

$$\sum_{i=1}^{s-1} w_{ij} = 1, \quad j = 2, \dots, s; \quad \sum_{j=2}^s w_{ij} = 1; \quad i = 1, 2, \dots, s-1,$$

то

$$\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s w_{ij} = s-1.$$

Тогда

$$L(x) = \frac{\frac{R_{\Pi}}{s-1} \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s w_{ij} - \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s m_{ij} w_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s \sigma_{ij}^2 w_{ij} \right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s \left( \frac{R_{\Pi}}{s-1} - w_{ij} \right) w_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s \sigma_{ij}^2 w_{ij} \right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s r_{ij} w_{ij}}{\left( \sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=2}^s \sigma_{ij}^2 w_{ij} \right)^{\frac{1}{2}}}. \quad (6)$$

Выражение (6) для любого допустимого маршрута определяет значение критерия его качества тем большее, чем меньше вероятность (4) превышения длиной этого маршрута заданного порога.

В связи с этим ясно, что критерий (6) может быть использован при формировании новой популяции ГА в результате селекции после применения стандартных процедур скрещивания, мутации, рекомбинации. Описанная модификация ГА для каждого кластера обеспечивает отыскание наилучшего в выбранном смысле маршрута. Теперь, связывая индивидуальные маршруты кластеров "перемычками", найденными ранее, получим искомый маршрут, являющийся решением задачи.

**Выводы.** Таким образом, предложена вычислительная процедура решения задачи коммивояжера для случая, когда расстояния между пунктами – случайные величины с известной плотностью распределения. Для решения задачи использован декомпозиционный алгоритм, редуцирующий исходную сложную задачу к последовательности существенно более простых. Предложенная методика позволяет успешно решать стохастические задачи коммивояжера высокой размерности.

**Список литературы:** 1. Miller C.E., Tucker A.W., Zemlin R.A. Integer Programming Formulation of Traveling Salesman Problems // Journal of the Association of Computing Machines. – 1960. – 7. – P. 326–329. 2. Литтл Дж., Мурти К., Суини Д., Кэрел К. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере // Экономические и математические методы. – 1965. – Е. 1. – № 1. – С. 34–41. 3. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – 328 с. 4. John Holland. Genetic algorithms and the optimal allocation of trials. SIAM Journal on computation. – 1973. – 2. – P. 88–105. 5. Лысенко Ю.Г., Иванов Н.Н., Минц А.Ю. Нейронные сети и генетические алгоритмы. – Донецк: Юго-восток, 2003. – 230 с. 6. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: ГИФМЛ, 1962. – 564 с. 7. Дюран Б., Оддел П. Кластерный анализ. – М.: Статистика, 1977. – 126 с. 8. Классификация и снижение размерности / Айязян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. / Под ред. Айязяна С.А. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.

Поступила в редакцию 25.09.2006

**Г.М. СУЧКОВ**, д-р техн. наук, НТУ "ХПИ",  
**Е.А. АЛЕКСЕЕВ**, канд. ф.-мат. наук, РИ НАНУ (г. Харьков),  
**В.В. ЗАХАРЕНКО**, канд. техн. наук, РИ НАНУ (г. Харьков),  
**Р.А. МОТИЕНКО**, РИ НАНУ (г. Харьков),  
**Е.Л. НОЗДРАЧЕВА**, НТУ "ХПИ",  
**А.В. ДОНЧЕНКО**, ООО "Квазар-микро" (г. Киев),  
**М.В. АНАНЬИНА**, НТУ "ХПИ"

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Наведено приклад реалізації в ЕМА дефектоскопії алгоритму обробки інформації з використанням програмного та апаратного методів. Експериментально встановлено можливість підвищення чутливості приладу приблизно в 10 разів.

The example of realization the algorithm of treatment information with use the programming and device methods in the EMA fault detector are given. The opportunity of increase of sensitivity of the device approximately in 10 times is experimentally established.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Основные способы и методы дефектоскопии металлоизделий хорошо известны и широко применяются в промышленности Украины и других стран [1]. Одним из перспективных методов ультразвукового контроля является электромагнитно-акустический (ЭМА) [2]. Однако, ему свойственна недостаточная чувствительность [3]. Устранить отмеченный недостаток возможно за счет применения современных методов обработки информации, получаемой при контроле изделий [4 – 7].

Анализ известных литературных источников [8 – 9] позволил установить, что для достижения поставленной цели необходим комплексный подход – обработка информации на всех стадиях формирования полезного сигнала аппаратным и программным путем.

**Цель статьи** – повышение чувствительности приборов неразрушающего контроля.

**ЭМА дефектоскоп.** Рассмотрим современный прибор неразрушающего контроля на примере ЭМА дефектоскопа для контроля калиброванных прутков круглого и шестигранного сечения объемными сдвиговыми и поверхностными волнами. Внешний вид



Рис. 1. Внешний вид дефектоскопа

разработанного прибора приведен на рис. 1. Новый ЭМА дефектоскоп обеспечил предельную эквивалентную чувствительность по внутренним дефектам – выявляет дисковый отражатель, оптимально расположенный относительно ЭМАП, диаметром 1,2 мм, а по поверхностным дефектам – выявляет продольную канавку, оптимально расположенную относительно ЭМАП, размерами 0,5×0,5×50 мм.

Принцип работы дефектоскопа заключается в ультразвуковом зондировании образца ЭМА преобразователем с последующим анализом полученных результатов. При наличии дефектов в образце возникают отраженные от дефектов сигналы или ослабляется амплитуда донных импульсов. Эти признаки являются критериями оценки качества прутков.

Структурная схема дефектоскопа приведена на рис. 2. Дефектоскоп состоит из электронного блока, блока обработки на базе процессора Sempron 2200+ и ЖК монитора. В комплект также входят ЭМА преобразователи объемных сдвиговых и поверхностных волн и датчик

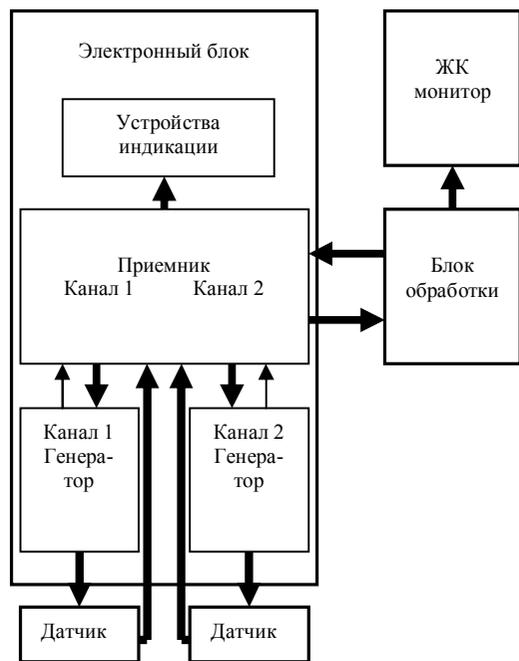


Рис. 2. Структурная схема дефектоскопа

выбранного канала передается на выходной усилитель на основе МС AD603. Блок оцифровки (рис. 3), преобразует сигнал в цифровой код и сохраняет его в буферной памяти для пересылки в блок обработки. Он состоит из кварцевого генератора 32 МГц, RS-триггера (МС 74AC00), аналого-цифрового

преобразователя (АЦП) на основе AD9203 и буферной памяти "first in first out" (FIFO) CY7C429. Блок обработки создан на основе процессора Sempron 2200+, системной платы A7V400-MX и платы цифрового ввода-вывода PCI-1751. Данные из приемника пересылаются в блок обработки, где производится их анализ. Результаты обработки выводятся как на ЖК монитор, так и передаются в электронный блок для обеспечения работы систем автоматики, а также световой и звуковой сигнализации.

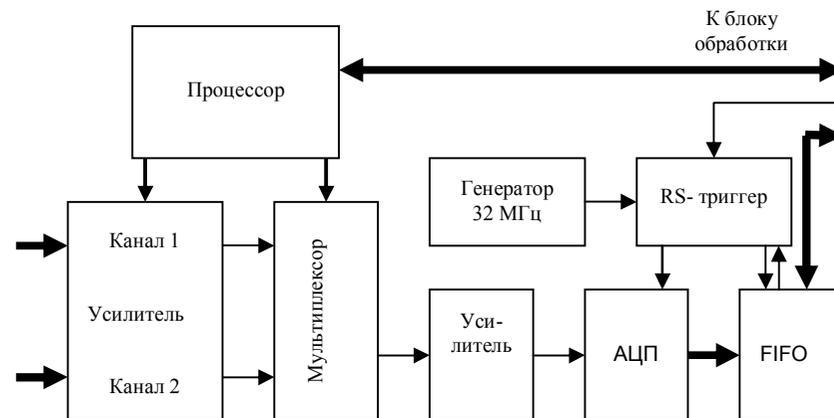


Рис. 3. Структурная схема приемника

Первый уровень индикации используется только для объемных сдвиговых волн при зеркально-теневом методе контроля – зеленый светодиод и низкий тон звуковой сигнализации соответствуют уменьшению суммы мощности первых четырех донных сигналов до уровня 84% от значения, полученного во время калибровки на стандартном образце предприятия. Он включается только при работе с датчиком объемных сдвиговых волн (канал 1). При этом происходит интегральное ослабление ("рассыпание") последовательности донных сигналов (используется при обнаружении наклонных дефектов или дефектов не оптимально ориентированных по отношению к ультразвуковому лучу).

Второму уровню срабатывания системы АСД соответствует желтый цвет и звуковой сигнал средней высоты. Срабатывание системы обуславливается наличием в зоне контроля эхо сигналов от дефектов заданного размера. Величина предельной амплитуды эхо сигнала устанавливается также при калибровке дефектоскопа на стандартном образце предприятия. Появление эхо сигналов означает, что отражение от дефекта превысило первый минимально допустимый порог. Третьему уровню срабатывания системы АСД соответствует красный цвет и самый высокий тон звуковой сигнализации. Появление этих сигналов означает, что отражение от дефекта превысило

второй допустимый порог.

Алгоритм работы дефектоскопа следующий. Блок обработки задает номер канала и формирует сигнал сброса для буферной памяти FIFO. Сигнал сброса служит одновременно и сигналом запуска измерений. Сигнал запуска обеспечивает старт формирования тестового сигнала в выбранном канале генератора. После передачи в образец тестового сигнала микропроцессор генераторного блока формирует сигнал старта для блока оцифровки. Этот сигнал устанавливает RS-триггер в блоке приемника, который разрешает тактирование запуска АЦП и синхронную запись результатов преобразования в буферную память FIFO. После заполнения буферная память формирует сигнал сброса RS-триггера, запрещая дальнейшее тактирование АЦП и FIFO. Этот же сигнал активизирует прием блоком обработки данных из буферной памяти. После усиления принятого сигнала (эхо или донного) производится первичная фильтрация посредством корреляции опорного сигнала в виде одного периода частоты зондирующего импульса и принятого пакета, имеющего ту же частоту заполнения. При этом учитывается, что частота ультразвука может изменяться оператором. Полученная реализация возводится в квадрат и сглаживается. Затем выполняется повторная корреляционная обработка с использованием в качестве опорного сигнала функции вида "синус в квадрате". При появлении импульсных помех значительной амплитуды дополнительно производится накопление заданного количества импульсов от различных зондирований объекта контроля. Экспериментально установлено, что принятый алгоритм обработки позволил повысить чувствительность прибора примерно в 10 раз.

**Выводы.** Показана высокая эффективность применения методов обработки информации в приборах неразрушающего контроля. Разработан новый ЭМА дефектоскоп, чувствительность которого повышена в 10 раз.

**Список литературы:** 1. Патон Б.С., Тройцький В.О., Посипайко Ю.М. Неруйнівний контроль в Україні // Информ. бюл. Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики. – 2003. – № 2 (18). – С. 5–9. 2. Сучков Г.М. О главном преимуществе ЭМА способа // Дефектоскопия. – 2000. – № 10. – С. 67–70. 3. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с. 4. Сучков Г.М. Новые методы ультразвукового контроля ЭМА способом на основе адаптации радиолокационных технологий // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – К., 2005. – № 3. – С. 38–42. 5. Сучков Г.М. Обработка информации. Повышение возможностей корреляционного анализа в ЭМА приборах // Контроль. Диагностика. – М., 2004. – № 12. – С. 13–16. 6. Сучков Г.М. Возможности линейной частотной фильтрации в ЭМА приборе // Контроль. Диагностика. – М., 2004. – № 10. – С. 20–21. 7. Сучков Г.М. Обработка информации. Возможности корреляционного анализа при толщинометрии ЭМА способом // Контроль. Диагностика. – М., 2002. – № 8. – С. 37–40. 8. Сучков Г.М. Возможности современных ЭМА-толщиномеров // Дефектоскопия. – 2004. – № 12. – С. 16–25. 9. Сучков Г.М. Современные возможности ЭМА дефектоскопии // Дефектоскопия. – 2005. – № 12. – С. 24 - 39. 10. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.

Поступила в редакцию 10.11.2006

УДК 651.326

**Н.В. ТКАЧУК**, д-р техн. наук, НТУ "ХПИ",  
**А.А. ЗЕМЛЯНОЙ**, НТУ "ХПИ",  
**В.А. ЧУГАЙ**, НТУ "ХПИ"

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ СОСОМО II В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМНЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Розглянуто сучасні системи управління вимогами та їх типову функціональність. На основі обзору інформаційних джерел запропоновано розширення типової функціональності таких систем можливістю знаходження конфігурацій вимог, що задовольняють ряду обмежень. Даний підхід реалізується шляхом використання моделі СОСОМО II та шаблонів специфікацій на базі стандартів IEEE.

The proposed paper includes a review of the modern requirements management systems. Based on the information sources review the extension of the system's typical functionality is proposed. The approach introduces a possibility of finding configurations of system requirements within defined constraints. Its implementation is based on the cost model COCOMO II and typical requirements specification extracted from IEEE standards.

**Постановка проблемы.** Разработка программного обеспечения (ПО), рассматриваемая как система производственных и управленческих процессов, в настоящее время достаточно подробно освещена и стандартизирована во множестве официальных и корпоративных документов таких организаций как ISO (International Organization for Standardization), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), SEI (Software Engineering Institute), а также таких ведущих производителей ПО как Microsoft, Agile, IBM и ее подразделения Rational. Так, например, фактический стандарт в области программной инженерии SWEBOOK (Software Engineering Body of Knowledge) определяет следующие основные составляющие процесса создания ПО: *разработка требований* (Software Requirements), *проектирование ПО* (Software Design), *реализация ПО* (Software Construction), *тестирование* (Software Testing), *сопровождение и поддержка* (Software Maintenance) [1].

Первый этап, разработка требований к ПО, во многом определяет успех последующих, зависимых от него этапов [2]. Очевидно, что проектирование и реализация ПО проводится на основе разработанных спецификаций системных требований (СТ), а тестирование должно гарантировать соответствие произведенного продукта СТ, представляемым к нему со стороны заказчика. Ошибки, допущенные на этапе разработки требований, дают мультипликативный эффект на последующих этапах. От степени точности СТ зависит и основная характеристика разрабатываемого ПО – его качество.

Управление СТ связано и с другими процессами, непосредственно связанными и неотъемлемыми от производства ПО – процессы управления проектами, управления конфигурациями, управления системой качества производства.