

Особенности локации в акустической эмиссии

14

Метод АЭ широко применяется при НК сосудов давления. Цилиндрические сосуды давления имеют сложную форму и состоят, как правило, из двух днищ (крышек) и обечайки. Следовательно, для получения правильных (достоверных) результатов локации источников АЭ необходимо использовать совмещение различных типов локации. Правильная локация позволяет точнее обнаружить область источника АЭ (дефект) и при необходимости провести дополнительное исследование традиционными методами НК.

Цель работы – проверить точность локации сигналов АЭ, имитированных с помощью источника Су-Нильсена, при совместной локации: на днищах использовать сферическую локацию, а на обечайке – цилиндрическую.

Измерения проводились на баллоне БП-50 (рис. 1), объемом 50 л (ГОСТ 15860-84) с использованием

of amore



Бабухин Сергей
Александрович

Инженер-дефектоскопист лаборатории НК ОАО «Машиностроительный завод», г. Электросталь. II уровень по АЭ и УЗК.

16-тиканальной АЭ-системы AMSY-5 (производство Vallen-Systeme GmbH, Германия) со следующими характеристиками:

- коэффициент предварительного усиления, дБ (мкВ) - 34 (50);
 - коэффициент основного усиления, дБ (мкВ) - 40 (100);
 - уровень собственных шумов (на входе предусилителя), дБ (мкВ) - 23 (14);
 - рабочая полоса частот, кГц - 100 - 500;
 - преобразователи АЭ (ПАЭ) - 11 шт., резонансные пьезоэлектрические, типа VS 150-RIC;
 - контактная среда - литол-24;
 - кабели BNC-BNC - 11 шт. длиной 50 м;
 - магнитные держатели MAG4R - 11 шт.;
 - ПО Acquisition32 - для сбора данных;
 - ПО Visual AE, версия R2006.0830 - для обработки данных;
 - источник Су-Нильсена - графитовый стержень толщиной 0,5 мм, твердость по Моссу - 2.

Схема расположения ПАЗ на объекте

показана на рис. 2. При сферической локации на днищах ПАЭ располагаются равноудалено от центра. Если такой возможности нет, как например, при наличии вентиля на правом днище, то

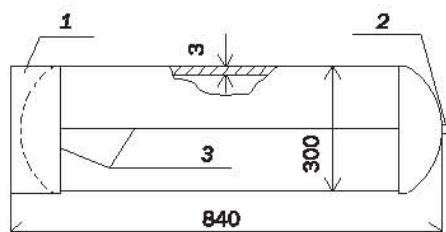


Рис. 1. Эскиз баллона БП-50: 1 - башмак; 2 - ветиль; 3 - сварные швы

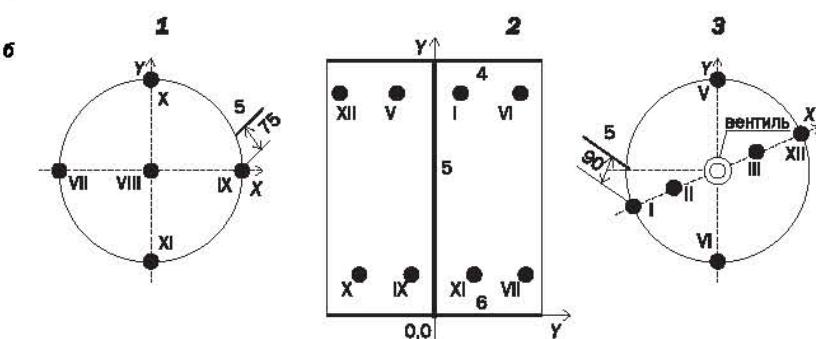
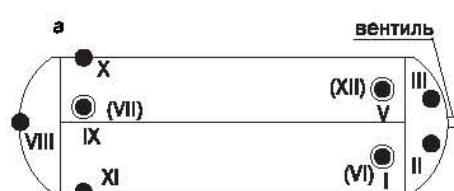


Рис. 2. Расположение ПАЗ на баллоне: а – общая схема (● – ПАЗ на передней стороне; ○ – ПАЗ на задней стороне с номером в скобках); б – развертка (1 – днище левое; 2 – обечайка; 3 – днище правое; 4 – сварной шов левого днища; 5 – продольный сварной шов обечайки; 6 – сварной шов правого днища)

вместо одного центрального ПАЭ устанавливаются два, как показано на рис. 2. Координаты ПАЭ представлены в табл. 1. На левом днище расстояние между ПАЭ VII – IX составляет 500 мм или 180°, на правом днище между ПАЭ I – XII – 580 мм или 180°.

Для сбора данных использовался программный шаблон Metallic Pressure

Автокалибровка каналов выполняется системой автоматически при выборе соответствующей команды в программе сбора данных.

С целью определения максимального расстояния между ПАЭ, что особенно актуально для протяженных объектов, измерялось затухание звуковых волн в объекте путем излома источника

расстоянии 50 – 150 мм от одного из ПАЭ (табл. 3). Для каждого элемента ОК (днища и обечайки) $v_{\text{зв}}$ рассчитывается по формуле $v_{\text{зв}} = L/\Delta T$, где L – расстояние между ПАЭ, ΔT – разность времен прихода, по программе обработки данных Visual AE.

Стандартно программа Visual AE имеет процессоры цилиндрической (Planar

Табл. 1. Координаты расположения ПАЭ на ОК

№ ПАЭ	Координаты ПАЭ	
	X, мм (долгота [0 ÷ 180], град)	Y, мм (широта [-90 ÷ 90], град)
обечайка		
I	90	550
V	-170	540
VI	330	550
VII	400	60
IX	-75	65
X	-320	50
XI	190	55
XII	-405	540
днище левое		
VII	(0)	(0)
VIII	(90)	(0)
XI	(180)	(0)
X	(90)	(90)
XI	(90)	(-90)
днище правое		
I	(0)	(0)
XII	(53)	(0)
III	(127)	(0)
IV	(94)	(90)
V	(83)	(-90)
VI	(180)	(0)

Табл. 2. Зависимость амплитуды сигнала от расстояния до ПАЭ

A _{cp} , дБ	99,9	97	89	86	83	81	80
r _{cp} , мм	0	100	200	300	400	500	550

Vessel – металлические сосуды давления. Программа задает общие параметры, характерные для этого типа объекта, в частности:

- пороговый уровень по каналам (Threshold), дБ 44,9
- время перевооружения («мертвое» время, Rerarm time), мс 3,2
- длительность дискриминации (Duration discrimination time), мкс 400

Калибровка чувствительности ПАЭ или качество прилегания (контакта) ПАЭ к объекту через слой контактной смазки проводится путем излома источника Су-Нильсена (3 раза) вблизи ПАЭ (20 – 30 мм). При этом средняя чувствительность (амплитуда сигнала, дБ) по всем каналам должна находиться в диапазоне 95 – 100 дБ с разбросом ± 3 дБ.

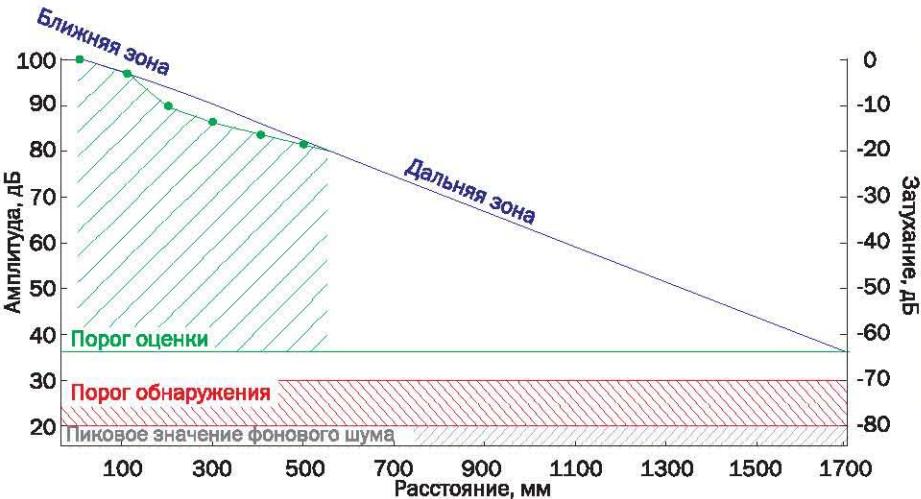


Рис. 3. График затухания звуковых волн в материале ОК

Табл. 3. Значение скорости звука в ОК (для каждого значения проводилось 3 измерения)

Пары ПАЭ	r, мм	ΔT, мс	v _{зв} , м/с	v _{зв,ср} , м/с
днище левое				
IX – VIII	250	0,051	4902	4906
VIII – X	250	0,050	5000	
обечайка				
X – XII	500	0,097	5155	5123
V – I	260	0,051	5098	
днище правое				
II – III	230	0,046	5000	5000
V – II	280	0,056	5000	

Су-Нильсена (3 раза) на разных расстояниях r от ПАЭ (для цилиндрических объектов по образующей). Полученная зависимость амплитуды сигнала A , дБ, приводится в табл. 2.

Максимальное расстояние определяется по графику затухания (рис. 3) в программе Visual AE путем ввода данных из табл. 2. Для продолжения кривой затухания используется функция линейной аппроксимации данных. Максимальное расстояние между ПАЭ 500 мм (рис. 2) меньше расчетного (1700 мм).

Точное значение скорости звука, $v_{\text{зв}}$, необходимо для правильной работы алгоритма локации. Это значение зависит от конкретного материала и определяется экспериментально в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью излома источника Су-Нильсена (3 раза) на линии, соединяющей ПАЭ, на

cylinder), сферической (Spherical) и других типов локации. Для настройки процессоров локации сначала вводятся номера ПАЭ и рассчитанные значения скорости звука для каждого элемента объекта. Согласно рис. 2 расположение ПАЭ по группам выглядит следующим образом: днище левое – VII – XI; обечайка – I, V – VII, IX – XII; днище правое – I, II, III, V, VI, XII.

Одни и те же ПАЭ могут участвовать как в сферическом, так и в цилиндрическом типе локации. Но могут возникнуть трудности в расчете локации программой Visual AE на границе раздела локационных групп, когда ПАЭ сферической группы локации **уже**, а ПАЭ цилиндрической группы **еще** не могут «правильно» обработать локационное событие. Из такой ситуации можно выйти следующим образом: задать «области пропускания» или фильтрации локационных групп, применив необходимый фильтр, используя **процессор фильтрации** (см. ниже). Например, «область пропускания» днища по оси X расширяется до (-10 ÷ 190°) вместо (0 ÷ 180°), а по оси Y – до (-100 ÷ 100°) вместо (-90 ÷ 90°). Аналогично «область пропускания» обечайки расширяется по образующей (ось Y) до (10 ÷ 590 мм) вместо (50 ÷ 550 мм).

Задается фильтрация данных по критерию LUCY (**погрешность локации**) для днищ ≥ 0 и ≤ 50 мм, а для обечайки ≥ 10 и ≤ 30 мм. Анализатор локаций АЭ-событий используется для оценки точности локационных расчетов (рис. 4).

Пересечение гипербол – результат локации. Анализатор локаций рассчитывает критерий LUCY и количество циклов.

Некоторые АЭ-события, которые регистрируются на границе раздела локационных групп сразу двумя соседними группами ПАЭ, могут одновременно приходить на 2 карты локации, тогда фильтрация осуществляется по критерию

[1]: «точность многоканальной локации должна быть не меньше величины, равной двум толщинам стенки или 5 % расстояния между ПАЭ в зависимости от того, какая величина больше» (аналогичные требования установлены стандартом ASTM [3]).

Апробация подхода на разнородных объектах при реальных АЭ-испытаниях с использованием систем AMSY-5, экс-

Табл. 5. Расчет точности локации δ

Параметр	Обечайка	Днище левое	Днище правое
Min расстояние между ПАЭ, мм	280	250	170
Max расхождение координат, мм	12	12	8
δ , %	4,3	4,8	4,7

Табл. 4. Сравнение результатов локации (для каждого значения проводилось 3 измерения)

Значения координат				Расхождение координат		
реальные		полученные		ΔX , мм	ΔY , мм	δ , %
X, мм (долгота [0 ÷ 180], град)	Y, мм (широта [-90 ÷ 90], град)	X, мм (долгота [0 ÷ 180], град)	Y, мм (широта [-90 ÷ 90], град)			
обечайка						
-220	300	-219	311	1	11	
-230	530	-228	536	2	6	
0	540	1	537	1	3	
-65	220	-65	228	0	2	
80	60	90	65	10	5	
80	480	92	479	12	1	
-390	500	-388	492	2	8	
-390	550	-378	552	12	2	
днище левое						
(90,0)	(-18,0)	(86,0)	(-16,0)	1,2	0,6	
(158,0)	(-29,0)	(156,1)	(-26,5)	0,6	0,8	
(144,0)	(41,0)	(143,0)	(44,3)	0,3	0,9	
(90,0)	(25,0)	(92,8)	(21,0)	0,8	1,2	
(50,0)	(0,0)	(53,2)	(-0,4)	1,0	0,1	
(90,0)	(68,0)	(93,2)	(72,0)	1,0	1,2	
днище правое						
(23,3)	(32,0)	(22,4)	(30,0)	0,3	0,6	
(36,0)	(0,0)	(37,0)	(0,5)	0,3	0,2	
(158,3)	(3,0)	(159,1)	(5,8)	0,2	0,8	
(139,7)	(3,0)	(142,6)	(3,0)	0,3	0	
(90,0)	(67,5)	(89,0)	(68,0)	0,3	0,2	

Примечание: δ – точность локации (отношение максимального расхождения координат к минимальному расстоянию между данными ПАЭ), % (табл. 5).

LUCY. Структура обработки данных и последовательность расположения процессоров обработки приводится на рис. 5.

Сравнение реальных координат излома источника Су-Нильсена с полученными результатами локации приведены в табл. 4. Реальные значения координат измерены рулеткой на объекте, а полученные просчитаны по локационному алгоритму программы Visual AE. В окне программы одновременно удобно представлять карты локации (днище левое – обечайка – днище правое), график зависимости амплитуды сигналов от времени (нагружения) и соответствующие им таблицы с параметрами и характеристиками АЭ-сигналов (рис. 6).

Выводы

Точность, полученная при совместной локации, не хуже 5 % (табл. 4, 5), что удовлетворяет требованиям ПБ 03-593-03

плотирующихся в различных организациях, позволит вынести окончательное суждение о технологии применения совместной локации для рассматриваемой АЭ системы.

Литература

- Ширяев А. М., Камышев А. В., Хохлов Н. Ф. Акустико-эмиссионная диагностика дефектов магистральных нефтепроводов. – Дефектоскопия. 1997. № 9. С. 53–60.
- Викторов И. А. Звуковые поверхностные волны в твердых телах. – М.: Наука, 1981. – 288 с.
- Перминов А. Н., Прохорович В. Е., Птушкин А. И. От мониторинга состояния ракетно-космической техники к мониторингу ее жизненного цикла. – В мире НК. 2004. № 4(26). С. 8–11.
- Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. ПБ 03-593-03. Сер. 03. Вып. 38. – М.: ГУП НТЦ по безопасности в промышленности Гоогортехнадзора России, 2003. – 56 с.
- Ланге Ю. В. Подготовка и оформление научно-технических статей и докладов на русском и английском языках. – Контроль. Диагностика. 2008. № 7. С. 72–76.
- Неразрушающие методы контроля. Спецификатор различных в национальных стандартах разных стран. Т. 2 / Под ред. Н. А. Пугина. – М.: Наука и техника, 1994. – 160 с.

Статья получена 12 мая 2009 г., в окончательной редакции 10 июня

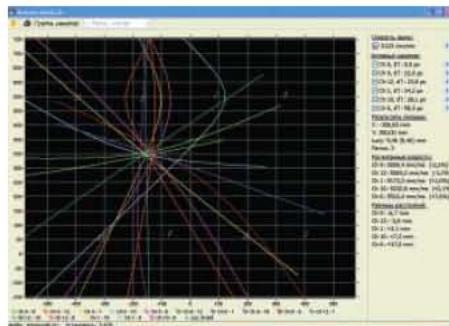


Рис. 4. Анализатор локаций

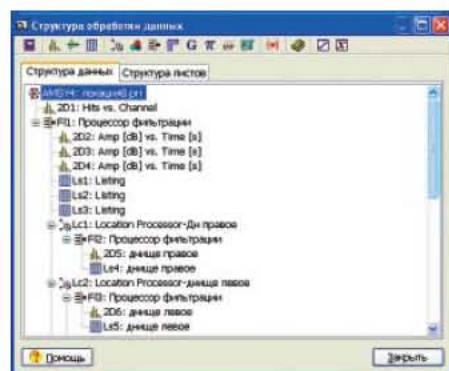


Рис. 5. Структура обработки данных

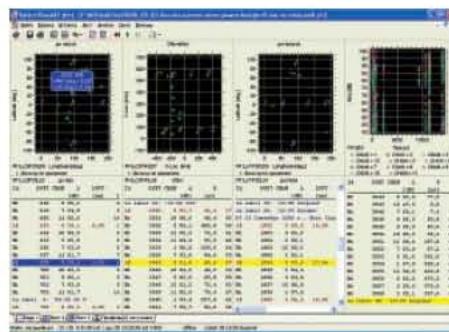


Рис. 6. Карты локации источников АЭ на днищах и обечайке