

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИТСМ-1

К. Н. БОЛЬШЕВ, В. А. ИВАНОВ, А. В. МАЛЫШЕВ

*Институт физико-технических проблем Севера СО РАН им. В. П. Ларионова,  
677980, Якутск, Россия,  
E-mail: k.bolshev@mail.ru*

Проведена автоматизация серийно выпускаемого измерителя теплопроводности строительных материалов ИТСМ-1. Анализ конструкции теплового блока установки ИТСМ-1 позволил собрать электрическую схему соединения тепломеров с опорной мерой электрического сопротивления, которая затем сопрягалась с системой сбора и обработки данных АК-9.02. В среде программирования Borland Delphi 7 под Windows разработана программа градуировки и измерения теплопроводности в виде приложения для ИТСМ-1. Определена постоянная прибора (тепловая проводимость тепломеров) на основе градуировки по двум образцовым мерам теплопроводности — ЛК-5 и оргстекла.

**Ключевые слова:** автоматизация измерений теплопроводности, температура, тепломер, строительные материалы, система сбора и обработки данных

**Введение.** Измеритель теплопроводности строительных материалов ИТСМ-1, производимый заводом „Эталон“ (Актюбинск, Казахстан) с 1986 г., предназначен для проверки на соответствие сертификату качества строительных материалов (№ 10741-86 в государственном реестре).

Измеритель основан на стационарном методе, он позволяет определять теплопроводность строительных материалов в пределах от 0,2 до 1,5 Вт/(м·К).

Предел допустимой основной относительной погрешности определения теплопроводности в диапазоне измерения от –40 до +40 °С составляет 15 %. Отрицательную температуру обеспечивает блок охлаждения жидким азотом.

Автоматизация процесса измерения теплопроводности проводилась на базе программируемой микроЭВМ „Электроника МС1103“. Из-за отсутствия энергонезависимой памяти микроЭВМ перед каждым измерением необходимо было загружать управляющую программу. Во время эксперимента блок управления передавал оцифрованные данные с тепломеров и термометров сопротивления в микроЭВМ, где производилась обработка результатов. Средняя продолжительность эксперимента составляла 2–3 часа.

В целях модернизации измерительной установки ИТСМ-1 (рис. 1, 1 — образец, 2 — нагреватели, 3 — радиаторы, 4 — тепломеры, 5 — змеевик, 6 — блок охлаждения, 7 — блок управления, 8 — блок тепловой, 9 — Аксамит 9.02), повышения

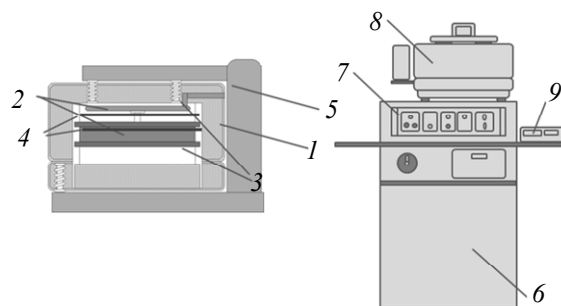


Рис. 1

точности получаемых с ее помощью данных было принято решение о сопряжении ее с системой сбора и обработки данных (ССОД) АК 9.02, управляемой с IBM-совместимого ПК.

**Метод стационарного определения теплопроводности.** В основу метода определения теплопроводности строительных материалов положен стационарный метод\*, предполагающий

\* Измеритель теплопроводности ИТСМ-1, ТУ 25-2477.008-87 – 1987.

создание постоянного теплового потока и перепад температур в плоскопараллельном образце. Образец помещается в измерительную зону между двумя плоскими тепломерами, с двух сторон которых установлены датчики температуры. Для обеспечения наилучшего теплового контакта образца с тепломерами измеритель снабжен специальным прижимным устройством. В верхней и нижней частях блока находятся трубчатые теплообменники, обеспечивающие постоянную температуру на верхней и нижней гранях образца. Под тепломерами расположены нагреватели (рис. 2). Измерительный блок защищен теплоизоляционной оболочкой для предотвращения утечек тепла, обеспечивающей полное прохождение потока тепла через образец.

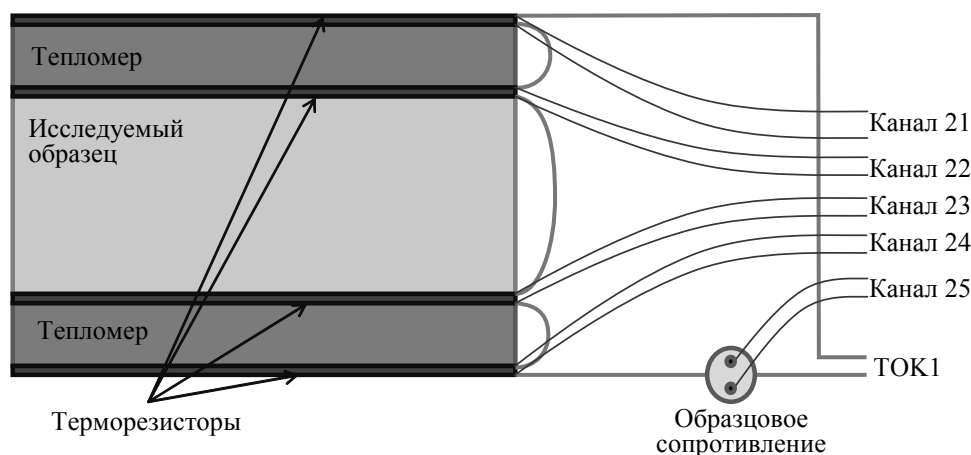


Рис. 2

Значение теплопроводности исследуемого образца в стационарном тепловом режиме нагрева можно вычислить по формуле\*\*:

$$\lambda = \frac{h}{(U_0/k_T U_T) - 2P_k},$$

где  $U_0$  — сигнал перепада температур на образце, В;  $U_T$  — сумма сигналов перепадов температуры на тепломерах, В;  $k_T$  — коэффициент тепловой проводимости тепломеров, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $2P_k$  — контактные тепловые сопротивления ( $\sim 0,01$  (м<sup>2</sup>·К)/Вт),  $h$  — толщина образца.

Из приведенной расчетной формулы следует, что данный метод является относительным, поскольку требует знания величины  $k_T$ , которая определяется путем градуировки на эталонных мерах, в рассматриваемом случае — оптическом и органическом стекле [1, 2].

**Автоматизация ИТСМ-1.** Автоматизация установки осуществлялась частично с применением системы сбора и обработки данных АК-9.02. Работа нагревателей установки регулировалась тиристорами с использованием широтно-импульсной модуляции путем задания с помощью переключателей нужного перепада температур на образце (блок автоматики нагревателей нами не модифицировался, так как работает исправно с необходимой точностью регулирования температур).

Система АК-9.02 предназначена для внешнего управления, измерения постоянного напряжения, питания вторичных преобразователей физических величин [3—5]. Она включает в себя программно-аппаратные модули и библиотеки, обеспечивающие разработку приложений в среде Borland Delphi в операционной системе Windows для получения доступа к аппаратным средствам измерения напряжения, питания током, управления внешним воздействием на объект исследования. Система включает в себя 8-канальный 24-разрядный АЦП, 4-канальный программируемый источник постоянного тока, 12-разрядный ЦАП, программируемые стабилизированные источники постоянного тока.

\*\* ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.

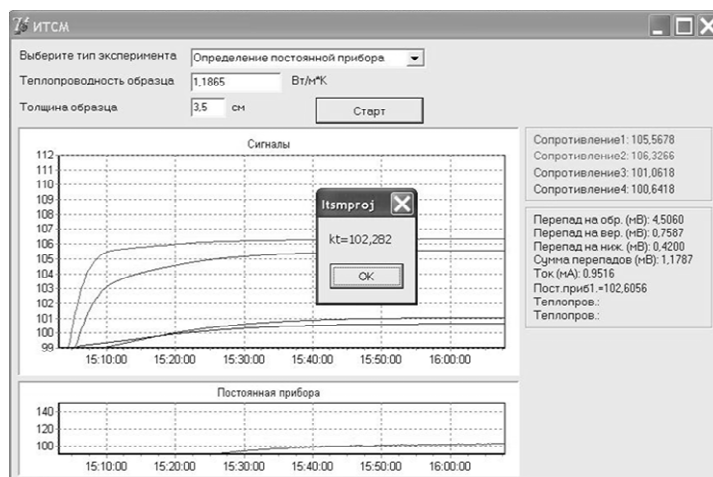
Каждый тепломер состоит из двух термометров сопротивления (номинал около 100 Ом), разделенных промежуточной средой. Термометры последовательно подключены к стабилизированному источнику постоянного тока в 1 мА, входящему в состав АК 9.02 и обеспечивающему питание резистивных преобразователей через опорное образцовое сопротивление. Падение напряжения на каждом датчике измерялось на отдельном измерительном канале (рис. 2), помимо того, был выделен отдельный канал для измерения напряжения на опорном образцовом сопротивлении.

Система АК 9.02 использует для связи с компьютером последовательный интерфейс RS-232. Для автоматизированной установки было разработано приложение в среде Delphi [6]. Программа измерения обеспечивает ввод значений высоты (толщины) образца и в зависимости от режимов (градуировки или измерения) — ввод значения теплопроводности эталонного образца или тепловой проводимости тепломеров. Далее производится запуск таймера и вызов процедуры включения тока в измерительной цепи, а затем — вызов подпрограммы измерения напряжения на тепломерах и опорном сопротивлении. Для обработки и фильтрования данных процедура измерения повторяется многократно с использованием операторов цикла. Останов программы осуществляется по достижении стационарности.

Разработанное приложение отражает изменение температур на тепломерах и на образце в виде графиков, анализирует процесс эксперимента и при наступлении стационарного режима вычисляет теплопроводность исследуемого образца.

Приложение работает в двух режимах: рис. 3, а — определение постоянной прибора — тепловой проводимости тепломеров, б — измерение теплопроводности.

а)



б)

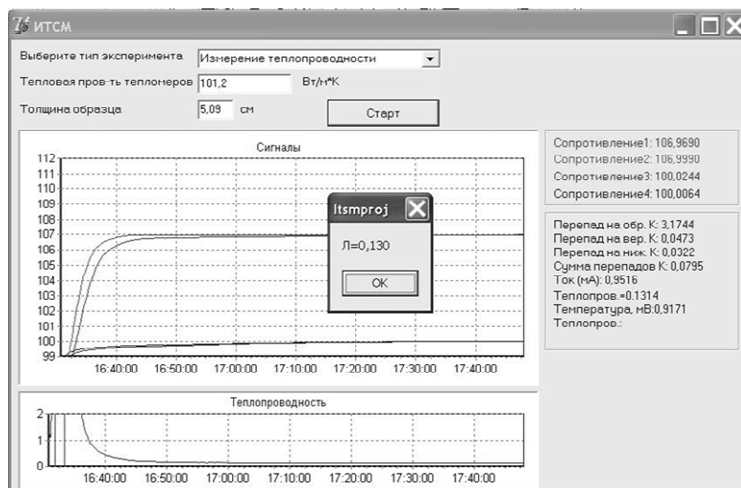


Рис. 3

**Выводы.** Таким образом, в настоящей работе проведена автоматизация измерителя теплопроводности строительных материалов, разработано программное обеспечение для ИТСМ-1 для ОС Windows.

Модификация и сопряжение установки ИТСМ-1 с системой сбора и обработки данных АК-9.02 позволили:

— сократить в среднем на 30 мин затраты времени квалифицированного персонала на ввод программы измерений и обработку полученных данных при каждом отдельном измерении;

— исключить человеческий фактор при вводе программы измерений и как следствие — вероятность получения некорректных данных;

— повысить информативность процесса измерения за счет вывода текущих показателей в виде графической и цифровой информации;

— повысить метрологические характеристики установки за счет использования более современного измерительного оборудования с более точным аналого-цифровым преобразователем (24 разряда).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платунов Е. С., Баранов И. В., Буравой С. Е., Курепин В. В. Теплофизические измерения. СПб: СПбГУНиПТ, 2010.
2. Платунов Е. С., Буравой С. Е., Курепин В. В., Петров Г. С. Теплофизические измерения и приборы. Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
3. Система контроля и сбора данных АК-9.02. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М., 2004.
4. Большев К. Н., Иванов В. А. Разработка систем автоматизации теплофизического эксперимента на базе КИС „Аксамит“ // Тр. V Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата EURASTRENCOLD-2010. Секция 5. Тепломассоперенос и термомеханика дисперсных сред. Якутск, 2010. С. 94—103.
5. Большев К. Н., Иванов В. А. Практическая реализация систем автоматизации теплофизических измерений // Матер. междунар. науч.-техн. конф. „Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ“. СПб, 2010.
6. Большев К. Н. Методы и автоматизированные измерительные комплексы для проведения теплофизического эксперимента: Дис. канд. техн. наук. СПб: НИУ ИТМО, 2011.

#### Сведения об авторах

- Константин Николаевич Большев** — канд. техн. наук, доцент; Институт физико-технических проблем Севера СО РАН им. В. П. Ларионова, отдел тепломассообменных процессов; старший научный сотрудник; E-mail: k.bolshev@mail.ru
- Василий Алексеевич Иванов** — канд. техн. наук; Институт физико-технических проблем Севера СО РАН им. В. П. Ларионова, отдел тепломассообменных процессов; старший научный сотрудник; E-mail: v.ivanov49@mail.ru
- Алексей Владимирович Малышев** — канд. техн. наук, доцент; Институт физико-технических проблем Севера СО РАН им. В. П. Ларионова, отдел тепломассообменных процессов; научный сотрудник; E-mail: a.v.malyshev@iptpn.ysn.ru

Рекомендована Институтом  
физико-технических проблем Севера

Поступила в редакцию  
28.10.15 г.

**Ссылка для цитирования:** Большев К. Н., Иванов В. А., Малышев А. В. Автоматизация измерителя теплопроводности строительных материалов ИТСМ-1 // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 4. С. 323—327.

## AUTOMATION OF THE ITSM-1 INSTRUMENT FOR MEASURING THERMAL CONDUCTIVITY OF CONSTRUCTION MATERIALS

K. N. Bolshev, V. A. Ivanov, A. V. Malyshev

*V. P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North  
of the Siberian Branch of the RAS, 677980, Yakutsk, Russia,  
E-mail: k.bolshev@mail.ru*

Automation of commercially available thermal conductivity meter of construction materials ITSM-1 is carried out. The performed analysis of design of thermal unit of ITSM-1 make it possible to create an assembled electrical circuit of heat meters with a standard electrical resistor coupled with the AK-9.02 system of data collection and processing. Software for the conductivity meter calibration and measuring is developed as an application for ITSM-1 using Borland Delphi 7 for Windows. The instrument constant (thermal conductivity of the heat meters) is determined on the base of calibration with two standard samples of thermal conductivity made of LK-5 and Plexiglas.

**Keywords:** automation of thermal conductivity measurement, temperature, heat meter, construction material, data collection and processing system

**Data on authors**

- |                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| <b>Konstantin N. Bolshev</b> | — | PhD, Associate Professor; V. P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS, Department of Heat and Mass Transfer Processes; Senior Scientist; E-mail: k.bolshev@mail.ru  |
| <b>Vasily A. Ivanov</b>      | — | PhD; V. P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS, Department of Heat and Mass Transfer Processes; Senior Scientist; E-mail: v.ivanov49@mail.ru                      |
| <b>Aleksey V. Malyshev</b>   | — | PhD, Associate Professor; V. P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS, Department of Heat and Mass Transfer Processes; Scientist; E-mail: a.v.malyshev@iptpn.ysn.ru |

**For citation:** Bolshev K. N., Ivanov V. A., Malyshev A. V. Automation of the ITSM-1 instrument for measuring thermal conductivity of construction materials // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2016. Vol. 59, N 4. P. 323—327 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-4-323-327