

УДК 504.064.36

Азаренко Е.В., Гончаренко Ю.Ю., Гончаренко Д.Г.

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ И МЕХАНИЗМОВ

Предотвращение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – одна из стратегических целей государственной политики Украины [1], реализация которой достигается путем решения комплексных административно-правовых, организационно-технических и научно-прикладных задач [2], а также проведением специализированных научных изысканий [3].

Принято [4] различать по видам и степени опасности следующие категории объектов и механизмов. К опасным объектам, как правило, относят боеприпасы (снаряды, мины, авиабомбы и др.), которые находятся на морском дне в прибрежной зоне и континентальном шельфе [5], в разломах горных пород и поверхностных почвах, обнаруживаемых во время строительных работ [6], в местах захоронений [7], а также в местах складирования боезапаса [8]. К опасным механизмам относятся отдельные производственные участки предприятий ядерно-топливного цикла и атомных электростанций Украины [9]. Для АЭС это, как правило, все технические устройства, обеспечивающие работу первого контура ядерных реакторов [10], для предприятий горнодобывающей отрасли – участки, связанные с переработкой и обогащением урановых руд [11], для других областей деятельности – это сфера применения источников ионизирующего излучения, а также складирования и утилизации радиоактивных отходов [12].

Для решения всех вышеперечисленных проблем в интересах предотвращения чрезвычайных ситуаций необходим оперативный контроль состояния объектов и диагностика оборудования. Решение подобных задач осуществляется методами неразрушающего контроля.

Целью данной работы является обобщение и классификация методов и способов неразрушающего контроля состояния опасных объектов и механизмов, основанных на фундаментальной акустике. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие частные научные задачи. Во-первых, проанализировать основные принципы – методологические основы акустики, с помощью которых реализуются различные виды прикладной деятельности, в том числе и контроль состояния. Во-вторых, рассмотреть с качественной точки зрения различные методы активной и пассивной акустики, используемые для контроля состояния объектов. В-третьих, систематизировать изложенную информацию и на ее основе предложить новые методы неразрушающего контроля – контроля состояния опасных объектов и механизмов на основе фундаментальной акустики.

В акустике принято разделять сферы деятельности и используемые в этих областях методы, способы и реализуемые на их основе технические средства по частотному диапазону и принципам получения (регистрации) информации.

По частотному диапазону области деятельности делятся на инфразвуковые (до 15–20 Гц), звуковые (от 20 Гц до 20 кГц), ультразвуковые (от 20 кГц до 200 кГц) и гиперзвуковые (свыше 200 кГц). В первом случае имеет место сейсмоакустика, методы которой используются для геологоразведочных работ, контроля состояния земной коры, регистрации и определения эпицентров землетрясений и др. Звуковая акустика используется в повседневной деятельности человека: и на работе, и в быту, так что на се-

годняшний день существование человечества без нее невозможно. Ультразвук уже не слышен человеком, но применяется повсеместно для контроля состояния объектов и механизмов во множестве технологических процессов. Это одно из основных средств, с помощью которого осуществляется неразрушающий контроль. Гиперзвуковая область деятельности – это регистрация колебаний, происходящих на молекулярном уровне.

По принципам регистрации информации в акустике принято разделять пассивные и активные методы. В первом случае фиксируются колебания, которые генерирует объект или механизм во время своей работы, а во втором – осуществляется принудительное зондирование объекта акустическими сигналами, по откликам которых составляется картина о состоянии исследуемого образца.

Каждый из классов и типов работающих механизмов (например, вентиляторы типа «ветерок», насосы типа НЦВ 160/80, электровакуумные приборы типа ГУ-50 или ГУ-64 и др.) имеют свой шумовой спектр, который, безусловно, изменяется в процессе эксплуатации, но сохраняет общую картину. Необходимо также отметить, что этот спектр для каждого механизма настолько же индивидуален, как и человеческий голос, то есть по нему можно идентифицировать каждый работающий механизм. Перед выходом механизма из строя на этапе, когда еще никаких отклонений в работе нет, спектр искажается: изменяется его интенсивность, появляются дискретные составляющие, увеличивается его протяженность по частоте и пр. (рис. 1).

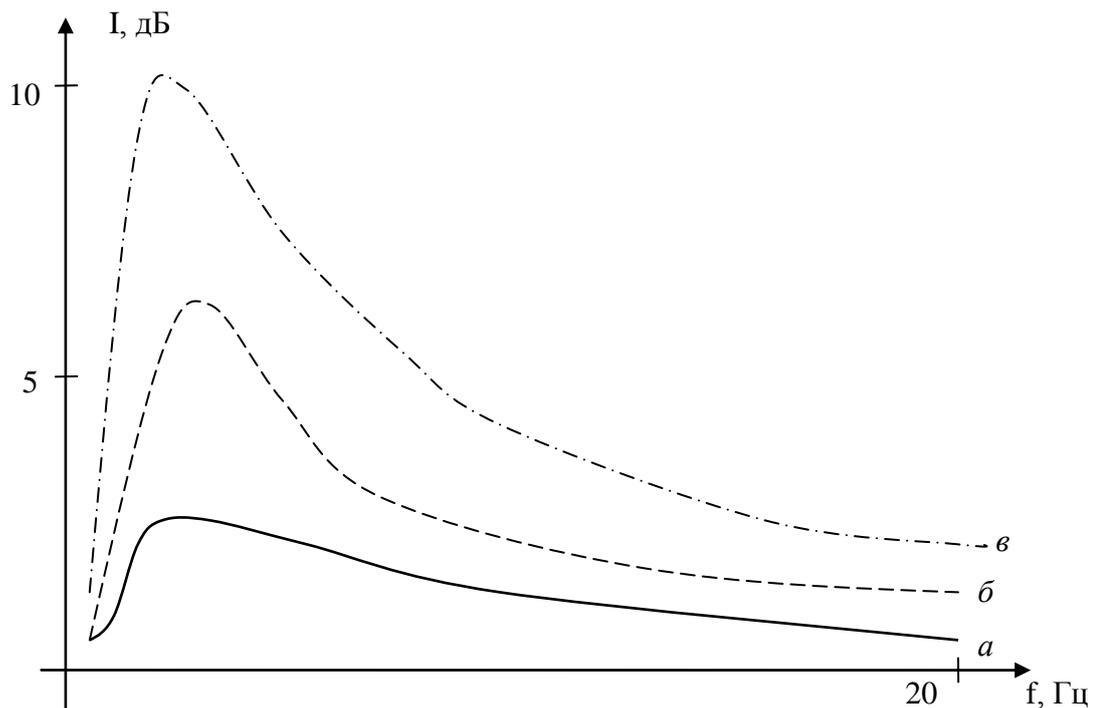


Рисунок 1 – Спектрограмма шума вентилятора «Ветерок»: а – нормальная работа; б – с искусственно поврежденным подшипником (за 80 мин. до выхода из строя); в – за 10 мин. до выхода из строя

Другими словами, проводя периодическое тестирование – снятие шумового спектра работающего механизма (агрегата) можно достоверно прогнозировать уменьшение надежности его работы. На рис. 2 приведены примеры спектров на одном из

участков лабораторного трубопровода, где a – нормальное состояние, b – появление капельной течи, c – образование свища.

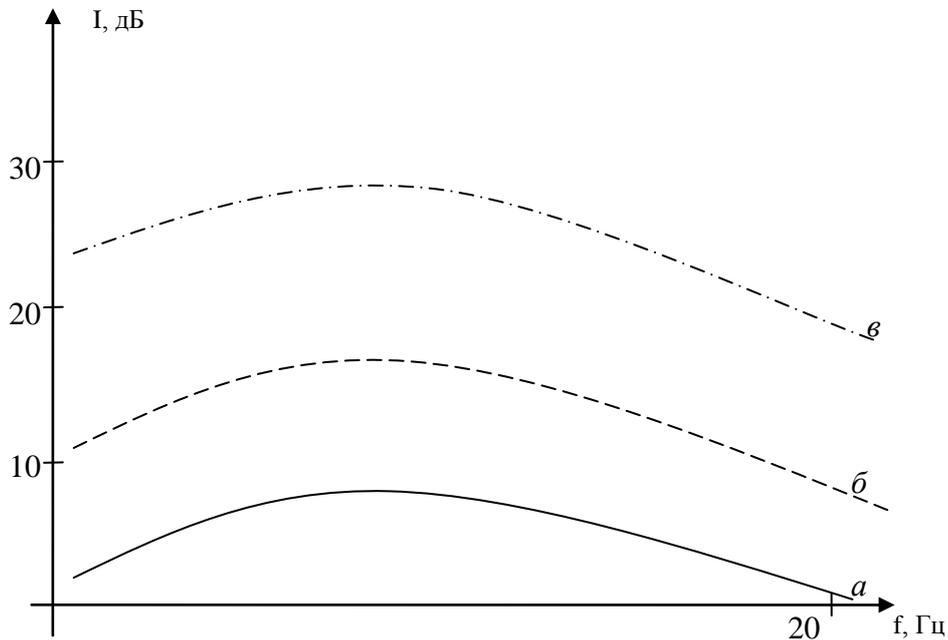


Рисунок 2 – Спектрограмма шума на лабораторном трубопроводе

Активная акустика, как было отмечено выше, основана на принудительном зондировании – излучении акустического сигнала. Это зондирование может быть непрерывным и дискретным – импульсным. Непрерывный сигнал может быть синусоидальным (на одной фиксированной частоте), с изменяющейся (плавающей) частотой или шумовым. Как правило, в приборах, реализующих метод акустической эмиссии, используется шумовой сигнал – белый шум, что позволяет по резонирующим частотам определить наличие и характер повреждений. Импульсное зондирование может осуществляться как с использованием тональных (одночастотных), шумовых (шумовое заполнение), многочастотных (пачка импульсов различной частоты), линейно частотно-модулируемых и др. По форме зондирующих сигналов импульсы могут быть прямоугольными, пилообразными, трапециевидными, колоколообразными и пр. В зависимости от используемых сигналов определяются те или иные виды повреждений сплошных конструкций.

Однако следует заметить, что методы, в которых зондирование происходит непосредственно в объект (например, трубопровод, корабельный сварной шов и т.д.) не дают достоверной оценки в случае, если исследуемый объект имеет сложную конфигурацию (артиллерийский снаряд, авиабомба, морская мина и др.). Обследование такого рода опасных объектов необходимо для решения других сложных задач, например, выбора способа их утилизации, определения условий хранения, расчета времени безопасного хранения и т.д. В этом случае необходимо использовать методы акустической голографии, для чего потенциально опасный объект помещают в переносной (раскладывающийся) гидроакустический бассейн, размеры которого могут быть $(1,0 \div 2,0) \times (0,5 \div 1,0) \times (0,5 \div 1,0)$ до гораздо больших размеров, изготавливаемых под заказ. После заполнения его любой водой, в нем размещают набор штатных датчиков, определяемых конкретным видом голографической аппаратуры, как показано на рис. 3.

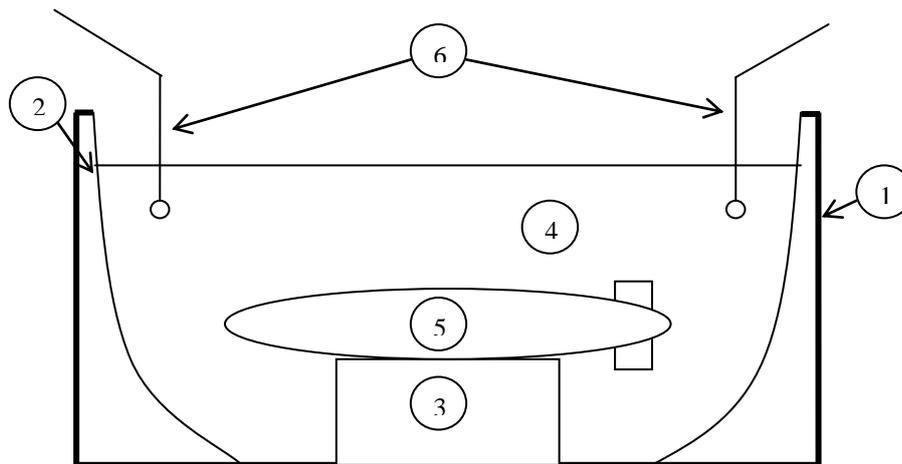


Рисунок 3 – Схема гидроакустического голографического стенда:
 1 – раскладывающийся каркас; 2 – вкладываемое звукопоглощающее покрытие; 3 – штатив;
 4 – вода; 5 – опасный объект; 6 – акустические датчики

В результате такого обследования все дефекты на поверхности и в оболочке (корпусе) опасного объекта сложной конфигурации достоверно определяются. Другими словами, при выполнении гидроакустического голографического исследования опасного объекта в относительно короткие временные интервалы определяется качественная картина состояния его корпуса.

Выводы

Для оперативного неразрушающего контроля состояния опасных объектов и механизмов на основе фундаментальной акустики предлагается использовать два метода, а именно: пассивной шумовой спектрометрии и гидроакустической голографии. В первом случае использование шумовых спектров при дискретном тестировании работающих агрегатов позволяет заблаговременно прогнозировать их возможный выход из строя. Во втором случае использование переносных (раскладных) гидроакустических бассейнов и переносной гидроакустической голографической аппаратуры позволяет достаточно быстро производить обследование опасных объектов сложной конфигурации и определять повреждения их корпусов.

Литература

1. Закон України «Про основи національної безпеки». – www.nbvw.gov.ua.
2. Азаренко Е.В., Маньковский В.А., Подтынных В.Н., Бурдейный А.А. Математическая оценка рисков различной природы // Сб. науч. тр. СИЯЭиП.– Севастополь: СИЯЭиП, 2003.– № 9.– С. 270–277.
3. Азаренко Е.В., Андреев В.А., Подтынных В.Н. Трактовка рисков в терминах теории статистических решений // Научный вестник. – Севастополь: СНИЯЭиП, 2004.– № 7.– С. 52–55.
4. Азаренко Е.В., Третьякова Л.В., Дивизинюк М.М., Андреев В.А. Современные концепции природных и техногенных катастроф на примере Крыма // Научный вестник. – Севастополь: СНИЯЭиП, 2004. – № 7. – С. 85–96.
5. Азаренко Е.В. Методология акустического мониторинга Азово-Черноморского бассейна // Сб. науч. тр. СНИЯЭиП.– Севастополь: СНИЯЭиП, 2005.– Вып. 15.– С. 195–200.

6. Азаренко Е.В., Орлова М.И. Кинематика локальных горизонтальных движений средне-верхнедевонских осадочно-вулканогенных и пермских гипабиссальных образований зоны сочленения Донбасса с Приазовским блоком украинского щита по палеомагнитным данным // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП.– Вып. 3(27).– Севастополь, СНУЯЭиП, 2008.– С. 40–48.

7. Азаренко Е.В., Ожиганова М.И., Ожиганов Ю.Г., Душко В.Р., Вакерина В.В. Перспективы защиты морских сооружений от локальных коррозионных разрушений // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП.– Вып. 4(24).– Севастополь, СНУЯЭиП, 2007.– С. 140 – 144.

8. Азаренко Е.В. Система мониторинга прибрежных морских вод // Зб. наук. пр. «Геохімія та екологія» / Інститут геохімії навколишнього середовища Київ, 2007.– Вип. 14.– С. 145–149.

9. Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Григорьева В.Н., Ляхов М.А. Обобщенные подходы к моделированию чрезвычайных ситуаций техногенного характера с радиоактивным загрязнением местности // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП.– Вып. 3(27).– Севастополь, СНУЯЭиП, 2008.– С. 207–214.

10. Азаренко Е.В., Дивизинюк М.М., Ляхов М.А., Смычков Е.Е. Неразрушающий контроль циркуляционных трубопроводов на АЭС // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП.– Вып. 2(30).– Севастополь, СНУЯЭиП, 2009.– С. 9–13.

11. Азаренко Е.В., Акимов А.Н., Бржезинский В.А., Маньковский В.А. Способ вторичного использования горных отвалов уранодобывающих шахт // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП.– Вып. 8.– Севастополь: СНУЯЭиП, 2008.– С. 5–13.

12. Акимов А.М., Азаренко Е.В., Третьякова Л.В. Радиационное зонирование территорий Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС // Збірник наукових праць СНУЯЭиП.– Севастополь: СНУЯЭиП, 2010.– Вип. 18.– С. 26–34.

УДК 504.064.36

Азаренко О.В., Гончаренко Д.Г., Гончаренко Ю.Ю.

МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ І МЕХАНІЗМІВ

Пропонуються два нові методи неруйнівного контролю стану небезпечних об'єктів і механізмів, які працюють, на основі фундаментальної акустики. Перший використовує спектральний аналіз шумів агрегатів, які працюють, другий – гідроакустичну голографію.

Azarenko O.V., Goncharenko D.G., Goncharenko Ju. Ju.

METHODS OF NON-DESTRUCTIVE CONTROL OF THE STATE DANGEROUS OBJECTS AND MECHANISMS

Two new methods of non-destructive control of the state of dangerous objects and working mechanisms are offered on the basis of fundamental acoustics. The first uses the spectrology of noises of working aggregates, second, – hydroacoustic holography.