

*В.А. Князев, А.А. Самохвалов, З.М. Селиванова*

### ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

При проектировании и эксплуатации информационно-измерительной системы (ИИС) большое внимание уделяется вопросам повышения точности и оперативности измерения теплофизических свойств (ТФС) материалов.

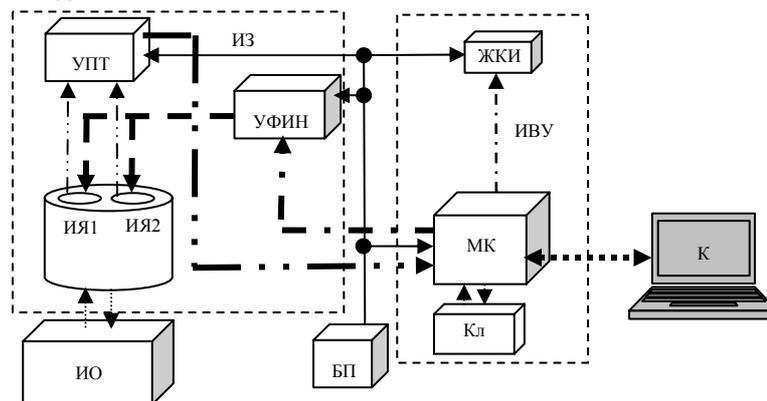
В представляемой измерительной системе неразрушающего контроля (НК) ТФС материалов повышение эффективности функционирования достигается в результате применения термозонда с двумя измерительными ячейками (ИЯ), за счет которых расширяется диапазон измерений ТФС материалов и применения быстродействующего коммутационного блока, позволяющего подключить на нагреватель ИЯ соответствующее напряжение с блока питания (БП), при формировании теплового воздействия на исследуемый объект (ИО).

Структурная схема ИИС НК ТФС материалов представлена на рис. 1.

Алгоритм функционирования информационно-измерительной системы реализуется следующими блоками и устройствами: измерительным вычислительным устройством (ИВУ), в состав которого входят: микроконтроллер (МК), клавиатура (Кл), жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), блок питания; измерительным зондом (ИЗ), в состав которого входят: усилитель постоянного тока (УПТ), измерительные ячейки (ИЯ1, ИЯ2), устройство формирования импульсов нагрева (УФИН).

В данной системе реализован интерфейс обмена данными RS-232 для связи ИИС с компьютером (К), что позволяет хранить полученные экспериментальные данные о ТФС материалов в базе данных компьютера и формировать постоянно пополняемую базу знаний.

Разработанный блок УФИН выполнен на транзисторах, которые заменили собой ранее применявшееся электромагнитное реле, повысив при этом быстродействие. Мощность теплового воздействия зависит от сопротивления нагревателя и от подаваемого напряжения с БП. Блок УФИН состоит из двух транзисторных каскадов. В первом каскаде



**Рис. 1. Структурная схема ИИС НК ТФС материалов**

транзистор выбран таким образом, чтобы сигнал с выхода микроконтроллера передать на следующий каскад, который в свою очередь подает импульс заданной мощности от источника питания на нагреватель соответствующей ИЯ. Максимальная мощность теплового воздействия задана в таких пределах, чтобы нагревательный элемент ИЯ не мог повредить поверхность исследуемого объекта.

ИВУ выполнено на микроконтроллере PIC 18F8720, который характеризуется высоким быстродействием и большой памятью, многоканальным портом параллельного ввода-вывода информации. Теплофизическое измерение проводится с помощью ИЗ, функцией которого является определение среднеинтегрального значения температуры, определяемой термодатчиками (дифференциальными термопарами), расположенными в разных точках по всему объему подложки ИЗ. При измерении используется нестационарный метод НК ТФС материалов, принцип действия которого заключается в тепловом воздействии нагревателя соответствующей ИЯ на поверхность ИО импульсами заданной частоты и мощности, с последующей регистрацией термограммы, на основе которой рассчитываются ТФС материалов. Тепловые импульсы с УФИН заданной частоты, мощности и интервала следования, согласно алгоритму функционирования ИИС, поступают на одну из ИЯ ИЗ, помещенного на ИО. Информация о температурном поле в плоскости контакта ИЗ и ИО поступает на УПТ, а затем в МК.

В МК, в соответствии с математической моделью, выполняется расчет ТФС материалов. Затем проводятся метрологический анализ полученных результатов ТФС материалов и сравнение их с допустимыми значениями погрешности измерения для ИО. Если относительные погрешности измерения превышают допустимые значения, то формируются команды на повторные измерения, сопровождающиеся

метрологическим анализом. Для ИИС разработано программное обеспечение (ПО). Блок-схема программы для микроконтроллера PIC 18F8720 представлена на рис. 2.

Программа реализует следующий алгоритм функционирования ИИС. При включении питания настраиваются периферийные модули. После этого в соответствии с программой запрашиваются априорные данные об ИО (плотность, шероховатость, класс материала и его тип). Затем включается аналогово-цифровой преобразователь для первой измерительной ячейки ИЯ1 с линейным нагревателем ИЗ и производится преобразование аналогового сигнала. Далее проводится проверка температуры зонда. Если через интервал времени 5 с разница между последующим и предыдущим значением цифрового кода превышает значение заданного epsilon (значение, устанавливающее момент уравнивания температурного перепада в подложке термозонда), то на ЖКИ выводится сообщение «Остывание зонда», иначе выводится «С-начало»

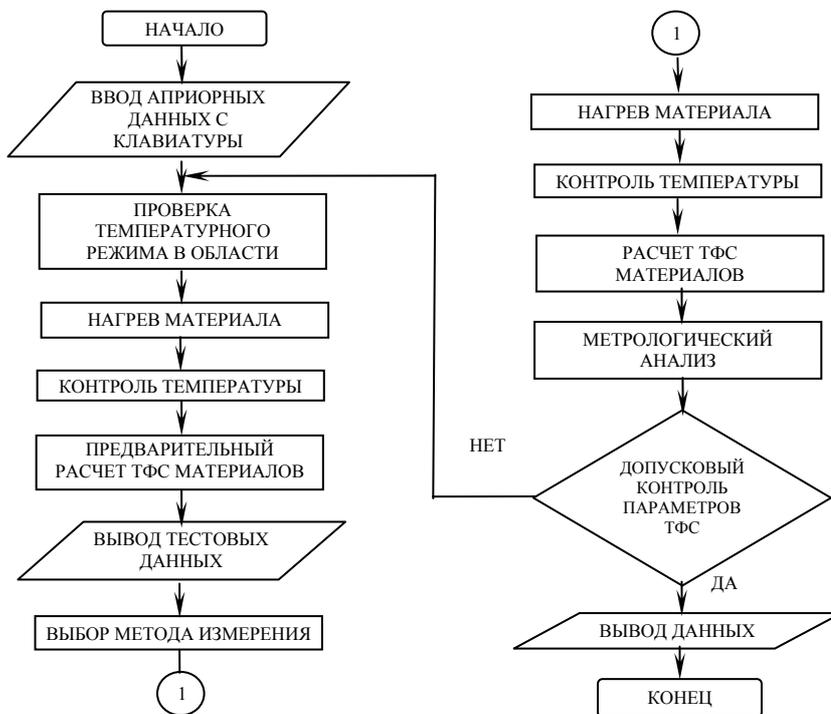


Рис. 2. Блок-схема алгоритма функционирования ИИС НК ТФС материалов

измерения», т.е. программа продолжает работу после нажатия кнопки «С». После этого включаются два таймера, и подается  $n$ -единичных импульсов на УФИН с заданной длительностью и скважностью. Значения температуры в цифровом виде записываются в массив. В процессе измерения текущая температура выводится на экран. По завершении измерения высвечивается надпись «Стоп». По данным массива производится вычисление ТФС ИО.

В зависимости от полученного значения теплопроводности в соответствии с программой подключается измерительная ячейка (с линейным или круглым нагревателем) и формируется мощность теплового воздействия в УФИН.

Для формирования теплового воздействия разной мощности применяется широтно-импульсный модулятор, имеющийся в составе микроконтроллера. После нажатия кнопки «С» включаются таймеры. На вход УФИН вместо единичного импульса подается пачка импульсов определенной ширины, выбранной программным способом ранее, и заданными длительностью и скважностью. Затем производится контроль температуры с индикацией на дисплее. При этом данные сохраняются в массив. После завершения контроля выполняется расчет ТФС материала. Далее проводится метрологический анализ результатов измерения параметров ТФС, определяется относительная погрешность и сравнение с допустимыми значениями. Если эти параметры превышают допустимые значения, то измерения повторяются после остывания ИО и зонда. Если эти параметры меньше или равны допустимым значениям, то результаты измерений выводятся на ЖКИ.

Данный алгоритм позволяет обеспечить высокую эффективность и корректность выполнения измерений. Проведенные экспериментальные исследования по определению ТФС исследуемых материалов с помощью ИИС НК ТФС материалов, показывают, что относительная погрешность измерений составляет не более 6,5 % и находится в допустимых для данных материалов пределах. Разработанные ПО ИИС НК ТФС материалов и УФИН позволяют решить ряд вопросов при проектировании и эксплуатации ИИС НК ТФС материалов, повысить оперативность и точность НК ТФС материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиванова, З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения теплофизических свойств твердых материалов / З.М. Селиванова // Проектирование и технология электронных средств. – 2005. – № 2. – С. 35 – 37.
2. Селиванова, З.М. Программа для реализации интеллектуального метода неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов в интеллектуальной информационно-измерительной системе / З.М. Селиванова, В.В. Кожаринов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. № 2006610041 от 10.01.2006.

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»*