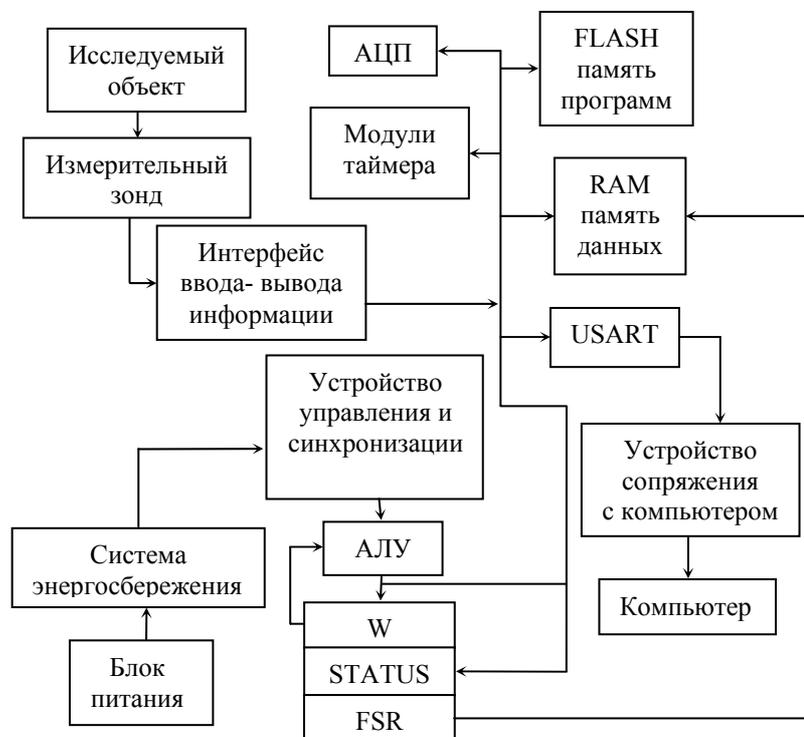


## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

Во многих отраслях промышленности, научных проблемных лабораториях необходим оперативный неразрушающий контроль (НК) теплофизических характеристик материалов (ТФХМ). Разработана микропроцессорная система (МС) НК ТФХМ, позволяющая повысить оперативность НК ТФХМ в результате применения PIC- микроконтроллера с параллельным вводом- выводом информации.

На рис. 1 представлена структурная схема разработанной микропроцессорной системы.



**Рис. 1 Структурная схема микропроцессорной системы**

Разработанная система, реализованная на микроконтроллере *PIC16F873*, отличается от своих аналогов оперативностью и учетом воздействия внешних дестабилизирующих факторов на ход эксперимента, что дает возможность получить более точные результаты измерений. Микроконтроллер *PIC16F873* обладает высоким быстродействием, так как с помощью многоканальных портов ввода-вывода легко реализовать параллельный ввод информации, все команды выполняются микроконтроллером за один цикл, памяти микроконтроллера достаточно для реализации данного устройства.

Данные из *FLASH* памяти программ и *RAM* памяти данных могут быть прочитаны/перезаписаны в нормальном режиме работы микроконтроллера во всем диапазоне напряжения питания (рис. 1).

АЦП (аналого-цифровой преобразователь) имеет пять каналов. Входной сигнал через коммутатор каналов заряжает внутренний конденсатор АЦП  $C_{HOLD}$ . Модуль АЦП преобразует напряжение, удерживаемое на конденсаторе  $C_{HOLD}$ , в соответствующий 10-разрядный цифровой код методом последовательного приближения.

*USART* – это модуль последовательного ввода- вывода, который может работать в полнодуплексном режиме для связи с терминалами, персональными компьютерами или полудуплексном режиме для связи с микросхемами АЦП.

Модули таймера содержат ряд таймеров, предназначенных для включения питания, сброса по включению питания, запуска тактового генератора.

Интерфейс ввода-вывода информации предназначен для осуществления параллельного ввода-вывода информации.

Измерительный зонд в МС производит нагрев образца в течение определенного интервала времени, регистрирует температуру этого образца и передает полученные данные для обработки в МС.

Устройство управления и синхронизации служит для управления всем устройством.

АЛУ (арифметико-логическое устройство) выполняет арифметические и логические операции с данными, которые поступают с измерительного зонда через интерфейс ввода-вывода и преобразуются при помощи АЦП.

Регистр *W* предназначен для хранения информации, полученной от АЛУ.

В регистре *STATUS* содержатся флаги состояния АЛУ, флаги причины сброса микроконтроллера и биты управления банками памяти данных.

Для выполнения косвенной адресации необходимо обратиться к физически не реализованному регистру *INDF*. Обращение к регистру *INDF* фактически вызовет действие с регистром, адрес которого указан в *FSR*.

Применение в МС параллельного интерфейса ввода-вывода информации позволяет в 2-3 раза повысить оперативность проведения теплофизического эксперимента.

При проведении НК ТФХМ с помощью измерительного термозонда, подключенного к микроконтроллеру, одним из факторов, значительно влияющим на погрешность НК ТФХМ является нерациональное размещение термодатчиков в подложке измерительного зонда. При этом искажается истинная информация о температурном поле в подложке. Поэтому разработка методики, заключающейся в оптимальном размещении датчиков в подложке термозонда, способствует повышению точности НК ТФХМ [1].

В реализуемом методе определения ТФСМ в МС с помощью измерительного зонда процесс распространения тепла на термоизолированной поверхности полубесконечного в тепловом отношении тела при действии линейного источника тепла описывается решением задачи теплопроводности [2], которое имеет вид:

$$T(x, \tau) = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{qF}{4\pi\lambda i\Delta\tau} \exp\left(-\frac{x^2 F}{4ai\Delta\tau}\right),$$

где  $q$  – мощность линейного импульсного источника тепла, Вт;  $x$  – расстояние от линейного источника тепла до точки контроля, м;  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;  $F$  – частота импульсов, Гц;  $n$  – число импульсов;  $\tau$  – время, с;  $\Delta\tau$  – интервал следования импульсов, с.

Получение и дальнейшее использование в МС среднеинтегрального значения температурного поля по поверхности исследуемого объекта способствует повышению метрологического уровня теплофизических измерений, так как при этом уменьшается одна из основных составляющих общей погрешности рассматриваемого средства – влияние шероховатости поверхности исследуемого объекта [3].

Проведены экспериментальные исследования разработанной МС НК ТФХМ при оперативном определении ТФХМ искусственных кож на различной основе. В табл. 1 приведены результаты метрологической обработки теплофизических измерений винилискожи-НТ.

### 1 Результаты метрологической обработки теплофизических измерений винилискожи-НТ

№	Материалы	Эталонные значения		Измеренные значения		Относительная погрешность измерения	
		$a$ , м <sup>2</sup> /с·10 <sup>-7</sup>	$\lambda$ , Вт/м·К	$a$ , м <sup>2</sup> /с·10 <sup>-7</sup>	$\lambda$ , Вт/м·К	$\delta_a$ , %	$\delta_\lambda$ , %
1	Винилискож а-НТ (1)	1,6	0,05	1,69	0,049	6,00	5,77
2	Винилискож а-НТ (2)	1,8	0,067	1,85	0,071	3,22	5,97
3	Винилискож а-НТ (3)	1,55	0,056	1,57	0,06	1,29	7,14
4	Винилискож а-НТ (4)	1,47	0,048	1,49	0,046	1,5	4,17
5	Винилискож а-НТ (5)	1,58	0,06	1,61	0,058	2,34	3,33

Результатом разработки оперативной МС НК ТФХМ является повышение оперативности проведения измерений в 2-3 раза и, как показывает метрологическая оценка результатов измерений, относительная погрешность измерения при этом составляет не более 7...8 %.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Селиванова З.М., Хабаров С.А., Аношин М.М. Методика повышения точности неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов // Автоматизация технологических процессов: Сб. научн. трудов ТГТУ. Тамбов, 2003. Вып. 13. С. 208 – 211.
- 2 Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
- 3 Информационно-измерительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов // Информационные системы и процессы: Сб. научн. тр. Тамбов – М. – СПб. – Баку – Вена: Изд-во «Нобелистика» 2003. Вып. 1. С. 180 – 185.