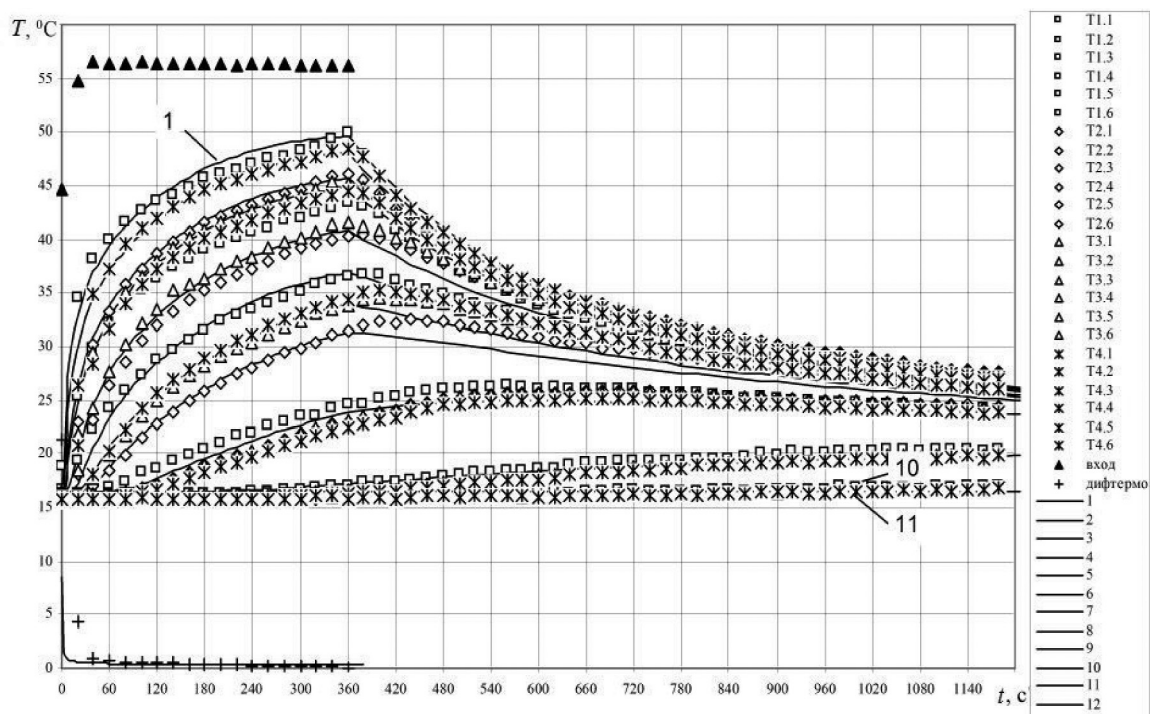


Рис. 5. Сопоставление расчетных (линии) и опытных (точки) данных изменения температур во времени при нагреве песчаной засыпки и последующем свободном дрейфе теплоты.

2. Недбайло А.Н. Экспериментальная установка по исследованию грунтового аккумуляро-

вания теплоты // Пром. теплотехника. — 2004. — Т. 26, № 6. — С. 182 — 183.

3. *Приборы* для измерения температуры контактным способом. Под общ. ред. Бычковского Р.В. — Львов: “Вища школа”, 1978. — 209 с.

4. *ГОСТ 3044-61*. Градуировочные таблицы термоэлектрических термометров при температуре свободных концов 0°C. Издание официальное. — М.: Госстандарт СССР — 1961.

5. *Накорчевский А.И., Недбайло А.Н.* Исследование внезапного прекращения аккумуляции теплоты в грунтовом массиве // Пром. теплотехника. — 2007. — Т. 29, №2. — С. 183 — 186.

Получено 20.04.2007 г.