

ОАО НПП «Эталон», г. Омск, Россия

УДК 66.012.1.017:620.179.132

## НОВОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Представлено новое средство измерения теплофизических и теплотехнических параметров и материалов конструкций. Рассмотрены также некоторые проблемы, с которыми приходится сталкиваться в процессе измерения.

**Ключевые слова:** теплофизические и теплотехнические параметры материалов, измеритель теплофизических величин (ИТВ).

Потребность в измерении теплопроводности различных материалов существует практически в любых областях науки и промышленности [1]. Прежде всего, к ним относятся строительство и энергетика. Необходимость технологического контроля и сертификации по теплопроводности возникает при производстве и эксплуатации новых материалов различного назначения, а также при испытаниях на соответствие требованиям нормативных документов наиболее важных элементов сложных инженерных объектов, например ограждающих конструкций отапливаемых зданий и сооружений. Таким образом, в современном технологическом обществе, характеризующемся все возрастающим уровнем энергопотребления на фоне постоянного увеличения стоимости и ограниченности запасов энергоносителей, измерения теплопроводности наиболее востребованы среди других видов измерений теплофизических свойств материалов и конструкций [2].

В последнее время интенсивно ведутся работы по усовершенствованию метрологического обеспечения измерений плотности теплового потока и теплопроводности, а также средств измерений [3].

Ранее разработанные средства измерения плотности теплового потока и теплопроводности обладают рядом недостатков, однако уже успели зарекомендовать себя с лучшей стороны.

При проектировании средств измерений разработчиками осуществлялся поиск рациональных решений с учетом требований каче-

ства и конкурентоспособности. Для реализации перспективных и конкурентоспособных средств измерений необходимо, чтобы они обладали такими качествами, как компактность, легкость, надежность, транспортабельность; возможность регистрации данных (наличие внутреннего или внешнего запоминающего устройства); обеспечение регистрации измеряемых показателей в автономном режиме с передачей собранной информации в виде, удобном для компьютерной обработки; универсальность, точность и защищенность от внешних воздействий; удобство и простота в работе; наличие свидетельства об утверждении типа средств измерений в РФ.

В зависимости от решаемых задач и финансовых возможностей потребитель формирует свой комплект средств измерений.

Одна из первых задач, стоящих перед НПП «Эталон» на сегодняшний день, — обеспечение рынка потребителей всеми необходимыми средствами измерения, а также внедрение новых средств измерений теплофизических и теплотехнических параметров материалов и конструкций. Разработка нового средства измерения, обладающего всеми вышеупомянутыми качествами, позволит потребителю решать комплексные задачи в области измерения теплопроводности.

Цель разработки — создание комплексного средства измерения плотности теплового потока и температуры с расширенными функциональными возможностями, позволяющего продолжительно отслеживать величины тепловых потоков и температуры контролируемого объекта в лабораторных и натуральных условиях. Для мобильного измерения теплофизических свойств материалов и конструкций специалистами НПП «Эталон» был разработан многоканальный измеритель теплофизических ве-



П. Л. Орфанов

E-mail: marketing@omsketalon.ru

личин (ИТВ), отвечающий всем современным требованиям и состоящий из устройства сбора информации УСИ-1 и измерительных коммутаторов КИ-16 (см. рисунок). Измерительные коммутаторы КИ-16 предназначены для коммутации (подключения) первичных преобразователей теплового потока (датчиков теплового потока) и термопреобразователей (термопар), преобразования измеренного напряжения с преобразователей в код и передачу полученной информации по интерфейсу RS 485 в УСИ-1. ИТВ измеряет плотность теплового потока, температуру, напряжение постоянного тока и дает возможность, исходя из полученных данных, по ГОСТ 26254–84, ГОСТ Р 54853–2011 и ГОСТ 26602.1–99 (для стен, перекрытий, оконных и дверных блоков) произвести расчет основных теплотехнических параметров (термического сопротивления ограждающей конструкции, коэффициента теплопроводности, сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции и т. д.). Запись результатов измерения осуществляется на SD-карту в файл с расширением .txt.

ИТВ обладает рядом преимуществ перед существующими аналогами: время непрерывной автономной работы не менее 100 ч; удобен для оперативного транспортирования, прост в эксплуатации. Разрешающая способность при измерении плотности теплового потока 0,5 Вт/м<sup>2</sup>; температуры 0,5 °С. ИТВ обладает возможностью выбора периода времени записи информации в архив значений от 25 с до 60 мин в каждом канале, имеет широкий диапазон измерений плотности теплового потока, температуры и напряжения. Количество каналов измерения в зависимости от вида исполнения (количества подключаемых измерительных коммутаторов КИ-16 от 1 до 6) — 16, 32, 48, 64, 80, 96.

Принцип работы ИТВ заключается в следующем. Применяются первичные преобразователи плотности теплового потока или датчики теплового потока (ДТП 0924) — термоэлектрические, гальванические преобразователи, работающие по принципу «вспомогательной стенки». ДТП 0924 выполнены в виде вспомогательной стенки, состоящей из батареи идентичных гальванических термоэлементов, включенных параллельно по измеряемому тепловому потоку и последовательно по генерируемому электрическому сигналу. Монолитность преобразователя в жестком или гибком исполнении обеспечена заливочным электроизоляционным компаундом. При эксплуатации ДТП 0924, установленного на поверхности исследуемого объекта, в режиме теплообмена на



Измеритель теплофизических величин ИТВ

противоположных плоских поверхностях ДТП 0924 возникает пропорциональный измеряемой плотности проходящего теплового потока температурный перепад, благодаря которому в батарее термоэлементов генерируется ТЭДС. Аналоговый сигнал с преобразователей поступает в коммутатор КИ-16, преобразуется в код и далее поступает во вторичный преобразователь (УСИ-1), который считывает термоэлектрические сигналы датчиков и преобразует в величину плотности теплового потока.

Измерительный комплекс работает со всеми видами рабочих датчиков теплового потока ДТП 0924 производства НПП «Эталон» (которых насчитывается 26 типов).

Технические характеристики ИТВ приведены ниже:

Диапазон измерения плотности теплового потока, Вт/м <sup>2</sup> . . . . .	От 10 до 2000
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения плотности теплового потока, Вт/м <sup>2</sup> . . . . .	±1
Диапазон измерения температуры, °С . . . . .	От –50 до 1300
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры, °С . . . . .	±1
Диапазон измерения напряжения, мВ . . . . .	5–500
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения напряжения, мкВ . . . . .	±5
Количество измерительных каналов . . . . .	От 16 до 96
Индикация . . . . .	LCD 480 × 270
Питание от источника постоянного напряжения, В . . . . .	5
Время автономной непрерывной работы, ч, не менее . . . . .	100
Температура окружающей среды, °С . . . . .	От –10 до 50
Габаритные размеры, мм . . . . .	250×220×110
Масса, кг . . . . .	1,35

**Результаты измерений параметров трех образцов**

Номинальное значение напряжения (по ТУ), мВ	Допустимое значение погрешности, мВ	Измеренное значение напряжения ИТВ, мВ		
		модуль 1, канал 1	модуль 2, канал 1	модуль 3, канал 1
<i>Первый образец ИТВ (зав. № 001)</i>				
-299, 995	±0,04999	-299,9	-300,0	-299,9
-99, 995	±0,01985	-99,98	-99,99	-99,99
0	±0,005	-0,003	-0,004	0,002
99, 995	±0,01985	99,99	100,0	99,98
299, 995	±0,04999	299,9	299,9	300,0
<i>Второй образец ИТВ (зав. № 002)</i>				
-299, 995	±0,04999	-300,0	-299,9	-299,9
-99, 995	±0,01985	-100,0	-99,98	-99,99
0	±0,005	0,004	-0,002	-0,002
99, 995	±0,01985	99,99	99,99	99,98
299, 995	±0,04999	299,9	300,0	300,0
<i>Третий образец ИТВ (зав. № 003)</i>				
-299, 995	±0,04999	-299,9	-299,9	-300,0
-99, 995	±0,01985	-100,0	-99,99	-99,99
0	±0,005	-0,002	0,003	-0,001
99, 995	±0,01985	99,99	99,98	100,0
299, 995	±0,04999	300,0	299,9	300,0

Для проверки соответствия фактических характеристик требованиям, предусмотренным ТЗ и ТУ, в процессе разработки проводили лабораторные испытания трех опытных образцов ИТВ. В частности, проверяли такие параметры, как: абсолютная основная погрешность и диапазон измерений напряжения; потребляемый ток; напряжение питания, вызывающее индикацию разряда батареи; запись на SD-карту. Результаты измерений параметров трех образцов ИТВ приведены в таблице. Использовали три ИТВ (заводские номера 001, 002 и 003), каждый с тремя измерительными коммутаторами КИ-16 (в таблице — модули 1, 2 и 3).

Для выявления ошибок в обмене данными между УСИ-1 и измерительными коммутаторами КИ-16 проводили проверку, которая установила их отсутствие, т. е. показала положительный результат.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработанный ИТВ, отвечающий всем современным требованиям, способен составить конкуренцию своим аналогам на рынке средств измерений за счет расширенных функциональных возможностей и низкой цены.

**Библиографический список**

1. **Герашенко, О. А.** Тепловые и температурные измерения : справочное руководство / О. А. Герашенко, В. Г. Фёдоров. — Киев : Наукова думка, 1965. — 305 с.  
 2. **Фокин, К. Ф.** Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. — М. : АВОК-ПРЕСС, 2006. — 256 с.

В ходе испытаний опытных образцов ИТВ было установлено, что полученное максимальное значение абсолютной основной погрешности средств измерений и дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры, ток потребления с выключенной подсветкой, напряжение питания, вызывающее индикацию разряда батареи, не превышают значения, установленные ТУ.

На сегодняшний день завершаются подготовительные работы по внесению ИТВ в Государственный реестр средств измерений РФ.

Отсутствие актуальной информационно-нормативной базы (ГОСТ 25380 принят и введен в действие еще в 1982 г.) не позволяет добиться единства измерений, а предлагаемые для испытаний средства измерений далеко отстали от современного оснащения. Поэтому разработку и утверждение нормативно-технической документации необходимо вести на федеральном уровне.

3. **Фридман, А. Э.** Основы метрологии. Современный курс / А. Э. Фридман. — СПб. : НПО «Профессионал», 2008. — 284 с. ■

Получено 21.04.14  
© П. Л. Орфанов, 2014 г.