



## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ТРУБНО-ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Я. НЕДОСЕКА, М. А. ОВСИЕНКО, Л. Ф. ХАРЧЕНКО, М. А. ЯРЕМЕНКО

*Представлены результаты исследования влияния особенностей распространения сигналов акустической эмиссии в различных типах изделий, что может быть учтено при проведении акустико-эмиссионного (АЭ) контроля трубо-оболочечных конструкций в условиях производства для определения необходимого количества и мест установки акустических преобразователей.*

*The paper gives the results of studying the influence of the features AE signal propagation in different types of products, which may be taken into account during AE testing of pipe-shell structures under the production conditions to determine the required number and position of mounting the acoustic transducers.*

Для успешного решения задач, связанных с повышением надежности работы различных видов изделий, необходимо разрабатывать и внедрять в практику новые методы технической диагностики и контроля, совершенствовать уже используемые. Одним из таких методов является АЭ метод контроля. Следует отметить, что внедрение этого метода в практику контроля требует учета целого ряда особенностей контролируемых конструкций, влияния этих особенностей на изменение параметров распространяющейся волны. Рассмотрим эти вопросы более подробно.

Для изучения особенностей распространения АЭ волн были проведены обследования отдельных участков трубопроводов, сосудов и резервуаров технологического назначения на различных предприятиях химической, нефтехимической и газовой отраслей промышленности. При проведении АЭ контроля в условиях производства необходимо учитывать следующие особенности: высокий уровень производственных шумов, что затрудняет локацию АЭ сигналов; наличие изоляции, приводящее к дополнительному поглощению энергии волны; наличие переходов труб (обечаек) разного диаметра; наличие отводных трубопроводов; наличие клапанов, кранов и фланцевых соединений, что приводит к увеличению степени затухания сигнала (поглощение, рассеивание) в 5...10 раз по сравнению с участками с постоянной толщиной; влияния повышенных температур на изменение характеристик сигнала.

При изучении особенностей характеристик распространения волн для определения возможного расстояния между датчиками необходимо выде-

лить и зарегистрировать в условиях помех моду сигнала с максимальным значением амплитуды, определить коэффициент затухания сигнала в материале. Экспериментальные данные показывают, что для стальных труб затухание УЗ волн составляет как в случае пустой трубы, так и заполненной, величину порядка 0,2 дБ/м. Это позволяет разносить датчики АЭ на расстояние более 100 м. Измерение скоростей распространения сигнала при работе на газопроводах показало, что локацию следует проводить для моды, распространяющейся со скоростью 3,5 мм/мкс, а при работе на нефтепроводах — 1,5 мм/мкс. Скорость изменяется в зависимости от материала трубы, температуры и других характеристик. В случае подкладки трубопровода следует учитывать глубину залегания трубы и характеристики почвы.

Ослабление амплитуды УЗ волн, распространяющихся в среде, определяется затуханием и описывается следующим выражением:

$$A = A_0 e^{-\alpha x}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — коэффициент затухания (Нп/м).

Коэффициент затухания УЗ колебаний определяется расстоянием (длиной пути) в метрах, на котором амплитуда плоской волны уменьшается в  $e = 2,718$  раз.

Для определения коэффициента затухания применялись (рис. 1): генератор импульсов Г5-54; излучатель УЗ колебаний, разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (ИЭС); приемник УЗ колебаний (ИЭС); объект контроля; осциллограф

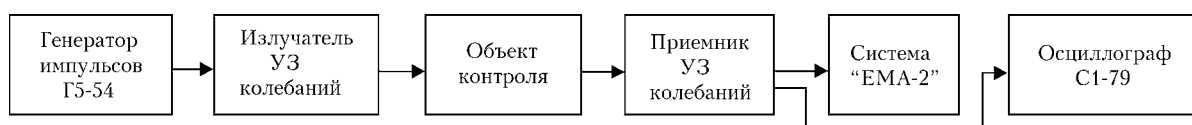


Рис. 1. Структурная схема измерения коэффициента затухания УЗ волн



Рис. 2. Участок трубопровода с установленными датчиками для определения коэффициента затухания УЗ колебаний



Рис. 4. Участок объекта контроля, подготовленный для определения коэффициента затухания УЗ колебаний

С1-79; система технической диагностики «ЕМА-2»; соединительные элементы.

На излучатель УЗ колебаний подавали сигнал с выхода генератора импульсов Г5-54. Параметры сигнала: длительность — 2 мкс; амплитуда — 10 В; частота повторения — 10 Гц.

Излучатель УЗ колебаний в процессе исследований перемещали относительно приемника. Измерения проводили через фиксированное расстояние (1... 10 м) по горизонтальному (вертикальному) сечению контролируемого объекта. На экране осциллографа наблюдали за формой сигнала и проводили измерение значений амплитуды. Излучатель УЗ колебаний устанавливали в одну точку пять раз. Данные по пяти измерениям усредняли.

Для определения коэффициента затухания УЗ колебаний на участках аммиакопровода приемник и излучатель устанавливали на верхней образующей трубы. На рис. 2 показан подготовленный участок с установленными датчиками трубопровода для определения коэффициента затухания на объекте контроля. Излучатель УЗ колебаний в процессе исследований перемещали относительно приемника по верхней образующей трубы на участках без защитного кожуха (в колодцах компенсаторов). Измерения проводили через 10 м. Полученные данные представлены на рис. 3.

Согласно формуле (1):

$$\alpha = 1,0986/40 = 0,0275 \text{ Нп/м}$$

и затухание сигнала будет

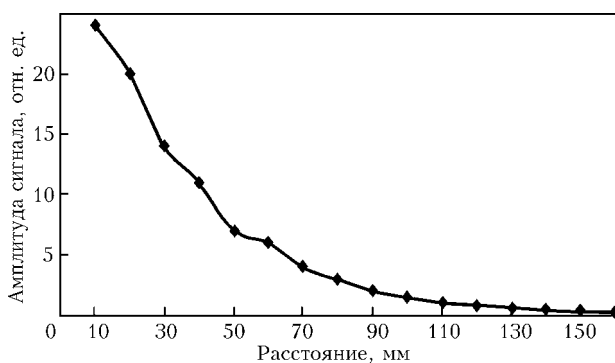


Рис. 3. Зависимость амплитуды сигнала АЭ от расстояния между приемником и излучателем УЗ сигнала

$$N_{\alpha} = 0,235 \text{ дБ/м.}$$

Аналогичные исследования проведены на трех аммиакохранилищах, представляющих собой вертикальные цилиндрические сосуды с крышкой высотой 21 м, диаметром основания 50 м.

Аммиакохранилища в момент проведения АЭ прозвучивания находились без рабочего продукта, изоляционное покрытие было снято. На рис. 4 показан участок объекта контроля, на котором проведено определение коэффициента затухания УЗ колебаний.

Данные измерений представлены в виде графических зависимостей на рис. 5.

Анализируя зависимости амплитуд сигнала АЭ от расстояния между приемником и излучателем УЗ сигнала, можно отметить, что наблюдается неравномерность распределения звуковой волны в зависимости от соотношения между фазами волн, складывающихся в той или иной точке.

Геометрическая сумма векторов прямой и обратной волны определяет амплитуду суммарной волны:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \varphi},$$

где  $A$  — амплитуда суммарного колебания;  $A_1$  — амплитуда прямой волны;  $A_2$  — амплитуда обратной волны;  $\varphi$  — разность фаз между исходными волнами в данной точке.

Наблюдается нарушение энергетического сложения волн, т. е. результирующая амплитуда может быть как больше, так и меньше суммы амплитуд каждой из составляющих волн.

Ослабление амплитуды УЗ волны происходит по экспоненциальному выражению (1).

На эту экспоненту накладывается девиация суммарной амплитуды, поэтому необходимо выделение самой экспоненты. Она проходит через ординату 7 м. Таким образом, коэффициент затухания УЗ колебаний для аммиакохранилищ:

$$\text{№ 1: } \alpha = 0,615/7 = 0,088 \text{ Нп/м } (N_{\alpha} = 0,763 \text{ дБ/м});$$

$$\text{№ 2: } \alpha = 0,693/7 = 0,099 \text{ Нп/м } (N_{\alpha} = 0,86 \text{ дБ/м});$$

$$\text{№ 3: } \alpha = 0,536/7 = 0,076 \text{ Нп/м } (N_{\alpha} = 0,665 \text{ дБ/м}).$$

При определении коэффициента затухания АЭ сигнала на поверхности сферических объектов контроля (например, шарового газгольдера, име-

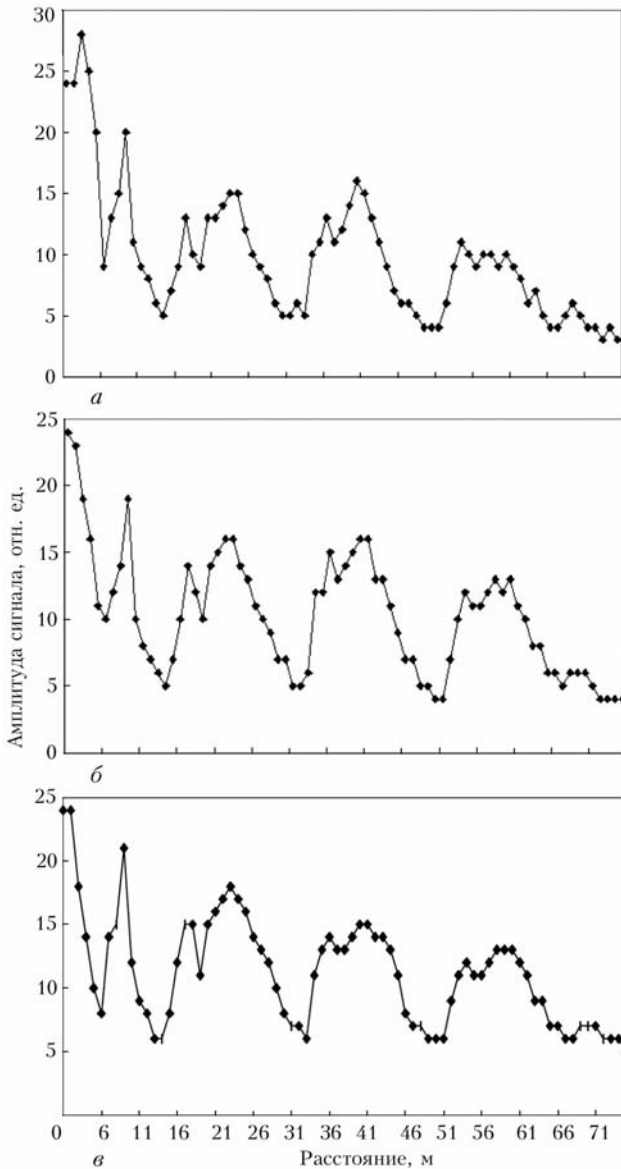


Рис. 5. Зависимости амплитуд сигнала АЭ от расстояний между приемником и излучателем УЗ сигнала на аммиакохранилищах № 1 (а), № 2 (б) и № 3 (в)

ющего диаметр 10,5 м) излучатель УЗ колебаний перемещали через 1 м по геодезической линии (большому кругу) в направлении от вершины к нижней точке сферы. Внешний вид объекта контроля представлен на рис. 6.

Представим полученные данные в графическом виде (рис. 7).

Амплитуда УЗ волны в данном случае определяется согласно выражению:

$$A = A_0 e^{-\alpha x(1 + k \sin^2(x/R))},$$

где  $x$  — расстояние по геодезической линии от источника УЗ колебаний до приемника;  $k$  — коэффициент формы изделия;  $R$  — радиус сферы.

Коэффициент затухания УЗ колебаний для шарового газгольдера:

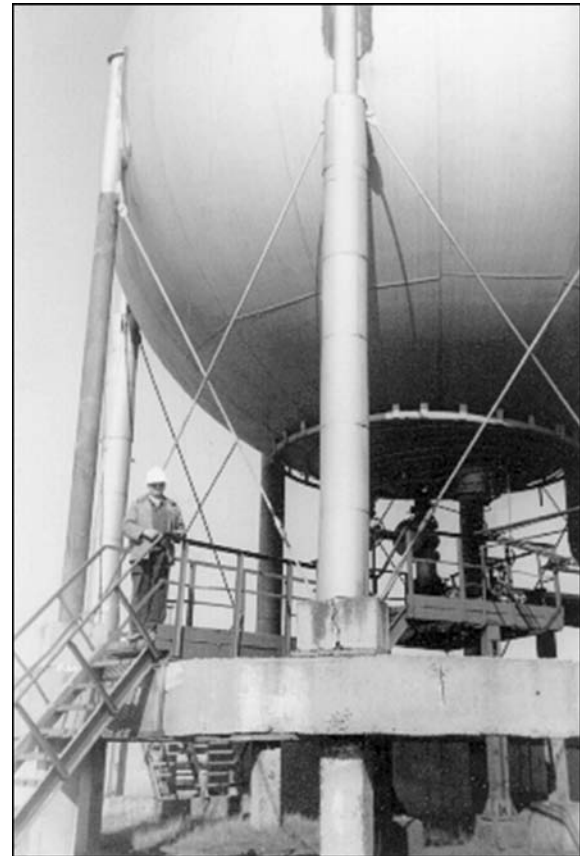


Рис. 6. Сферический объект контроля, на котором было проведено определение коэффициента затухания УЗ колебаний

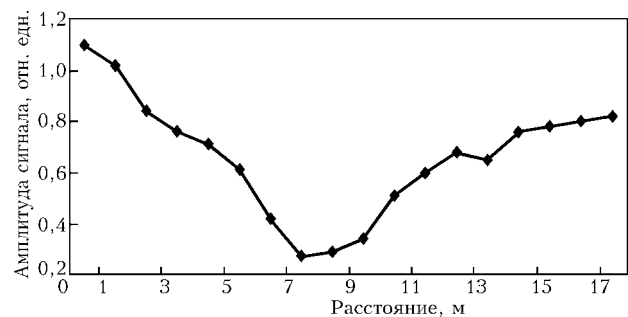


Рис. 7. Зависимость амплитуды сигнала АЭ от расстояния между приемником и излучателем УЗ сигнала (шаровой газгольдер; между 8 и 9-м измерением проходит горизонтальное сечение сферы)

$$\alpha = \frac{1,3}{10} = 0,13 \text{ Нп/м} \quad (N_\alpha = 1,13 \text{ дБ/м}).$$

Анализируя зависимости амплитуд сигнала АЭ от расстояния между приемником и излучателем УЗ сигнала, можно отметить, что наблюдается неравномерность распределения звуковой волны в зависимости от соотношения между фазами волн, в результате которой амплитуда суммарной волны уменьшается к полюсу, находящемуся на четверти расстояния геодезической линии от источника УЗ колебаний (минимум), и увеличивается к другому полюсу, находящемуся на половине длины геодезической линии.

## Выводы

Коэффициент затухания УЗ колебаний на участках аммиакопровода составляет 0,0275 Нп/м, что позволяет разносить приемные преобразователи АЭ для проведения контроля на расстояния до 100 м.

Коэффициент затухания УЗ колебаний на аммиакохранилищах — 0,076...0,099 Нп/м. Это позволило определить оптимальное расстояние между приемными преобразователями АЭ — 15 м и схему их размещения на объекте.

Коэффициент затухания УЗ колебаний на шарах газгольдера составляет 0,13 Нп/м. Исходя из этого оптимальное расстояние между акустическими преобразователями — до 10 м по геодезической линии.

При проведении АЭ контроля трубно-оболочечных конструкций больших размеров необходимо

учитывать особенности распространения АЭ волн в таких конструкциях, что позволит повысить достоверность получаемой АЭ информации, точность определения координат мест повышенной АЭ активности, обоснованно установить оптимальное количество приемных преобразователей.

1. ДСТУ 4227-2003. Наставни щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки. — Київ, Держ. комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003. — 47 с.
2. О применении метода акустической эмиссии для контроля промышленных конструкций / А. Я. Недосека, М. А. Овсиенко, Л. Ф. Харченко, М. А. Яременко // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2003. — № 3. — С. 3-6.
3. Рекомендации по применению акустико-эмиссионной диагностики технологического оборудования и трубопроводов газохимических комплексов. — М.: ИРЦ «Газпром», 1997. — 154 с.
4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справ. / Под ред. В. В. Клюева. — М.: Машиностроение, 1976. — 326 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила в редакцию 24.02.2005



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ  
" ПРОИЗВОДСТВО И ЗАЩИТА — 2005 "**  
29 НОЯБРЯ — 2 ДЕКАБРЯ 2005 г.

Украина, Киев, Международный выставочный центр, Броварской пр-т, 15

**Организаторы:**

Министерство промышленной политики Украины  
Украинская Национальная Компания  
«Укрстанкоинструмент»  
ЗАО «Международный выставочный центр»

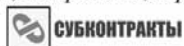
В рамках форума пройдут следующие международные специализированные выставки:



(металлообработывающие технологии, оборудование)



(контрольно-измерительные приборы, лабораторное и испытательное оборудование, метрология, сертификация)



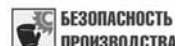
(размещение заказов по кооперации)

**При поддержке:**

Министерства обороны Украины  
Министерства топлива и энергетики Украины  
Государственного комитета Украины по вопросам технического регулирования и потребительской политики  
Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда



(промышленные технологии, оборудование)



(средства защиты, безопасность рабочей зоны)



(комиссионная техника, оборудование)

Во время форума состоится ряд конференций и научно-технических семинаров, посвященных вопросам развития научно-производственного потенциала машиностроительной отрасли, высокоэффективного маркетинга и менеджмента на промышленных предприятиях и др. Предприятия и организации смогут продемонстрировать весь спектр выпускаемой продукции по различным направлениям деятельности в рамках соответствующих тематических разделов, а посетители — получить необходимую информацию и ознакомиться с основными и сопутствующими технологиями.

Подробную информацию о Международном выставочном центре и мероприятиях, проводимых на его территории, Вы можете найти на наших сайтах: <http://www.tech-expo.com.ua>, <http://www.iec-expo.com.ua>.

Контактный тел.: (044) 201 1161  
e-mail: reklama@iec-expo.com.ua