

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новые возможности оценки артериальной ригидности – раннего маркера развития сердечно-сосудистых заболеваний. Материалы симпозиума. – М.: Издательский дом «Русский врач», 2007. – 148 с.
2. *Дерябин Е.И., Двинанинова Е.Е., Ваганова Н.В., В.Ю. Осипов, А.П., Терещенко, Дерябина А.Г.* Применение фотоплетизмографии для исследования локального кровотока челюстно-лицевой области Лазерная медицина 3(2), 1999.
3. *Мошкевич В.С.* Фотоплетизмография. – М.: Медицина, 1970.
4. Диагностика функции сосудистого эндотелия у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями: Метод. указания Самарский государственный аэрокосмический университет; Лебедев П.А., Калакутский Л.И., Власова С.П., Горлов А.П. – Самара, 2004. – 18с.

А.В. Попов, И.В. Косенков

**АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНВАРИАНТОВ**

Оценка прочности, ресурса и надёжности конструкций ответственного назначения к настоящему времени приобретает всё большую актуальность и является одним из определяющих направлений для повышения безопасности эксплуатации объектов. Существующая оценка надёжности базируется на статистическом подходе, в основе которого лежат наблюдения за испытаниями или эксплуатацией определённой совокупности изделий с целью выявления их наработки до отказа. Однако такой метод неприменим к определению показателей надёжности единичных и уникальных изделий, кроме того, для конкретных конструкций эти оценки носят неопределённый характер.

Таким образом, особенно актуальным является направление по разработке акустико-эмиссионных методов определения прочности и ресурса конструкций, учитывающих кинетику накопления повреждений и основанных на оценке степени опасности развивающихся дефектов.

Метод акустической эмиссии основан на регистрации акустических сигналов при развитии дефектов. Но проблемным вопросом является разработка способов оценки процессов разрушения при деформировании конструкций. Известны амплитудный, интегральный, локально-динамический, интегрально-динамический способы оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле. Данные способы основаны на анализе амплитуды и интенсивности сигналов акустической эмиссии.

Недостатки данных способов оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле обусловлены влиянием на амплитуду и интенсивность сигналов акустической эмиссии механических шумов, предыстории эксплуатации, материала, размеров и формы контролируемых конструкций.

Предлагаемый способ направлен на устранение упомянутых выше недостатков известных способов. Технический результат – оперативная оценка процессов накопления повреждений и разрушения конструкций при периодическом и постоянном акустико-эмиссионном контроле.

Сущность способа заключается в следующем. Установлено, что на ранних стадиях деформирования поток сигналов акустической эмиссии от микроисточников, случайным образом распределенных по объему конструкции имеет пуассоновский характер [1]. С ростом нагрузки объединение микродефектов в трещину и ее последующее развитие нарушает распределение Пуассона.

Второй начальный момент для случайной величины τ , являющийся временным интервалом между соседними событиями пуассоновского потока [2]:

$$M[\tau^2] = M^2[\tau] + D[\tau], \quad (1)$$

где $M[\tau]$ и $D[\tau]$ – математическое ожидание и дисперсия случайной величины τ . Если поток пуассоновский, то

$$M[\tau] = \frac{1}{\lambda}, \quad D[\tau] = \frac{1}{\lambda^2}, \quad (2)$$

где λ – интенсивность потока.

При делении (1) на $M^2[\tau]$ с учетом (2) получают [3]:

$$I = \frac{M[\tau^2]}{M^2[\tau]} = 2. \quad (3)$$

Отношение (3) является инвариантом, основанным на характерных свойствах пуассоновского потока - ординарности и отсутствии последствия.

Для реализации данного способа разработано устройство, функциональная схема которого изображена на рис.1. Устройство работает следующим образом.

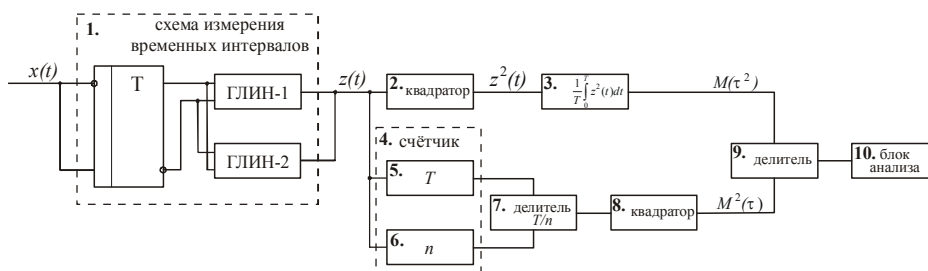


Рис. 1. Функциональная схема устройства для оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле

Сигналы акустической эмиссии $x(t)$ с датчика в виде коротких импульсов, поступают на вход схемы измерения временных интервалов 1, состоящей из RS-триггера и двух генераторов линейно-изменяющегося на-

пряжения (ГЛИН). С приходом очередного сигнала триггер меняет своё состояние на противоположное. Когда триггер находится в состоянии «1», тогда на его прямом Q выходе тоже «1», а на инверсном \bar{Q} – «0». При таком выходном сигнале с триггера потенциал «1» поступает на запускающий вход ГЛИН-1 и на останавливающий вход ГЛИН-2, ноль подаётся на останавливающий вход ГЛИН-1 и запускающий вход ГЛИН-2. Таким образом, ГЛИН-1 включается, а ГЛИН-2 – отключено. В таком состоянии ГЛИН-1 выдаёт единичный пилообразно нарастающий сигнал $z(t)$, который длится до тех пор, пока на вход триггера не перейдёт следующий сигнал. Следующий, поступающий на триггер сигнал, переводит его в логическое состояние «0», при котором «0» с прямого Q выхода триггера поступает на запускающий вход ГЛИН-1 и на останавливающий вход ГЛИН-2, а «1» с инверсного \bar{Q} выхода триггера на останавливающий вход ГЛИН-1 и запускающий вход ГЛИН-2. В этом случае ГЛИН-1 останавливается, а ГЛИН-2 запускается и выдаёт следующий пилообразный линейно нарастающий сигнал $z(t)$. Изменение сигнала $z(t)$ на выходе ГЛИН-1 и ГЛИН-2, при их совместной работе, показано на рис.2. Далее пилообразный сигнал $z(t)$ с выходов обоих ГЛИН одновременно поступает в квадратор 2 и в счётчик 4. С квадратора 2, где сигнал подвергается преобразованию, путём возведения его в квадрат, сигнал проводит осреднение в интеграторе 3 и в виде второго начального момента $M[\tau^2]$ поступает на делитель 9. В счётчике 4 в блоках 5 и 6 производится подсчёт количества импульсов за время T . В делителе 7 вычисляется математическое ожидание, которое в квадраторе 8 возводится в квадрат и поступает в делитель 9. В делителе 9 вычисляется отношение $\frac{M[\tau^2]}{M[\tau]}$ и сравнивается с числом 2 в блоке анализа 10.

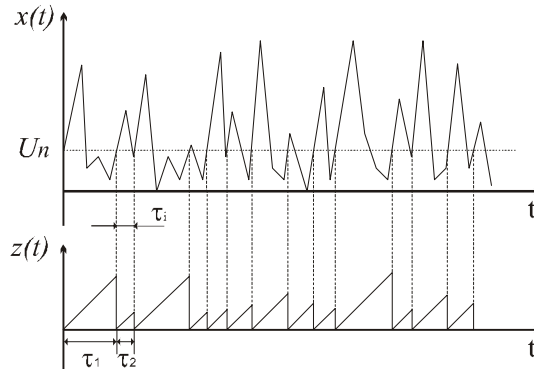


Рис. 2. Реализация актов акустической эмиссии $x(t)$ с датчика и пилообразный сигнал $z(t)$ с выхода ГЛИН-1 и ГЛИН-2

Отклонение отношения (3) от числа 2 характеризует развитие магистральных трещин.

На рис. 3 приведены результаты взаимосвязи значений деформации и инварианта I при нагружении до разрушения силовых элементов конструк-

ций из стали 20 и сплава Д16: пунктирные кривые – сталь 20 (1 – кривая деформирования, 4 – инвариант I), 30-я секунда ($\varepsilon = 0,3$) образование макротрещины; сплошные кривые – сплав Д16 (2 – кривая деформирования, 3 – инвариант I), 20-я секунда ($\varepsilon = 0,2$) – образование макротрещины.

Характерное отклонение отношения (3) от числа 2 наблюдается при образовании и развитии магистральной трещины, что затруднительно определить существующими способами оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле.

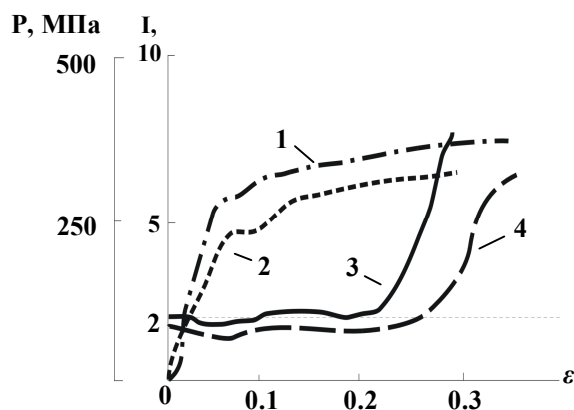


Рис. 3. Изменение инварианта при деформировании до разрушения образцов из стали 20 и сплава Д16:

1 – кривая деформирования сталь 20; 2 – кривая деформирования сплава Д16; 3 – изменение инварианта при деформировании сплава Д16; 4 – изменение инварианта при деформировании сталь 20

Справедливость использования предложенного способа для оценки процессов разрушения конструкций подтверждается экспериментальными данными и результатами металлографии.

Преимущества предложенного способа оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле обусловлены следующим: степень отклонения отношения (3) от числа 2 определяется только стадией деформирования, не зависит от предыстории нагружения, амплитуды и интенсивности сигналов, что позволяет его использовать при постоянном и периодическом контроле конструкций.

Предложенный способ оценки процессов разрушения позволяет определить кинетику накопления повреждений и предотвратить разрушение конструкций ответственного назначения из сталей, сплавов алюминия, композитов, сварных швов.

Эффективность применения разработанного метода определения прочности конструкций обусловлена возможностью прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций в процессе эксплуатации силовых элементов конструкций машиностроения – атомная энергетика, авиакосмическая отрасль, строительство и т.д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ №2233444. Способ оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле / Попов А.В. // 2003.
2. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 380 с.
3. *Расцепляев Ю.С., Попов А.В.* Метод инвариантов в задаче исследования потоков акустической эмиссии // Дефектоскопия. – 2000. – №10. – С. 79-82.

В.С. Бабков

**СПЕЦПРОЦЕССОР ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПИСАНИЯ
ОБЪЕКТОВ В СОСТАВЕ ПОДСИСТЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ
3D-МОДЕЛЕЙ В КТ**

Система реконструкции трехмерных объектов в КТ, описанная в [1], предполагает на этапе предварительной обработки формирования послойного описания объекта в пиксельном или сплайновом представлении. Так как каждый слой (срез) представляет собой растровое изображение в формате (оттенки серого, 8 бит на пиксель, разрешение 512x512 при использовании стандарта DICOM [2]), то первоочередной является задача сегментации – выделения отдельных объектов. Как было показано в [3], наибольший интерес представляет непрерывное представление границ объектов (сплайны и т.п.). Непрерывные границы результирующих участков – достоинство методов сегментации на основе участков, например *region growing*, *split & merge* и т.п. [4].

Проведенные исследования характеристик томографических срезов показали, что непосредственное применение методов сегментации дает негативные результаты из-за значительной перегруженности входных изображений мелкими деталями и размытостью границ отдельных объектов (рис. 1).

Анализ известных методов обработки изображений [5] показал, что положительные результаты дает предварительная коррекция гистограммы, которая уменьшает число разнородных участков на изображении и подчеркивает границы участков.

Для коррекции гистограммы необходимо наличие порогов – величин, к которым сводятся все оттенки входного изображения (пример изображения после коррекции на 4 порогах показан на рис. 2). Автоматический поиск порогов путем анализа гистограмм хорошо описан в литературе [6], однако при решении данной задачи на практике пришлось столкнуться с тем, что пороги, определяемые по вышеупомянутому принципу, оказывались неточными и приводили к искажению объектов на изображении.