

*С.О. Юрина, А.Ю. Попов, С.Н. Мочалин\**

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Все усложняющиеся задачи по повышению качества и надежности энергетических объектов требуют дальнейшего совершенствования методов и средств контроля и диагностики конструкций и материалов различного назначения.

Исследование зависимости ТФС конструкционных материалов от температуры позволит более точно рассчитать эффективность этих объектов при работе на разных температурных режимах, что позволит снизить затраты при постройке и эксплуатации теплоэнергетических объектов. Среди методов и средств исследования ТФС материалов методы, основанные на режиме монотонного разогрева, позволяют за один эксперимент определить ТФС материала для диапазона значений температуры, что существенно экономит время для исследования температурной зависимости ТФС. Наиболее важной и сложной задачей при реализации метода определения ТФС на основе режима монотонного разогрева является разработка математической модели, максимально точно описывающей реальный процесс теплопереноса и состояния температурных полей в измерительной ячейке прибора.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, ассистента ФГБОУ ВПО «ГГТУ» С.Н. Мочалина.

Используя современные технологии автоматизации на кафедре «Гидравлика и теплотехника» Тамбовского государственного технического университета была создана измерительная система (ИС) для исследования зависимости ТФС твердых материалов от температуры. В основе системы используется модифицированный измеритель ИТ- $\lambda$ -400, возможности которого значительно расширены благодаря использованию различных режимов теплового воздействия на исследуемый образец.

Измерительная система (ИС) для определения температурных зависимостей теплоемкости твердых материалов реализует метод монотонного режима [1, 2].

Погрешность измерителя также снижена за счет применения более точных математических моделей для каждого режима разогрева. Рабочее место оператора измерительной установки создано на базе персонального компьютера, оснащенного платой сбора данных РСІ-1202Н и специальным программным обеспечением по сбору, обработке, накоплению и систематизации данных.

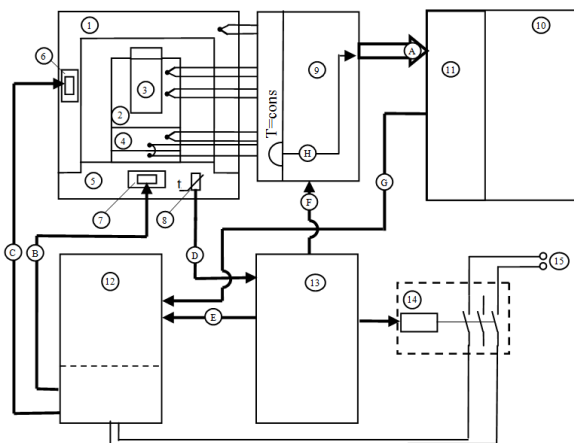
Измерительная схема ИС представлена на рис. 1.

Ядром ИС является измерительная ячейка, которая состоит из адиабатной оболочки 1, основания 5, тепломера 4 и ампулы 2 и испытуемого образца 3.

Чувствительными элементами ИС являются термопары типа хромель-алюмель, холодные спаи которых припаяны к входам блока 9. Температура блока 9 определяется встроенным в него датчиком с потенциальным выходом, сигналы *H* от которого, как и сигналы *A* от термомпар, поступают на вход АЦП/ЦАП платы 11 компьютера 10. Компенсация температуры холодных спаев производится программным обеспечением ИС.

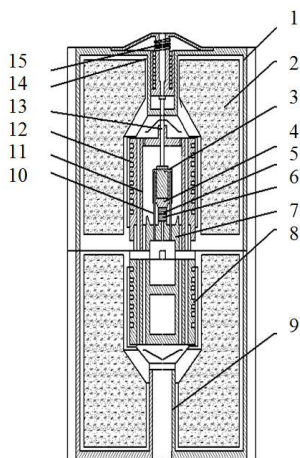
В режиме реального времени обрабатываются данные, поступающие с термомпар. Программное обеспечение управляет процессом измерения, посылая сигналы *G* через ЦАП на блок питания и регулирования 12, который в свою очередь управляет процессом нагрева, изменяя мощность, выделяемую нагревателями 6 и 7, входящими в состав измерительной ячейки. С целью защиты элементов теплового блока от перегрева в состав ИС включен блок аппаратной защиты и коммутации 13, который также управляет питанием блоков 9 и 12. Реле 14, реагирующее на сигнал *D* от датчика температуры 8, защищает тепловой блок от перегрева. Блок 13 реализует алгоритм коммутации посредством релейной части, а также управляет силовым реле 14, подключающим блок питания и регулирования к сети 15.

В тепловом блоке размещаются элементы ИС и измерительная ячейка (ядро). Схема теплового блока представлена на рис. 2.



**Рис. 1. Измерительная схема ИС:**

1 – адиабатная оболочка; 2 – ампула; 3 – образец; 4 – термомер; 5 – основание; 6 – нагреватель оболочки; 7 – нагреватель основания; 8 – датчик температуры основания; 9 – блок холодных спаев; 10 – ПК; 11 – РСИ совместимая плата АЦП/ЦАП; 12 – блок питания и регулирования; 13 – блок аппаратной защиты и коммутации; 14 – силовое реле; 15 – сеть (220В,50Гц); А – сигналы термопар; В – питание нагревателя основания; С – питание нагревателя оболочки; D – сигнал от датчика температуры основания; E – питание низковольтной части блока питания и регулирования; F – питание блока холодных спаев термопар; G – сигнал, управляющий нагревом; H – сигналы с датчика температуры холодных спаев термопар



**Рис. 2. Схема теплового блока:**

1 – корпус; 2 – оболочка; 3 – образец; 4 – основание; 5 – контактная пластина; 6 – нагревательный блок; 7 – термомер; 8, 12 – адиабатическая оболочка; 9, 14 – патрубков; 10, 11 – трубки; 13 – шток; 15 – пружина.

Основными узлами теплового блока являются: корпус 1, разъемная теплоизоляционная оболочка 2 и металлическое ядро. Контактная пластина тепломера 5 выполнена в виде цилиндрической ампулы. Образец 3 диаметром 15,5 мм и высотой 16 мм устанавливается по скользящей посадке с контактной смазкой внутри ампулы, которая закрывается плотно крышкой. Для температурных измерений монтируются две термопары в ампуле-пластине и одна в основании. Используются термопары диаметром 0,2 мм, изолированные в горячей зоне ядра керамическими трубками диаметром около 1 мм. Все термопары выводятся через неподвижную часть ядра и подключаются к блоку холодных спаев. Программное обеспечение позволяет изменять алгоритмы, управляющие режимом эксперимента без изменения аппаратной части ИС, что делает систему гибкой, расширяет ее функциональные возможности.

Управление процессом измерения контролируется разработанным программным обеспечением ПК, взаимодействующим с платой (рис. 3).

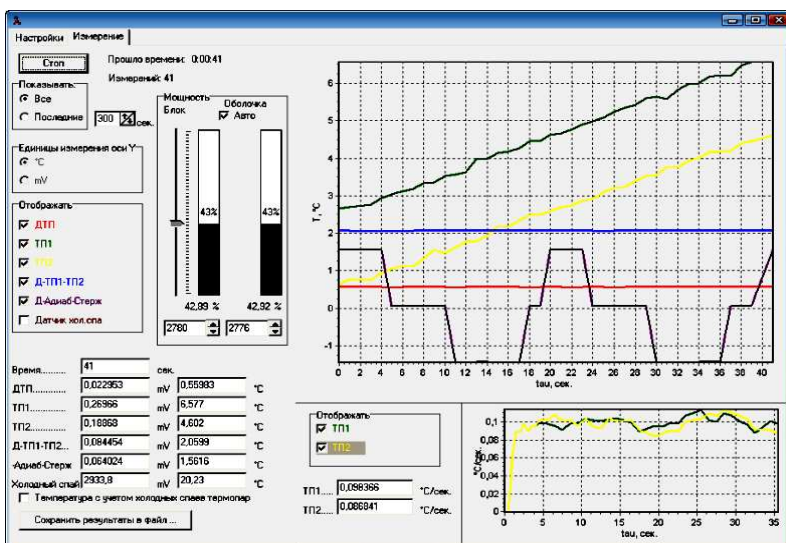


Рис. 3. Лицевая панель управления ИС

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высш. шк., 1967. – 599 с.
2. Теплофизические измерения : учеб. пособие для вузов / Е.С. Платунов, И.В. Баранов, С.Е. Буравой, В.В. Курепин ; под общ. ред. Е.С. Платунова. – СПб. : СПбГУНиПТ, 2010. – 738 с.

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*