

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ДЛЯ ОБЩЕГО АНАЛИЗА
РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ

В. А. ВОРОБЬЕВ, Г. П. ТАРАСОВ

(Представлена научным семинаром физико-технического факультета)

Основной задачей неразрушающих испытаний является задача получения информации о качестве испытуемого материала. Таким образом, по роду задач, возложенных на средства неразрушающего контроля, последние являются информационными системами, которые все усложняются и принимают вид сложных автоматизированных систем. Удобным средством для решения задач общего анализа и синтеза систем являются связанные между собой методы теории статистических решений и теории информации. Общий анализ средств неразрушающего контроля (будем в дальнейшем называть их СНК — системы неразрушающего контроля) необходим, ибо, с одной стороны, информация о качестве испытуемого материала в СНК переносится носителями, имеющими различную физическую природу (электромагнитное излучение, электрический ток, число проявляемых зерен фотопленки и др.), причем критерии оценки качества работы отдельных звеньев зачастую оказываются несоизмеримыми; с другой стороны, может оказаться, что при конструировании СНК отдельные звенья излишне высокого качества, т. е. характеристики звеньев не согласованы.

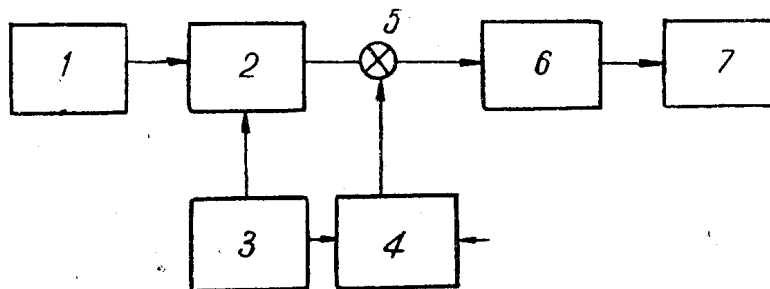


Рис. 1. Структурная схема:

1 — источник информации, 2 — операция образования сигнала, 3 — источник переносчика информации, 4 — источник помех, 5 — операция воздействия помех на сигнал, 6 — приемник-преобразователь, 7 — получатель информации

При общем анализе можно рассматривать структурную схему СНК, изображенную на рис. 1, подчеркивающую информационные стороны рассматриваемого вопроса. Более конкретно будем говорить о радиационной

дефектоскопии, в этом случае схема описывает следующие процессы, пользуясь терминологией теории информации [5, 6].

1. Источником информации, естественно, является объем исследуемого тела, ибо назначение рассматриваемых СНК — выявление нарушений сплошности. Обнаружение дефекта в известном объеме материала V эквивалентно заданию плотности материала $\rho(\vec{r})$ в каждой точке объема $\vec{r}(x, y, z)$. В бездефектном материале плотность вещества в каждой точке постоянна (материал однороден), т. е.

$$\rho(\vec{r}) = \text{const},$$

$$\vec{r} \in V.$$

Наличие дефекта меняет вид функции $\rho(\vec{r})$. Таким образом, каждой $\rho(\vec{r})$ можно сопоставить определенную совокупность дефектов. В силу бесконечности множества функций $\rho(\vec{r})$ в V будет бесконечно и множество событий, которые могут произойти при контроле материала объемом V , т. е. для обнаружения сколь угодно малого дефекта необходимо получить сколь угодно большое количество информации. В практике не ставится задача обнаружения любого дефекта, как бы мал он ни был, так что дефект объемом $\Delta V_d < \epsilon$ можно считать несущественным. Такое соображение переносит вопрос уже в другую плоскость.

Чем больше объем V исследуемого тела и чем меньше величина минимально обнаруживаемого дефекта ϵ , тем больше информации нужно получить для его обнаружения:

$$Q_k = \log \frac{V}{\epsilon},$$

Q_k — количество «контрольной» информации.

Логарифмическая мера выведена на том же основании, что и при определении измерительной информации [1, 7], сигнальной информации [3, 6], информации о точности воспроизведения изображений [2]. Минимально обнаруживаемый дефект определяет точность измерения дефекта.

2. Источник переносчика информации — генератор электромагнитного излучения (бетатрон, рентгеновская трубка, изотоп), создающий поток проникающего излучения, который переносит информацию об исследуемом теле до приемника.

3. Образование сигнала (модуляция). Пространственный дефект путем лучевого просвечивания потоком проникающего излучения отображается в плоское изображение, представляющее распределение интенсивности прошедшего излучения $I_{\text{вых}}(y, z)$. В общем случае эту операцию можно записать в виде функционального выражения:

$$I_{\text{вых}}(y, z) = V[\rho(\vec{r}); I_0].$$

В основе операции V -образования сигнала лежит процесс переноса излучения через вещество, описываемое известным уравнением переноса [4].

4. Приемник-преобразователь — совокупность устройств для регистрации прошедшего излучения, выявления информации, переносимой принимаемым потоком излучения, о состоянии исследуемого вещества, преобразования этой информации в форму, удобную для получателя.

В общем виде представляет систему панорамной регистрации γ -изображения; практически реализуется в виде разнообразных устройств: рентгеновская пленка, ионизационная камера, сцинтилляционный счет-

чик, флюоресцирующий экран, рентгеновская телевизионная установка и прочее.

Если I — искаженный помехой ξ принимаемый сигнал, то на выходе приемника информация представлена:

$$Y = W(I).$$

5. Получатель информации (оператор — человек, автоматическое устройство), для которых предназначена информация о состоянии исследуемого объекта.

6. Источник помех — эквивалентный генератор помех, действующих на входе приемника. Для рассматриваемой схемы характерно наличие помех двух родов:

а) помехи, связанные с сигналом, обусловленные статистическим характером генерации переносчика информации, статистическим характером процесса образования сигнала, статистическим характером преобразования γ -излучения в другие виды носителей информации;

б) помехи, не связанные с сигналом: фон помещения, шумы электронных схем. Кроме того, если получатель информации субъективный (человек — оператор), то необходимо учитывать психо-физиологические стороны (например контрастную чувствительность глаза).

Искаженный помехой ξ сигнал I можно представить:

$$I = v [J_{\text{вых}}(y, z) \xi].$$

Очевидно, что информация о дефекте носит многомерный характер [1]. Во-первых, это информация об обнаружении, т. е. установлении самого факта наличия дефекта определенной величины в заданном объеме материала. Эта составляющая характеризует известные характеристики дефектоскопов: выявляемость и производительность. Поэтому

$$Q = Q_k,$$

величину т. е. количество информации, полученное на выходе системы, можно назвать информационной выявляемостью.

Величину, обратную минимальной энергии γ -потока, затрачиваемой на единицу количества полученной информации, назовем информационной чувствительностью [2]:

$$G = \frac{1}{W_{\text{вх}} / Q_k} = \frac{Q_k}{W_{\text{вх}}}.$$

Далее, имеется составляющая информация о местоположении дефекта, о характере дефекта.

Информационные емкости звеньев информационной цепи должны быть согласованы по каждой составляющей, так как общая информационная емкость определяется наименьшими значениями составляющих информационной емкости звеньев цепи [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Б. Гуревич. Эффективность и чувствительность телевизионных систем. «Энергия», 1964.
2. А. Бриллюэн. Наука и теория информации. ФМ, 1960.
3. Ф. П. Тарасенко. Введение в курс теории информации. Томск. Издательство ТГУ, 1963.
4. У. Фано, Л. Спенсер, М. Бергер. Перенос гамма-излучения. Атомиздат, 1963.
5. А. А. Харкевич. Борьба с помехами. «Наука», 1965.
6. К. Шеннон. Работы по теории информации. ИЛ, 1963.
7. А. М., Яглом, И. М. Яглом. Вероятность и информация. ФМ, 1960.