

УДК 66.067.55

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Селиванова З.М.

Тамбовский государственный технический университет
Тел.: 8(4752)630030, E-mail: selivanova@mail.jesby.tstu.ru

Аннотация. Приводится описание структуры и алгоритма функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов, созданной на основе интеллектуализации основных блоков системы и метода контроля.

Ключевые слова: теплофизические свойства материала, неразрушающий контроль, интеллектуальная система, информационно-измерительная система, технология производства, база данных.

В настоящее время быстрыми темпами осуществляется развитие технических и программных средств, что позволяет формировать техническую и информационную среду для разработки и внедрения интеллектуальных информационно-измерительных систем (ИИИС) неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств материалов (ТФСМ). Интеллектуализация информационно-измерительных систем (ИИС) позволяет расширить функциональные возможности ИИС и повысить оперативность и точность НК ТФСМ. Для этого предлагается применение искусственного интеллекта в основных устройствах ИИС – измерительном зонде и вычислительном устройстве на основе микроконтроллера, а также в применяемом методе НК ТФСМ [1].

Разработана интеллектуальная информационно-измерительная система НК ТФСМ, интеллектуальные измерения, в которой предполагают использование постоянно пополняемой базы данных, автоматическую обработку априорной и постаприорной информации о классах измерительных ситуаций, что позволяет на основе промежуточных (тестовых) измерений формировать наиболее эффективный алгоритм определения ТФСМ с допустимой погрешностью. Разработка ИИИС НК ТФСМ осуществлялась на основе положительного опыта создания адаптивных измерительно-вычислительных систем НК ТФСМ [2,3].

Предлагаемая ИИИС структурно состоит из трех функциональных групп. Первая группа включает первичные преобразователи – датчики (термопары). Вторая группа ИИИС представляет собой аппаратные средства с соответствующим программным обеспечением. Третья группа составляет математическое, алгоритмическое и программное обеспечения системы. Первая и третья группы могут видоизменяться в зависимости от способа контроля ТФСМ и функционального назначения ИИИС. Структурная схема предлагаемой ИИИС НК ТФСМ представлена на рис.1. ИИИС включает следующие устройства: интеллектуальный измерительный зонд (ИИЗ), состоящий из микроконтроллера (МК1) со встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), устройства формирования импульсов нагрева (УФИН), блока дифференциальных усилителей (БДУ), измерительных ячеек (ИЯ1, ИЯ2), датчика температуры окружающей среды (ДТ_{ос}); интеллектуальное вычислительное устройство (ИВУ), включающее базу знаний (БЗ), интеллектуальный интерфейс (ИНИ), блок принятия решений (БПР), систему допускового контроля (СДК), МК2, жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), клавиатуру (Кл); персональный компьютер (ПК). На этапе разработки ИИИС необходимую информацию о свойствах исследуемых материалов, методах контроля и структуре системы вносит эксперт, а в процессе эксплуатации - пользователь.

Интеллектуальный измерительный зонд выполняет следующие интеллектуальные процедуры: определение среднеинтегрального значения температуры в контактной области

ИИЗ и исследуемого материала (ИМ), устранение влияния воздействия температуры окружающей среды на результаты измерения, формирование необходимого количества тепловых импульсов, поступающих на нагревательный элемент ИИЗ, осуществление перестройки диапазона усиления усилителя в зависимости от теплопроводности ИМ [4]. Отличительной особенностью интеллектуального зонда является наличие микроконтроллера МК1, реализующего интеллектуальные функции выбора из результатов измерений термодатчиками температуры в области контакта ИИЗ и ИМ информации о температуре с учетом воздействия основного дестабилизирующего фактора (ДФ) – температуры окружающей среды (T_{OC}), и адаптации к классу исследуемых материалов.

Многоканальный АЦП позволяет в соответствии с заданным алгоритмом функционирования системы осуществить многоканальный ввод информации с ИИЗ в МК2 для последующей обработки. Интеллектуальное вычислительное устройство реализуется на микроконтроллере PIC18F8720. МК обладает высоким быстродействием, так как с помощью многоканальных портов ввода-вывода реализуется параллельный ввод информации, все команды выполняются за один цикл, памяти МК достаточно для реализации интеллектуальных процедур в ИИИС. ИВУ реализует интеллектуальные процедуры по управлению теплофизическими измерениями, принятию решений в ИИИС в нечеткой среде, метрологическому сопровождению измерительных процедур, синтезу измерительных цепей и каналов в ИИИС.

Интеллектуальный интерфейс позволяет обеспечить выборку необходимой информации из базы знаний, не присутствующей в явном виде, а получаемой из совокупности хранящихся информационных данных.

База знаний содержит априорную и текущую информации об исследуемых материалах, о классах измерительных ситуаций, методах и алгоритмах измерения, аппроксимирующих функциях зависимости теплопроводности ИМ от воздействия ДФ, метрологическом обеспечении, алгоритмах принятия решений в ИИИС в условиях неопределенности.

БПР осуществляет интеллектуальную процедуру по оценке ситуации и в результате принимает решение по выбору метода и алгоритма теплофизического измерения в зависимости от класса теплопроводности исследуемых материалов и изделий, мощности теплового воздействия, диапазона усиления измерительного усилителя, структуры ИИИС. Принятие решений основывается на априорной информации об исследуемом материале и на метрологическом анализе результатов измерения, сопровождающем измерительные процедуры.

Применение интеллектуальных технологий в ИВУ позволяет создать модели представления знаний в ИИИС (фреймы), применить теорию нечетких множеств при пользовании неточными знаниями, а также осуществить функции принятия решений при реализации алгоритма функционирования ИИИС НК ТФСМ. Интеллектуализация метода для определения ТФСМ заключается в определении оптимальных режимно-энергетических параметров на основе анализа имеющейся в базе знаний ИИИС априорной информации об ИМ, оценке измерительной ситуации, использования полученных и хранящихся в базе данных расчетно-экспериментальных зависимостей времени достижения установившегося теплового режима в области контакта ИМ и ИИЗ и показателя достижения установившегося теплового режима ИМ, оптимального количества тепловых импульсов, времени достижения температуры усреднения в тепловой системе «ИИЗ-вспомогательный образец».

Принцип действия ИИИС заключается в следующем. Процесс теплофизического измерения начинается с идентификации параметров исследуемого материала при воздействии на него дестабилизирующих факторов, оказывающих наибольшее влияние на результаты измерения ТФСМ, и класса измерительной ситуации. При изучении данных метрологического анализа, имеющегося в базе знаний в ИИИС, выявлено, что основными составляющими полной погрешности результатов измерения ТФСМ являются: погрешность от воздействия изменения температуры окружающей среды, влажности, контактного термосопротивления, шероховатости поверхности ИМ. Как показывает экспериментальные исследования, около 50 % погрешности в результат измерения ТФСМ вносит температура окружающей среды.

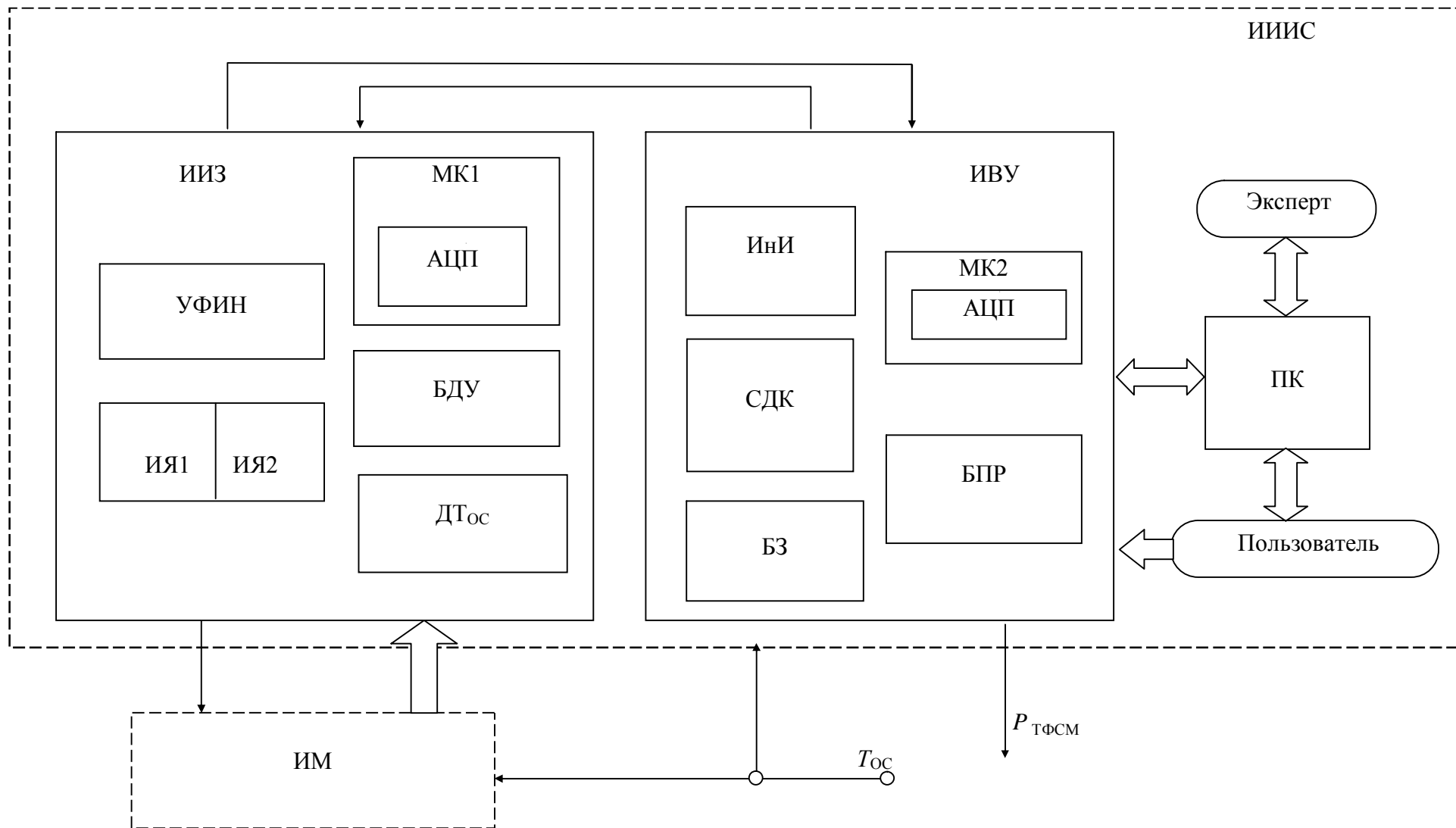


Рис.1. Структурная схема ИИС НК ТФСМ

Задачу исключения влияния T_{OC} решает ИИЗ, который помещается на исследуемый материал. При этом осуществляется контроль температуры в системе «ИИЗ-ИМ». После этого осуществляют нагрев материала и снятие тестовой термограммы, позволяющей определить предварительную теплопроводность ИМ и ДФ на основе информации о температурно-временных изменениях в системе «ИИЗ-ИМ». Полученные значения ДФ записываются в СДК ИВУ. На основе полученной термограммы БПР в ИВУ принимает решение о выборе класса измерительной ситуации и, в соответствии с этим, метода и алгоритма измерений, мощности теплового воздействия, диапазона усиления измерительного усилителя, оптимальных параметров теплофизического измерения, метода метрологического анализа, синтеза структуры ИИИС. Таким образом осуществляется структурно-параметрическая адаптация по режимно-энергетическим параметрам. Затем проводится теплофизическое измерение, которое осуществляется по синтезированному алгоритму НК ТФСМ с помощью программных и схематехнических средств. При осуществлении теплового воздействия УФИН в ИИЗ на ИМ информация о температурном поле в области контакта ИИЗ и ИМ поступает в ИВУ ИИИС, где рассчитываются искомые параметры ТФСМ ($R_{ТФСМ}$) по заданным соотношениям. ИВУ, используя БЗ, где имеются аппроксимирующие функции зависимости теплопроводности материалов от ДФ, выполняет коррекцию результатов определения ТФСМ. Далее выполняется метрологический анализ результатов измерения и сравнение с параметрами ТФСМ, заложенными в СДК БЗ. Если погрешность определения ТФСМ превышает допустимое значение, то БПР ИИИС принимает решение о коррекции алгоритма теплофизического измерения и проводит повторные измерения, сопровождающиеся метрологическим анализом, до получения результатов о ТФСМ с погрешностью измерения не более 3-5 %.

ИИИС обеспечивает измерения в средах с постоянной и переменной температурой, использует импульсные методы определения теплофизических свойств материалов при действии линейного и плоского источников тепла, получая при этом комплексную экспресс-информацию о ТФСМ, причем результаты измерений сравниваются с прогнозируемыми, т.е. реализуются обратная связь.

Применение разработанной интеллектуальной информационно-измерительной системы позволяет определять теплофизические свойства материалов в широком диапазоне теплопроводности ИМ: строительных материалов, теплоизоляционных, металлополимеров и других материалов с прогнозируемой погрешностью 3-5%, а также использовать ИИИС в процессе разработки технологии производства твердых материалов. Интеллектуализация ИИС повышает в целом эффективность применения информационно-измерительной системы для НК ТФСМ в результате расширения функциональных возможностей системы, точном и оперативном определении ТФСМ.

Литература

1. Селиванова, З.М. Способ неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов и изделий / З.М. Селиванова, Ю.Л. Муромцев. Патент РФ на изобретение №2301996. Опубликовано 27.06.2007, бюл. №18.
2. Селиванова, З.М. Модель адаптивной измерительно-вычислительной системы при воздействии дестабилизирующих факторов / З.М. Селиванова // Теплофизические измерения в начале XXI века: тез. докл. четвертой междунар. теплофиз. шк. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. Ч.2. С30–32.
3. Селиванова, З.М. Адаптивная микропроцессорная система для качественной оценки свойств твердых материалов / З.М. Селиванова, Д.А. Бобаков // Тез. докл. VII науч. конф. ТГТУ. Тамбов, 2002. С. 101.
4. Селиванова, З.М. Интеллектуальный измерительный зонд для неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З.М. Селиванова // Датчики и системы. 2005. № 2. С. 34–35.