

ББК 3 95-5-045-018.22 + Ж. 6732.8
УДК.621.791.534.6

В.П.Бабак, С.Ф.Филоненко

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ЛОКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ДЕФЕКТОВ

Рассмотрены вопросы построения систем локации источников развивающихся дефектов.

В настоящее время методы неразрушающего контроля (НК) играют важную роль в обеспечении высокой надежности изделий. Разработка изделий базируется на определенных принципах, предусматривающих проведение оценок срока службы, интервалов технического осмотра, профилактических и ремонтных работ, которые осуществляются с привлечением методов механики разрушения. При проведении расчетов необходимо знать рабочие условия эксплуатации, дефекты структуры, присущие материалу, и их размер. Для обнаружения дефектов используются разнообразные методы НК [1; 2; 3]. Если же рассматриваются изделия больших габаритов (нефтехимических производств, аэрокосмического комплекса и другие), то возникают проблемы, связанные как с прогнозированием работоспособности изделий, так и со значительными техническими, финансовыми и временными затратами. При этом важное значение имеет локализация дефектов структуры – определение их местоположения. Решение задачи осуществляется с использованием метода акустической эмиссии (АЭ). Построение систем регистрации и обработки АЭ базируется на определенных концепциях измерения и обработки сигналов и импульсных потоков АЭ (см. работу [4]).

В локации источников развивающихся дефектов наибольшее распространение нашли временные методы, в которых используют зависимость времени прихода сигнала на разнесенные в пространстве датчики от расстояния до источника. Поскольку для большинства конструкций толщина используемых материалов значительно меньше их других линейных размеров, то задачу локации ставят как двумерную. При этом используют триангуляционные методы или методы гиперболического пересечения. Первые являются более простыми и связаны с построением систем треугольников, образуемых линиями баз и линиями, соединяющими источник излучения с преобразователями. Алгоритмы вычисления координат источников и построение систем линейной и пространственной локации на базе технологии «PCLabCard» рассмотрены в работе [5]. Системы построены с определенным структурированием как измерительных каналов, так и самой измеряемой информации. Предварительная обработка зарегистрированных сигналов и формирование структуры информации для дальнейшего измерения и передачи в ПВМ осуществляется с использованием промежуточного блока – формирователя. Анализ информации и вычисление координат источников излучения выполняется с использованием прикладного программного обеспечения, которое также позволяет проводить построение карт распределения источников на пло-

ской развертке объекта контроля в дву- или трехмерном изображении. В основе работы программного обеспечения лежат определенные принятые соглашения с привязкой к базовым параметрам объекта контроля и базовым координатам расположения на нем приемных преобразователей (антенны). При обработке информации производится ее программная фильтрация по предварительно устанавливаемым параметрам, значения которых выбираются в процессе проведения тестирования системы. Расчет параметров фильтрации осуществляется при формировании тестовой посылки в материал с использованием задающего генератора и датчика возбуждения, располагаемого на объекте контроля. Для линейной локации, когда один из размеров объекта значительно превосходит другой, датчики АЭ располагаются на линии, расчеты по определению координат источника относительно просты, при условии проведения предварительной фильтрации информации, регистрируемой на базовом расстоянии между датчиками [5]. Если рассматривать пространственную локацию, то следует отметить, что к фильтрации регистрируемых сигналов предъявляются более жесткие требования, а вычислительные алгоритмы значительно усложняются. При этом учитываются не только базовые размеры антенны, но и ее ориентация в пространстве – направление осей (рис.1).

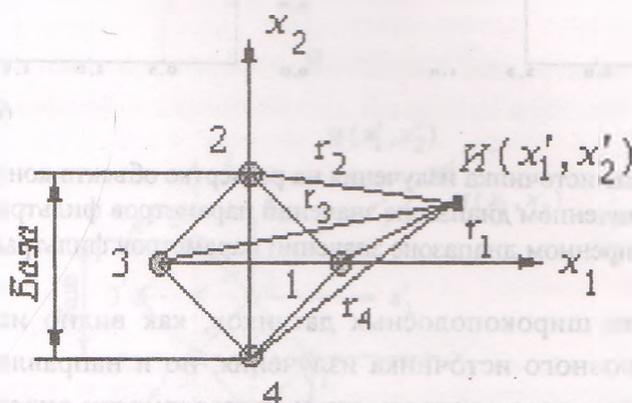


Рис.1. Ориентация антенны при проведении пространственной локации источника излучения:

$И(x'_1, x'_2)$ – источник излучения с координатами x'_1, x'_2 ;

x_1, x_2 – направления координатных осей;

база – базовый размер антенны

Тестирование системы при введении жестких параметров фильтрации (по значениям временных задержек и диапазона скорости звука) позволяет однозначно фиксировать источник излучения, расположенный на объекте контроля (рис.2, а). Результаты обработки тестовых измерений для антенны с базой 0,22 м и расположением датчика возбуждения на расстоянии $X_1=1,0$ м, $X_2=0,75$ м показали, что погрешность измерения не превышает 0,08 % [5]. Однако при расширении диапазона значений параметров фильтрации регистрируемой информации на развертке объекта контроля помимо основного источника излучения фиксируются дополнительные источники. Они всегда располагаются ближе к антенне на прямой линии, соединяющей антенну и основной источник излучения (рис.2, б).

Исследования, проведенные с варьированием значений параметров фильтрации, показали, что наибольшее влияние оказывает расширение диапазона скоростей. Причем, чем шире данный диапазон, тем большее число дополнительно регистрируемых источников, которые располагаются на прямой линии, на кратных расстояниях между источником излучения и антенной. Все рассмотренное выше наблюдается в случае использования широкополосных датчиков. Если в антенне установлены узкополосные (резонансные) датчики, то подобного процесса не наблюдается. Однако, поскольку скорость звука неизвестна, достаточно трудно подобрать полосу пропускания и настроить систему.

Кроме того, для различных материалов необходим индивидуальный подбор датчиков, устанавливаемых в антенне.

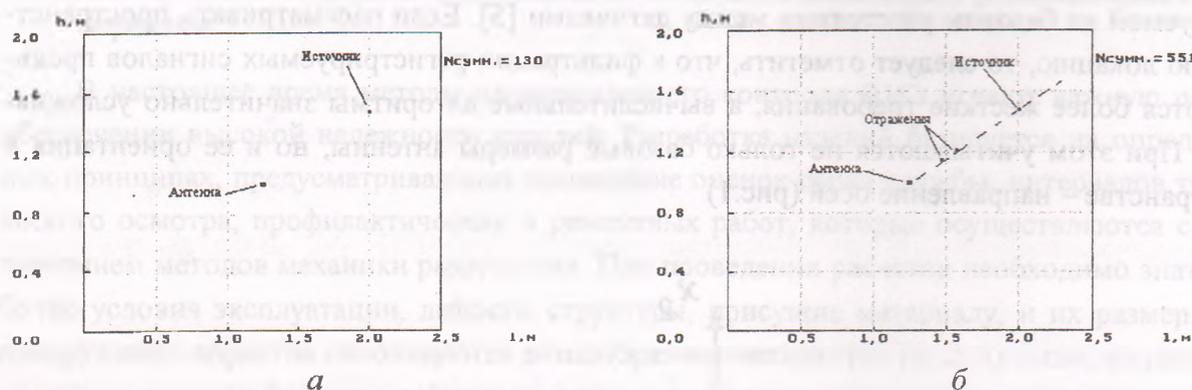


Рис.2. Отображение источника излучения на развертке объекта контроля:
 а – при ограниченном диапазоне значений параметров фильтрации;
 б – при расширенном диапазоне значений параметров фильтрации

При использовании широкополосных датчиков, как видно из рис.2, б, возможна фиксация не только основного источника излучения, но и направления на источник. Отсюда следует, что для повышения надежности и достоверности определения координат источника необходимо использовать две антенны (A и A'), располагаемые на некотором расстоянии друг от друга (рис.3, а). Параметры фильтрации для обеих антенн одинаковы, в то время как каждая из них работает независимо с определением координат относительно своей базы и ориентации: для антенны A – $I(x_1, x_2)$; для антенны A' – $I(x'_1, x'_2)$. При наличии кратных источников дополнительно фиксируются направления на источник, пересечение условных линий которых дает истинное расположение источника излучения.

Наличие двух антенн повышает достоверность определения координат источника излучения, однако приводит к увеличению числа каналов, габаритов электронной аппаратуры и усложняет алгоритмы работы программных средств, что влияет прежде всего на скорость обработки информации. Задача значительно упрощается при использовании составной антенны, которая включает шесть датчиков с жесткой конфигурацией их расположения и жестким базовым размером (база) (рис.3, б). Основная антенна A состоит из датчиков 1, 2, 3 и 4, а дополнительная антенна A' – из датчиков 1', 2', 3', 4'. Причем датчики 2 и 3 антенны A входят в антенну A' со своей нумерацией, соответственно 1' и 4'. Ориентация составных частей составной антенны, расположенной на объекте, всегда имеет одинаковое направление.

Ввиду небольшого «базового» размера антенны временные задержки прихода сигналов на датчики соизмеримы и это не приводит к резкому снижению скорости обработки каналов принимаемой информации.

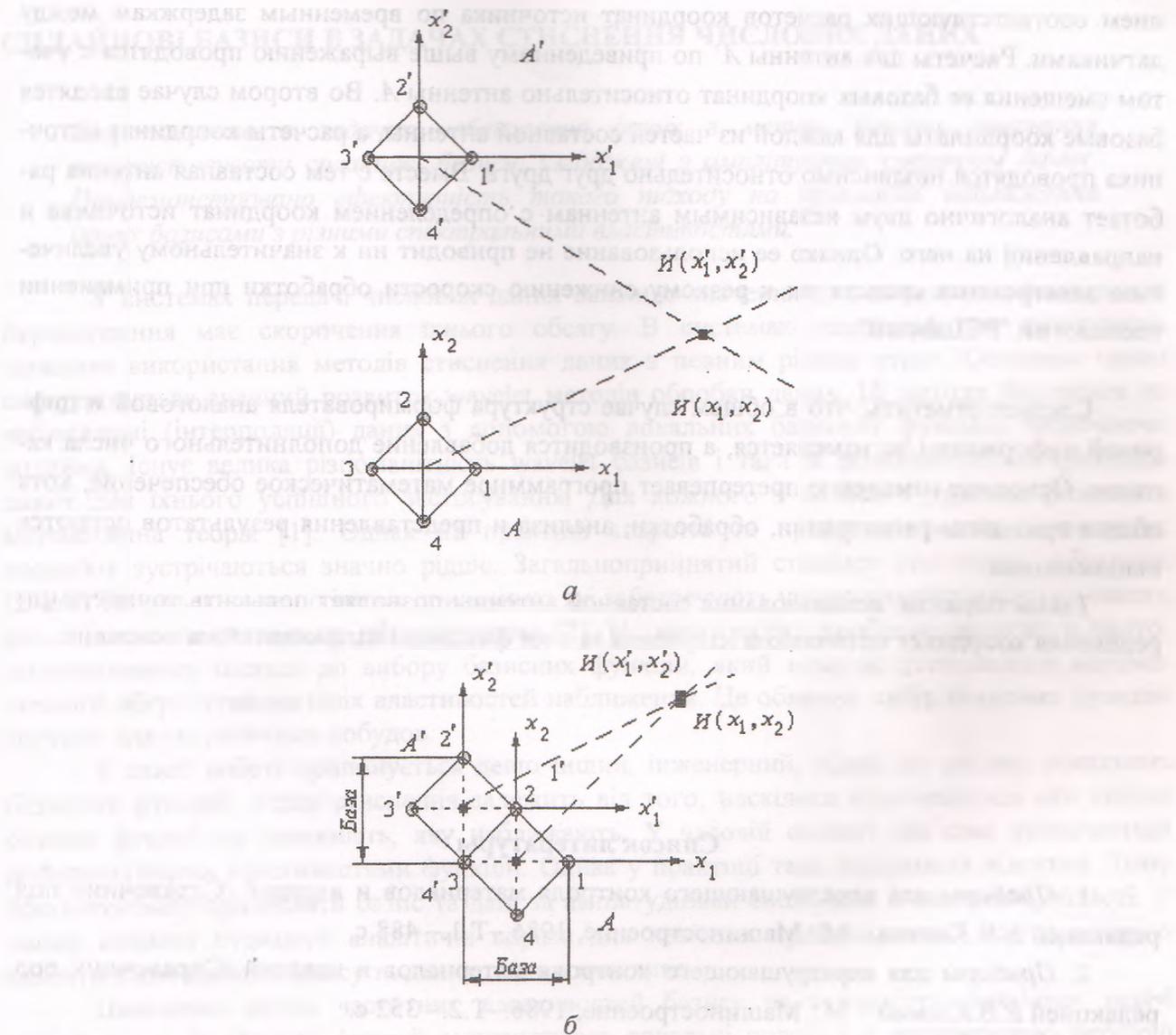


Рис.3. Локация источника излучения :

- а – использование двух независимых антенн;
б – использование составной антенны

В общем случае расчетные соотношения для определения координат источника излучения сохраняются неизменными (см. работу [5]):

$$x_1 = \frac{c^2}{4B} \tau_{31} \frac{\tau_{21}\tau_{23} + \tau_{41}\tau_{43}}{\tau_{32} - \tau_{41}} ;$$

$$x_2 = \frac{c^2}{4B} \tau_{42} \frac{\tau_{31}(\tau_{23} + \tau_{41}) - 2\tau_{21}\tau_{41}}{\tau_{34} - \tau_{21}} ,$$

где $\tau_{21}, \tau_{23}, \tau_{41}, \tau_{43}$ – временные задержки между датчиками антенны в соответствии с принятой нумерацией; c – скорость звука в материале; B – базовый размер антенны.

Расчеты координат источника можно проводить либо для общей базы либо независимо для каждой из частей составной антенны. В первом случае устанавливаются базовые координаты относительно антенны A , которая работает в нормальном режиме с выполнением соответствующих расчетов координат источника по временным задержкам между датчиками. Расчеты для антенны A' по приведенному выше выражению проводятся с учетом смещения ее базовых координат относительно антенны A . Во втором случае вводятся базовые координаты для каждой из частей составной антенны, а расчеты координат источника проводятся независимо относительно друг друга. Вместе с тем составная антенна работает аналогично двум независимым антеннам с определением координат источника и направлений на него. Однако ее использование не приводит ни к значительному увеличению электронных средств ни к резкому снижению скорости обработки при применении технологии "PCLabcard".

Следует отметить, что в общем случае структура формирователя аналоговой и цифровой информации не изменяется, а производится добавление дополнительного числа каналов. Основное изменение претерпевает программное математическое обеспечение, хотя общие принципы регистрации, обработки, анализа и представления результатов остаются неизменными.

Таким образом, использование составной антенны позволяет повысить точность определения координат источников излучения за счет фиксации направлений на источник.

Список литературы

1. *Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий* /Справочник под редакцией В.В.Клюева.– М.: Машиностроение, 1986.–Т.1.– 488 с.
2. *Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий* /Справочник под редакцией В.В.Клюева.– М.: Машиностроение, 1986.–Т.2.– 352 с.
3. *Бабак В.П.* Обробка сигналів при формуванні зображень об'єктів.– К.:Либідь, 1994.–192 с.
4. *Филоненко С.Ф.* Структурирование в системах регистрации и обработки сигналов акустической эмиссии // Сборник научных трудов Государственного аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Открытые информационные и компьютерные интегральные технологии.–1998.–№ 2 .– С. 145–152.
5. *Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Галайчук Г.Л.* Локация источников развивающихся дефектов с использованием метода акустической эмиссии // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 2.– С.15–20.

Стаття надійшла до редакції 27 жовтня 1999 року.