

УДК 621.385

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНТРОСКОПЫ — ПРИБОРЫ XXI ВЕКА

*В. И. Гончаров, В. А. Колюбин, А. С. Саханов, И. И. Лапицкий,
С. П. Филечев*

Федеральный центр двойных технологий "Союз"
г. Дзержинский, Россия

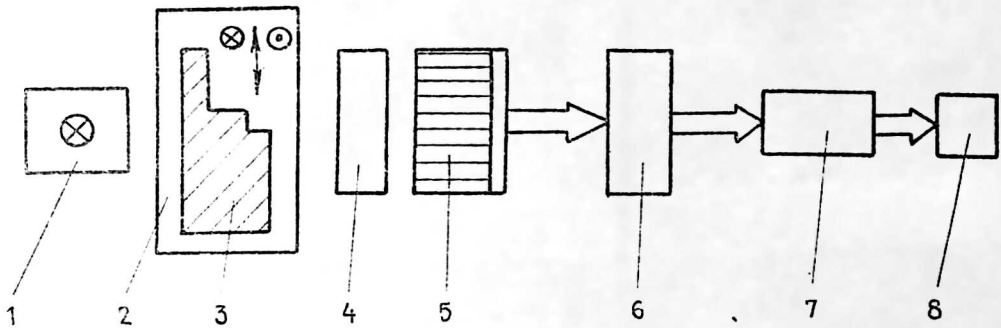
Рассмотрены радиометрические интроскопы, появившиеся в результате быстрого качественного совершенствования радиометрических дефектоскопов, ставшего возможным в связи с колоссальным прогрессом вычислительной техники и созданием совершенных твердотельных детекторов. Приведены структурная схема современных радиометрических интроскопов, их математическая модель и основные характеристики. Показаны решения основных технических проблем при создании радиометрических дефектоскопов и необходимые предпосылки для крупномасштабного внедрения интроскопов в промышленность как приборов неразрушающего контроля.

Уже в наше время радиометрические дефектоскопы с успехом применяются для контроля промышленных изделий большой толщины и сложной формы. Радиометрические дефектоскопы по сравнению с радиографией обладают рядом преимуществ: возможностью контроля изделий с изменяющейся в пять-шесть раз толщиной; на 50—70 % большая чувствительность к выявлению дефектов; получение метрологически подтвержденных количественных результатов контроля; высокие оперативность и производительность [1].

Радиометрические интроскопы — это приборы, возникшие в результате качественного скачка в совершенствовании радиометрических дефектоскопов. Своим рождением они обязаны, с одной стороны, колоссальному прогрессу вычислительных возможностей персональных компьютеров, а с другой — созданию совершенных твердотельных детекторов [2—3]. Еще больший интерес к себе радиометрические интроскопы привлекли за счет применения в качестве источников ионизирующего излучения мощных, высокоэнергетичных и высокостабильных рентгеновских аппаратов, обеспечивающих экологическую чистоту и надежность процесса контроля.

В современных радиометрических интроскопах (структурная схема приведена на рисунке) в качестве преобразователя ионизирующего излучения использованы сборки твердотельных детекторов с числом ячеек до 1024. Обработка, представление и архивирование результатов контроля производятся с помощью персональных компьютеров, усиленных спецпроцессорами с параллельными каналами

обработки информации; видеопроцессорами и устройствами памяти большого объема. Для создания потока ионизирующего излучения используются высокостабильные рентгеновские аппараты или линейные ускорители.



Структура радиометрического интроскопа:

- 1 — источник ионизирующего излучения; 2 — устройство сканирования;
3 — контролируемое изделие; 4 — коллиматор; 5 — детекторная сборка;
6 — усилитель-преобразователь; 7 — персональный компьютер; 8 — монитор

С теоретической точки зрения отличительной особенностью радиометрических интроскопов от радиометрических гамма-дефектоскопов является значительное увеличение количества детекторов и соответствующее увеличение каналов регистрации. В связи с этим модель, описывающая преобразование информации в радиометрических гамма-дефектоскопах [4—5], в случае радиометрического интроскопа примет вид:

$$A = L(N) \left[P(r, \Omega, E) S F W + \psi(r, \Omega, E, f, W, N) \right], \quad (1)$$

где $P(r, \Omega, E)$ — пространство параметров контролируемого изделия;

S, F, W — передаточные характеристики коллиматора, детектора и усилителя-преобразователя соответственно;

L — функция преобразования данных в компьютере;

ψ — флуктуационная составляющая, включающая радиационно-статистический шум, шумы детектора и усилителя-преобразователя;

N — число детекторов в детекторной сборке и соответственно число каналов регистрации.

Введение параметра N в модель (1) отражает факт качественного измерения в процессе получения информации в радиометрическом интроскопе по сравнению с радиометрическими гамма-дефектоскопами.

Исходя из уравнения (1), были получены выражения основных характеристик радиометрического интроскопа:

чувствительность (объем минимального выявляемого дефекта):

$$\Delta V = \frac{Z \sqrt{\frac{\beta P}{\gamma N} + \frac{\sigma_a}{\epsilon J_0 \exp(-\mu d)}}}{\lambda \mu \sqrt{\epsilon J_0 \exp(-\mu d)}}; \quad (2)$$

производительность контроля:

$$P = \gamma b V N; \quad (3)$$

вероятность ошибок обнаружения (ложное обнаружение, пропуск сигнала)

$$W = 1 - \Phi(0,5Z \lambda), \quad (4)$$

где Z — отношение сигнал-шум;

P — производительность контроля;

N — число детекторов в детекторной сборке;

γ — геометрический коэффициент коллимационного устройства;

σ_a — среднеквадратическое отклонение шума аппаратуры;

ε — эффективность регистрации излучения детектором;

I_0 — плотность потока фотонов рентгеновского излучения в точке детектирования при отсутствии изделия;

μ, μ^* — коэффициенты линейного ослабления излучения материала изделия и дефекта, соответственно;

d — толщина контролируемого изделия;

λ — коэффициент, характеризующий качество фильтрации сопутствующего сигнала;

b — ширина детектора;

V — скорость сканирования;

β — фактор накопления;

Φ — функция Лапласа.

Соответствие теоретических выражений (2)—(4) практике было подтверждено в ходе создания и экспериментального исследования радиометрического интроскопа РД-50И, который имеет следующие характеристики:

Диапазон энергий регистрируемого излучения, мэВ	0,6—8,0
Чувствительность, %	0,5
Диапазон контролируемых толщин (по стали), мм	10—400
Максимальное пространственное разрешение, линий на мм	2
Представление информации	полутонное черно-белое, цветное изображение
Архивирование	хранение изображений на магнитных носителях
Обработка изображения	контрастирование, изменение уровня серого, увеличение в 2, 4, 8 раз, цветовая инверсия, измерение элементов изображения

Исследования характеристик радиометрического интроскопа РД-50И при работе с различными энергиями рентгеновского излучения показали, что для практических расчетов в выражении (2) можно принимать значения $\varepsilon, I_0, \mu, \mu^*$ для моноэнергетического излучения с энергией, равной 0,5—0,6 максимальной энергии излучения, при этом ошибка расчетов не превышает 30 %.

В ходе разработки радиометрического интроскопа РД-50И были решены следующие технические проблемы:

компенсация разброса параметров детекторов в детекторной сборке;

компенсация флуктуаций интенсивности пучка рентгеновского излучения;

синхронизация работы измерительной аппаратуры с импульсными источниками излучения;

преобразование и передача информации от детекторной сборки, находящейся в боксе контроля, к обрабатываемому компьютеру в операторское помещение.

Таким образом, к настоящему моменту есть необходимые предпосылки для крупномасштабного внедрения в промышленность радиометрических интроскопов как приборов неразрушающего контроля — существует современная элементная база, разработаны основы теории радиометрических интроскопов, решены основные инженерные проблемы компоновки, построены и опробованы промышленные образцы радиометрических интроскопов.

Л и т е р а т у р а

1. Гончаров В. И., Колюбин В. А., Филичев С. П. Радиометрический интроскоп РД-50И // 14-я Российская науч.-техн. конф. "Неразрушающий контроль и диагностика". — М., июнь, 1996.
2. Колюбин В. А., Маврашин С. Н. Использование новых типов детекторов в радиометрической дефектоскопии // Сб. ВАИТ. Сер. Радиационная техника. — М.: Атомиздат, 1987. Вып. 2/35.
3. Рыжиков В. Д., Гольчинецкий Л. П., Селегенов Е. М. Приборы неразрушающего контроля на основе детекторов сцинтиллятор-фотодиод // 14-я Российская науч.-техн. конф. "Неразрушающий контроль и диагностика". — М., июнь 1996.
4. Адаменко А. А., Валевич М. И. Радиационный неразрушающий контроль сварных соединений. — Киев: Техніка, 1981.
5. Жуковский Е. А., Кодюков В.-М., Колюбин В. А. и др. Теоретические и практические аспекты построения радиометрических систем неразрушающего контроля: Тез. докл. 4-й Междунар. конф. "Применение радионуклидов и радиационных процессов в промышленности". — ГДР, г. Лейпциг, 1988.

RADIOMETRIC INTROSCOPES — DEVICES XXI CENTURY

*V. I. Goncharov, V. A. Koljubin, A. S. Sahanov,
I. I. Lapizki, S. P. Filichev*

Federal centre of double technologies "Sojuz",
Dzerjinskij, Russia

Radiometric introscopes arising in result of fast qualitative perfection of radiometric flaw detectors are considered in given article. It has become possible due to the huge progress of computer facilities and creation of perfect solid-state detectors. The block diagram of modern radiometric introscopes together with their mathematical model and main characteristics are submitted. The decisions of main technical problems at creation of radiometric introscopes and necessary preconditions for largescale introduction of introscopes in industry as nondestructive inspection units are shown also.