

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАСШИФРОВКИ
РАДИОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

В. П. АБРАМОВ, В. И. ГОРБУНОВ

В последнее время заметно повысился интерес исследователей к разработке и созданию устройств, заменяющих оператора по расшифровке дефектоскопической информации. Необходимость в подобных устройствах обуславливается следующими обстоятельствами.

Во-первых, автоматическое устройство будет выгодно отличаться от человека-оператора скоростью обработки и анализа поступающей информации, что дает возможность резко увеличить производительность контроля.

Во-вторых, с помощью автоматических устройств можно достичь большей надежности в оценке качества, чем если бы эту работу выполнял оператор, поскольку автомат имеет дело с более точными количественными соотношениями, нежели человек.

В-третьих, если в подобные устройства заложить информацию о причинах возникновения тех или иных нарушений внутренней целостности контролируемых изделий, то можно, замкнув цикл от изготовления изделия до его контроля обратной связью, проводить необходимые изменения в технологическом процессе изготовления изделия с целью исключения появления опасных дефектов, то есть активно управлять производством.

Особенно актуальной представляется данная проблема в применении к радиографии, поскольку данный метод контроля, являясь наиболее изученным, получил широкое распространение в практике неразрушающих испытаний материалов как на предприятиях страны, так и за рубежом. Существующие в литературе прецеденты подтверждают целесообразность проведения подобных разработок. Так, например, в сообщениях американской фирмы «Локхид» [1], работы которой являются одними из первых в области создания автоматических устройств для расшифровки снимков, указывается, что разработанное фирмой устройство осуществляет анализ и расшифровку 30 м рентгеновской пленки за 40 мин, в то время как человек проделывает ту же самую работу за 7 $\frac{1}{2}$ часов. Для классификации дефектов используются такие признаки, как размер, местоположение и расстояние между дефектами. Каких-либо данных о вероятности правильной классификации дефектов, их обнаружении, чувствительности устройства не приводится, между тем такие характеристики являются одними из важнейших при сравнении автоматического устройства с человеком.

Все вышесказанное и явилось причиной того, что в НИИ электронной интроскопии в настоящее время проводятся исследования, основная цель которых состоит в разработке автомата, который бы по

производительности расшифровки превосходил в несколько раз человека, а по чувствительности и правильности заключения о качестве был на уровне опытного человека-расшифровщика.

Принцип работы разрабатываемого автомата основан на решении трех задач, которые в настоящее время решает человек-оператор, просматривая радиографические снимки, а именно: задачи обнаружения дефектов, зафиксированных на рентгеновской пленке, задачи распознавания изображений дефектов (определение типа и основных параметров) и задачи принятия решения о качестве исследованных материалов, учитывая информацию от решения первых двух задач, а также принимая во внимание условия работы изделия в дальнейшем (режим работы, характер действующих нагрузок и т. п.). Блок-схема автомата приведена на рис. 1.

Результаты контроля (в нашем случае рентгеновские пленки) поступают на вход считывающего устройства 1, основная функция которого сводится к представлению конкретных физических характеристик

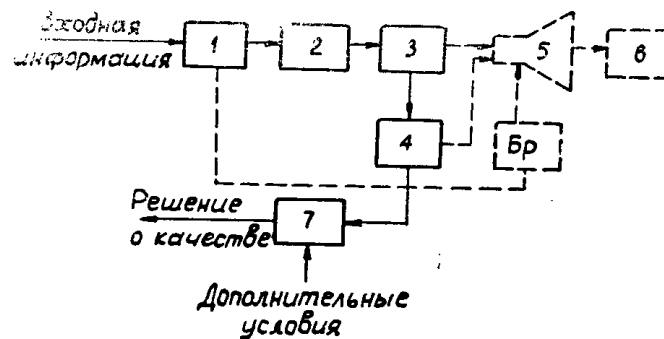


Рис. 1. Блок-схема автомата для расшифровки радиографических снимков

объекта (признаков), то есть оптической плотности радиографических снимков, в виде совокупности электрических сигналов. Принцип работы считывающего устройства и некоторые результаты его экспериментальных исследований рассмотрены в работе [2], помещенной в данном сборнике. Снимаемый с выхода считывающего устройства видеосигнал, отражающий оптическую плотность рентгеновской пленки в каждой точке, подвергается квантованию по аргументу и по значению функции блоком квантования 2.

Полученные через интервалы временного квантования выборочные значения амплитуд видеосигнала поступают в блок обнаружения 3, который в соответствии с выбранным критерием качества оптимальным образом решает, присутствует ли полезная информация в принятой реализации, то есть имеются ли дефекты на просматриваемой рентгеновской пленке или же принятая реализация — шум, то есть дефектов нет. Алгоритм работы блока обнаружения сводится к следующему.

Первоначально для всего радиографического снимка подсчитывается среднее значение напряжения видеосигнала. Для этого дискретные значения амплитуд видеосигнала суммируются и полученная сумма $\sum_{i=1}^n u_i$ делится на число отсчетов n . Далее вычисляется относительная величина в каждой точке отсчета, равная

$$\frac{U_i - U_{\text{ср}}}{U_{\text{ср}}} = \delta,$$

и уже в пространстве величины δ осуществляется разделение информации на два класса: сигнал и помеху. Выбор величины δ в качестве параметров, по значению которого принимается решение, присутствует ли полезная информация (то есть имеются ли дефекты на снимке) или же снимок представляет собой ровный фон без мест локальных изменений оптической плотности, позволяет добиться инвариантности относительно типа пленки и условий проявления. Безошибочного решения в данной задаче обнаружения полезного сигнала получить не удастся, поскольку функции распределения плотности вероятности значений признака δ для области сигнала и шума будут пересекаться, то есть возможны ошибки I и II рода. Однако хорошо разработанные методы теории статистических решений позволяют используя тот или иной критерий качества, оптимальным образом решать: сигнал — принятая реализация или шум. Выбор критерия качества принятия решения определяется в основном имеющейся априорной информацией.

При разработке блока обнаружения в данной задаче нами был использован критерий Неймана-Пирсона, который позволяет при заданной вероятности ложной тревоги минимизировать вероятность пропуска сигнала от дефекта.

Полезная информация с выхода блока обнаружения поступает в блок распознавания 4, алгоритм работы которого сводится к детальному анализу и классификации на заданное число классов поступающей информации. Во-первых, блок распознавания производит вычисление конкретных физических характеристик объектов (признаков), то есть того, чем один класс объектов отличается от другого. При выборе признаков следует стремиться к тому, чтобы при заданной вероятности распознавания число их было минимальным, ибо это определяет сложность устройства принятия решения. В данной задаче в качестве основного признака, по которому можно разделить дефекты на требуемое число классов (типов), был взят признак «форма контура» изображения обнаруженного дефекта, поскольку известно [3, 4], что определенным типам дефектов свойственна характерная форма. Количественно этот признак выражается через различные безразмерные отношения: «отношение сторон», «отношение периметра к среднему радиусу» и т. д. Таким образом, для каждого класса дефектов будет свой интервал значений выбранного признака. Тогда попадание вычисленного значения признака в тот или другой интервал будет определять класс обнаруженного дефекта. Во-вторых, блок распознавания производит вычисление необходимых параметров обнаруженных дефектов: линейный размер дефекта, плоскостные размеры, количество обнаруженных дефектов.

Таким образом, с выхода блока распознавания поступает информация о типе обнаруженных дефектов, их параметрах и количестве. Данная информация поступает на вход блока 7, который, используя поступающую информацию и учитывая дополнительные условия, выдает заключение о качестве, определяющего степень использования изделия в дальнейшем (изделие или бракуется или признается годным к использованию в определенных условиях).

Кроме того, подобный автомат можно дополнить устройством отображения информации типа электронно-лучевой трубки 5, на экране которой будут высвечиваться очищенные от помех изображения обнаруженных дефектов и их необходимые параметры. Тогда в тех случаях, когда автомат будет сомневаться в принятии решения, это может делать оператор 6, просматривая экран ЭЛТ. Кроме того, оператор, используя ЭЛТ, может контролировать правильность работы бло-

ков 4 и 7 и вносить соответствующие коррективы в алгоритмы их работы, если в этом будет необходимость, то есть будет обучать систему с целью исключения ошибочных решений.

В заключение отметим, что разработка и создание устройств для автоматического анализа и распознавания радиографических снимков позволит или полностью исключить оператора из процесса расшифровки снимков, или же свести его функции к контролю за правильностью работы системы, что значительно облегчит его труд, повысит надежность и производительность радиографического метода контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Computer reads weld X-rays, by Nicholas Srabo and Walter Eppler, Lockheed Missile Space CO, USA, Metalworking Production, October 13, 1965.

2. В. П. Абрамов, В. И. Горбунов, Г. В. Надоховский. Некоторые результаты исследования устройства считывания информации с радиографических снимков. Настоящий сборник.

3. С. Т. Назаров. Методы контроля качества сварных соединений. «Машиностроение», М., 1964.

4. Неразрушающие испытания. Справочник под редакцией Р. Мак-Мастера, «Энергия», М.—Л., 1965.
