Определение типа дефектов сплошности по параметрам акустико-эмиссионного сигнала

Галлямов Артур Альтафович /
Gallyamov Artur Altafovich
(Уфа, ФГБОУ ВО «УГНТУ»)

Аннотация: *Представлена возможность применения комплексной информации, содержащейся в акустико-эмиссионном сигнале, для использования ее в качестве признаков классификации дефектов сплошности*

Abstract: *The possibility of using the complex information contained in the acoustic emission signal to use it as signs of classification of continuity defects is presented*

Ключевые слова: акустический сигнал, вейвлетное преобразование, соотношение сигнал/шум, амплитуда, длительность частотного диапазона, трещина, расслоение, коррозионное повреждение.

Key words: acoustic signal, wavelet transform, signal-to-noise ratio, amplitude, frequency range duration, crack, delamination, corrosion damage.

ВВЕДЕНИЕ

Акустическая эмиссия представляет собой появление генерации волн механических напряжений, вызванных внезапной перестройкой в структуре упругого материала. Классическими источниками акустической эмиссии является процесс деформирования материала, связанный с ростом дефектов сплошности, например, трещины, или зоны пластической деформации. Движение источника эмиссии вызывает возникновение волн механических напряжений, которые распространяются в материале с конечной скоростью и достигают акустического преобразователя (приемника). По мере роста механических напряжений, активизируются многие из имеющихся в материале объектов источников акустической эмиссии. Электрические сигналы эмиссии, полученные в результате преобразования акустическим преобразователем волн механических напряжений, усиливаются, регистрируются измерительной аппаратурой и подвергаются дальнейшей математической обработке и интерпретации.

АКСТИКО-ЭМИССИОННЫЕ СИГНАЛЫ ОТ ТИПОВЫХ ДЕФЕКТОВ СПЛОШНОСТИ МЕТАЛЛА

Можно указать на некоторые характерные особенности сигналов акустической эмиссии (АЭ) от дефектов сплошности металла:

— акустический сигнал является двуполярным, содержащим множество осцилляций и экстремумов, симметрично расположенных относительно временной оси;

— форма и длительность акустического сигнала зависит от вида источника акустической эмиссии (трещина, расслоение или коррозия металла);

— расстояние между локальными экстремумами акустического сигнала на временной оси остается примерно постоянным.

На рис.1-3 показаны осциллограммы сигналов акустической эмиссии и спектральные плотности энергии, полученные цифровой акустико-эмиссионной системой «A-Line32D» от различных дефектов сплошности металла (трещины, расслоения, коррозионные повреждения)

в стальном трубопроводе.

На основе этих осциллограмм можно заключить, что для сигналов акустической эмиссии, полученных от различных дефектов сплошности металла, присущи характерные особенности, при этом:

— для трещин металла акустический сигнал имеет колоколообразную форму, для которого характерен примерно одинаковый передний и задний фронт (рис.1). Сигнал имеет сравнительно малую длительность и высокую амплитуду, спектральная плотность энергии которой распределена в ограниченном диапазоне частот от f1 = 50 кГц до f2 =200

а) б)

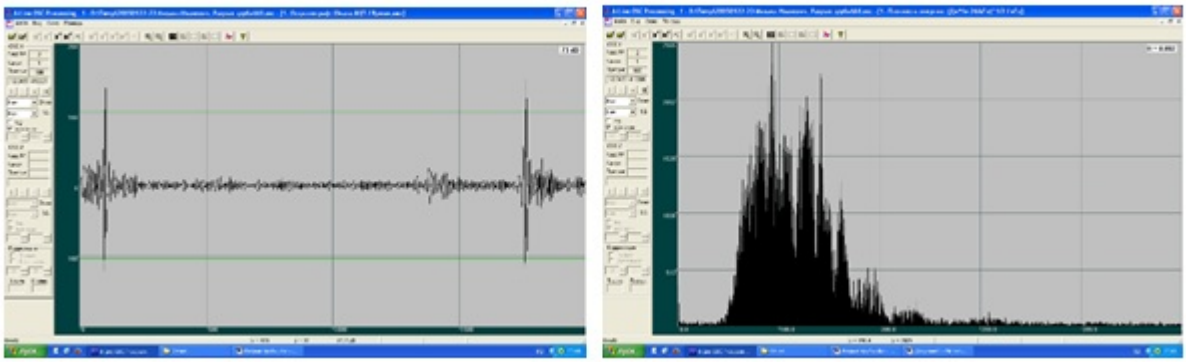

Рис.1 Осциллограмма (а) и спектральная плотность энергии (б) сигнала акустической эмиссии от трещины в металле стальной трубы (давление среды в стальной трубе Р= 8 МПа)

кГц. Максимумы спектральной плотности энергии сигнала АЭ от трещины приходится на частоты, соответствующие f_m = 90 кГц и f_m=120 кГц. Такое спектральное распределение определяется механизмом скачкообразного роста трещин в металле при нагружении стальной трубы;

— для расслоений металла акустический сигнал (рис.2) имеет также примерную колоколообразную форму с крутым передним и более плавно спадающим задним фронтом. Вследствие этого длительность акустического сигнала от расслоения металла несколько больше, чем длительность сигнала акустической эмиссии от трещины в металле. Спектральная плотность энергии акустического сигнала неравномерно распределена в широком диапазоне частот от f1= 50 кГц до f2 =400 кГц. Максимумы спектральной плотности энергии сигнала АЭ от расслоения металла приходится на частоты, соответствующие f_m = 150 кГц и f_m=200 кГц.

а) б)

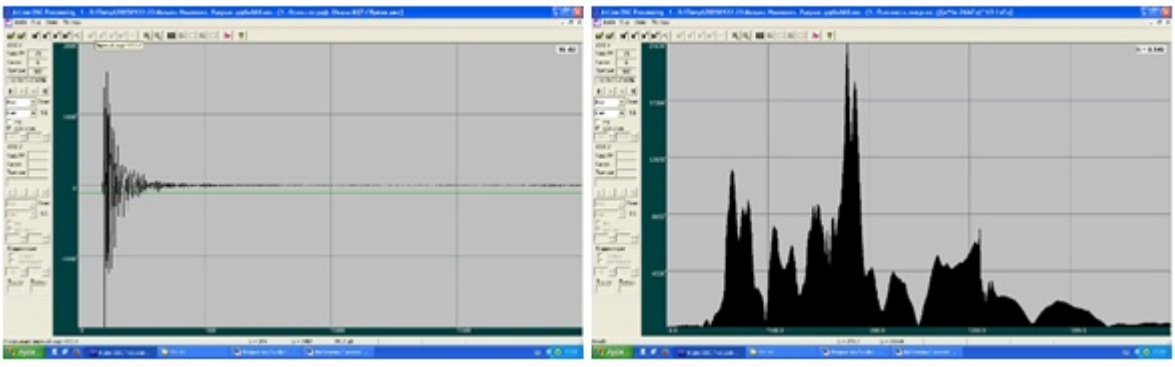

Рис.2 Осциллограмма (а) и спектральная плотность энергии (б) сигнала акустической эмиссии от расслоения металла в стальной трубе (давление среды в стальной трубе Р=9,5 МПа)

Такое спектральное распределение определяется возникновением акустико-эмиссионных сигналов за счет скачкообразного роста величины расслоения металла, а также за счет присутствия трения боковых граничных поверхностей (берегов)

расслоенного металла при нагружении стальной трубы;

— для коррозионного повреждения металла акустический сигнал (рис.3) имеет также

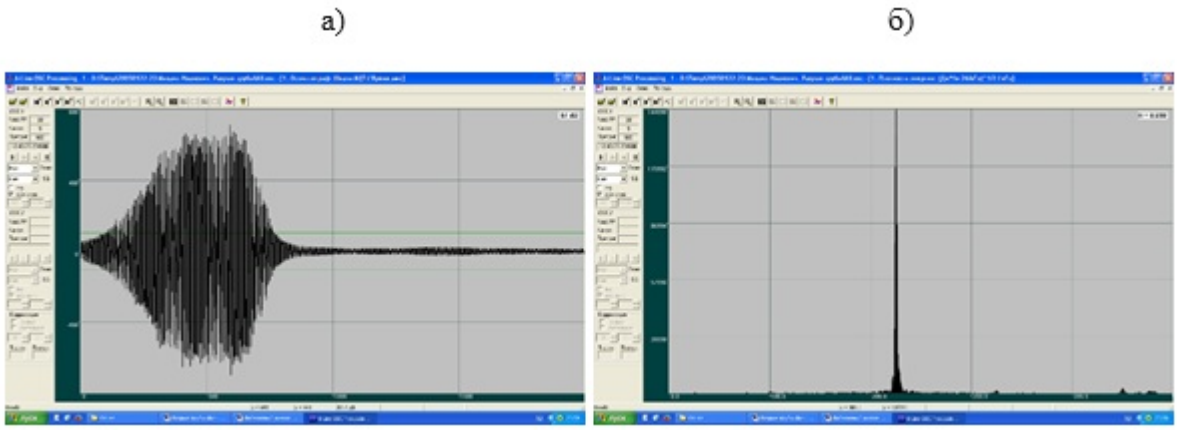

Рис.3 Осциллограмма (а) и спектральная плотность энергии (б) сигнала акустической эмиссии от коррозии металла в стальной трубе (давление среды в стальной трубе P=9,5 МПа)

форму волнового пакета, распределенного по временной оси, имеющего плавно изменяющиеся передний и задний фронт. Вследствие этого длительность сигнала становится значительно больше, чем длительность сигнала акустической эмиссии от трещины и расслоения металла. Спектральная плотность энергии сигнала от коррозии металла распределена в весьма узком диапазоне частот от f1 = 220 кГц до f2 =230 кГц. Максимум спектральной плотности энергии сигнала АЭ приходится на частоты, соответствующие fm = 220 кГц и f_m=230 кГц.

Такое распределение можно объяснить возникновением акустических сигналов за счет скачкообразного роста трещин металла весьма малых размеров — стресс-коррозионных трещин, возникающих в множественном виде на поверхности корродированного металла при нагружении стальной трубы.

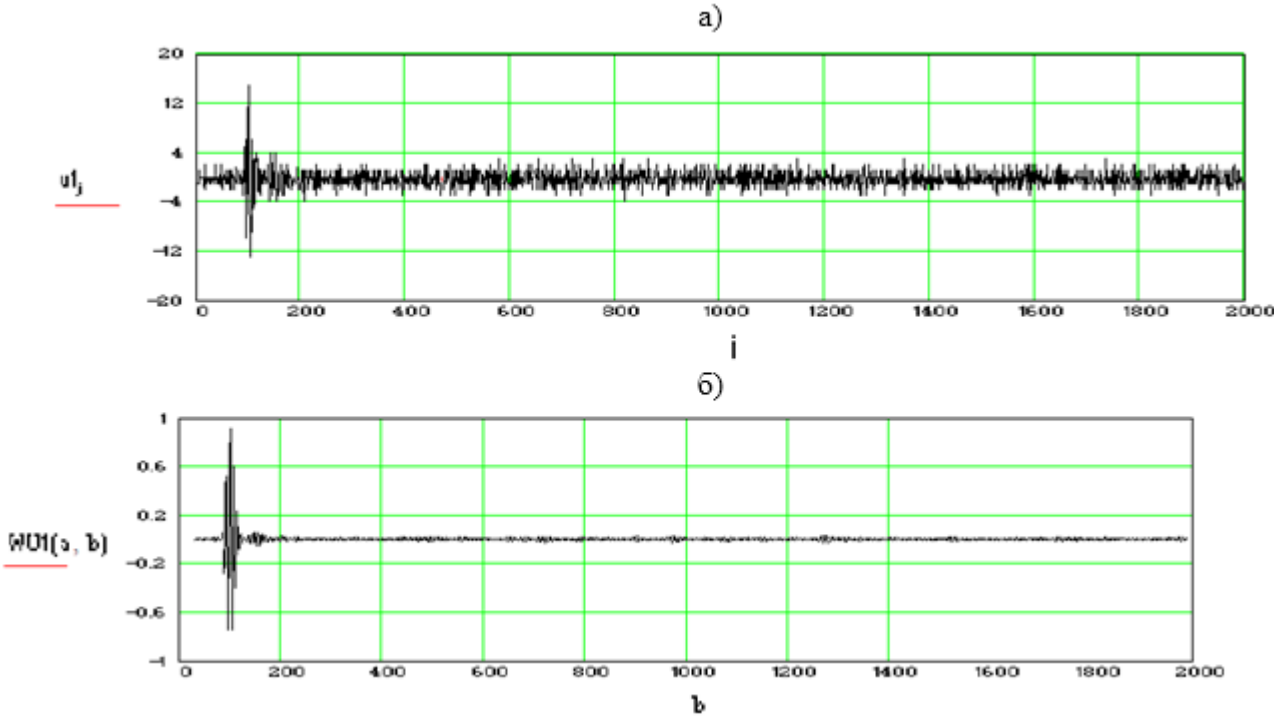

Рис.4. Сигнал акустической эмиссии от трещины в металле (а) и распределение коэффициентов вейвлетного преобразования по параметру сдвига (б)

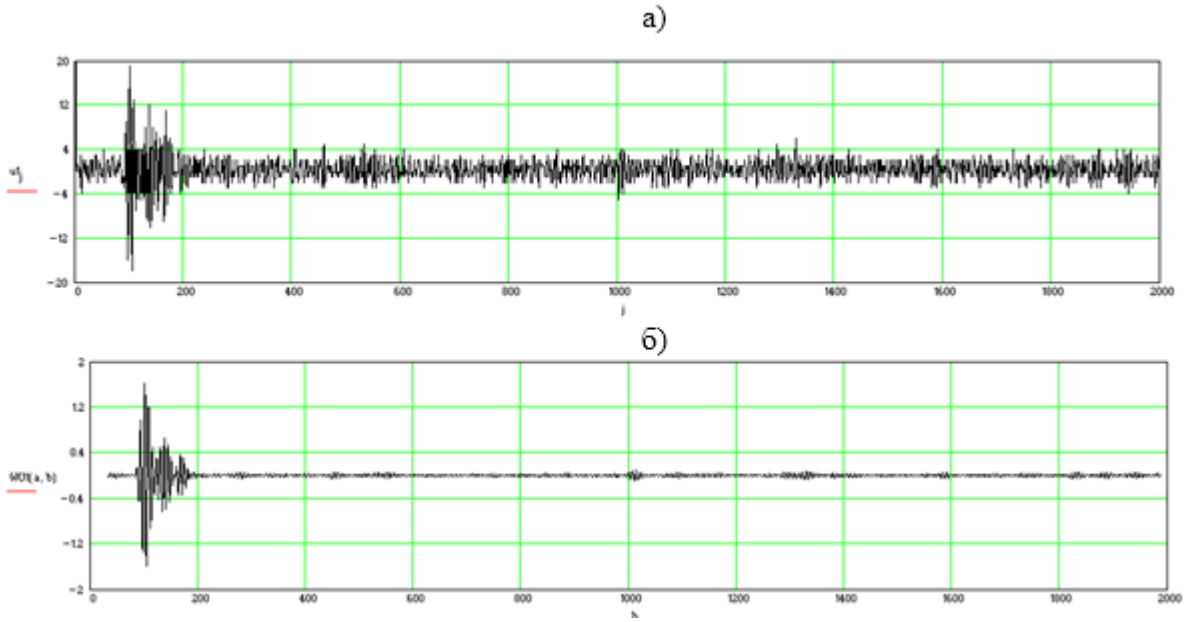

Рис.5. Сигнал акустической эмиссии от расслоения металла (а) и распределение коэффициентов вейвлетного преобразования по параметру сдвига (б)

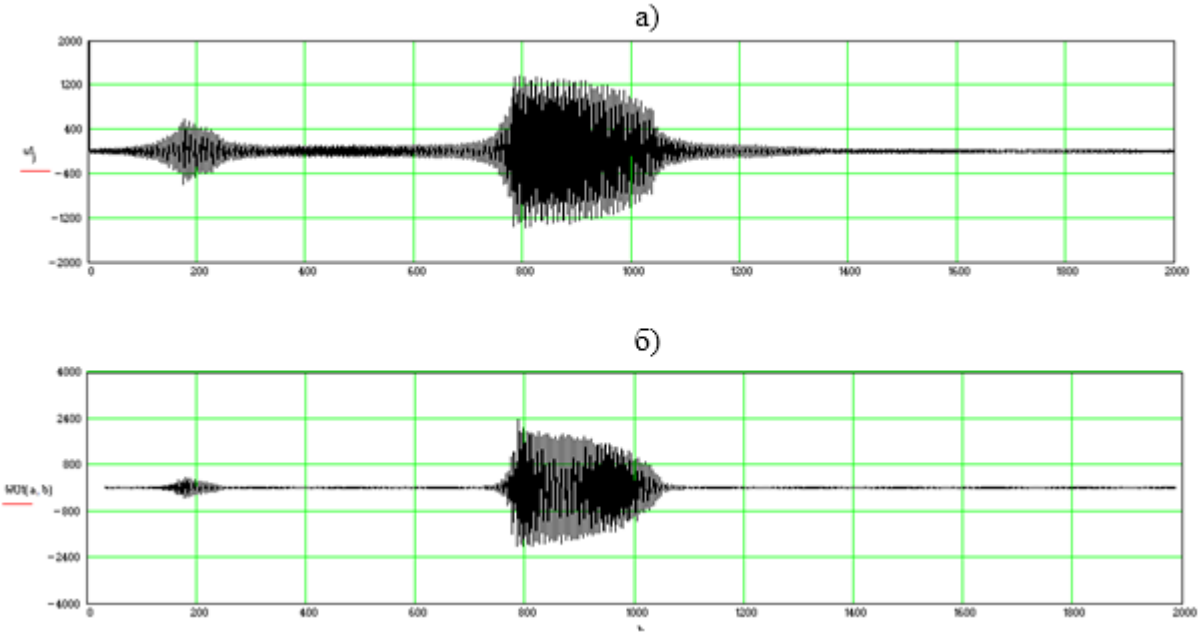

Рис.6. Сигнал акустической эмиссии от коррозионных повреждений металла (а) и распределение коэффициентов вейвлетного преобразования по параметру сдвига (б)

Указанные характерные особенности в сигналах акустической эмиссии от различных дефектов сплошности металла весьма хорошо проявляются в распределениях их коэффициентов вейвлетного преобразования по параметру сдвига (рис.4-6). В этом случае существенно снижается влияние случайных шумов и помех, присутствующих в акустическом сигнале, появляется возможность выявления большинства протекающих в металле процессов за счет более высокой детализации полученного распределения.