

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн В. Удар. - М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. - 448 с.
2. Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Бойко А.В. Особенности контроля плоско-параллельных структур при разрушении массива горных пород и блочных структур // Механика и разрушение горных пород. - К.: Наукова думка. - 1993. - С. 106-110.
3. Безухов Н.И., Лунин О.В., Колкутов Н.В. Устойчивость и динамика сооружений. - М.: Высшая школа, 1987. - 264 с.
4. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. - 635 с.
5. Паламарчук Т.А. Исследование возможностей акустических методов для оценки напряженного состояния породного массива // Науковий вісник. - Дніпропетровськ: НГАУ. - 1999. - № 5. - С. 26-28.

УДК 681.518

Б.М. Усаченко, С.Н. Письменный,  
В.Н. Сергиенко

### **К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Охарактеризовано специфіку технічної діагностики гідротехнічних споруд та водогосподарських об'єктів. Сформульовано основні принципи поелементно-функціонального контролю. Виділено найбільш ефективні методи діагностики та рекомендовано відповідні технічні засоби.

### **TO A DETERMINATION OF A PROBLEMS OF A TECHNICAL DIAGNOSIS OF A FERROCONCRETE STRUCTURES OF A HYDRAULIC WORKS AND A WATERWORKS FACILITIES**

The specificity of a technical diagnosis of hydraulic works and waterworks facilities is defined. The underlying principles of an element-wise functional monitoring are formulated. The most effective methods of diagnosis are choused and the corresponding hardware are proposed.

Стабильность работы водохозяйственной отрасли, как и любой другой, оценивается, прежде всего, уровнем квалифицированного ежедневного труда специалистов отрасли по обслуживанию объектов. Долговременный успех в эксплуатации водохозяйственного комплекса Украины требует постоянной работы в части технической диагностики гидротехнических сооружений и своевременной их строительной санации. Это уже не отраслевая, а государственная задача, о чем свидетельствует Закон Украины «О защите населения и территорий от чрезвычайных воздействий техногенного и природного характера», подписанный Президентом Украины. Закон требует изменения логики и практики эксплуатации гидромелиоративных комплексов. Главный вывод из Закона таков, что вяло текущий переходной период закончился, поэтому радикальной задачей является обновление и повышение технического уровня основных средств и качества эксплуатации водохозяйственных объектов.

Задача технической и экологически безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов на передний план выдвигает поиск возможностей сокращения производственных затрат и издержек, что все-

гда важно в условиях ограниченности финансов и государственных дотаций. Очевидна необходимость конкурентоспособности услуг, их качества, что неизбежно связано с применением новейших технологий технической диагностики и ремонта [1].

Сегодня техническая диагностика гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов становится объективным фактором, который позволяет существенно повысить безопасность их эксплуатации. Разработка этого направления в научно-техническом и организационном плане оправдана, так как задача обеспечения надежной эксплуатации объектов водного хозяйства отличается сложностью, продолжительными сроками выполнения и многоцелевым характером работ. Ее решение должно свести к минимуму денежные, производственные и временные потери.

Три главные доминанты определяют комплексность технической диагностики гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов:

1) многообразие конструкций, многоуровневая и многоэлементная иерархия их построения, регламентирующие оценку объектов по технической и экологической надежности, безопасности, экономичности эксплуатации сооружений;

2) экосистемный характер эксплуатации объектов, определяющий необходимость оценки не только материала и конструкции, но и необходимость изучения характеристик гидрогеотехнической системы «гидротехнический объект – гидросреда - литосфера»;

3) весьма продолжительный срок эксплуатации гидротехнических сооружений, вызывающий физический износ и старение конструкций, накопление дефектов и повреждений, которые определяют необходимость привлечения специальных средств для оценки структурно-фазовых преобразований в системе «бетон-арматура», нарушений целостности конструкции и изменений ее параметров, вызванных взаимодействием объекта с гидросферой и литосферой.

Придерживаясь таких предпосылок, нами выполнен комплекс научных и конструкторско-технологических разработок по созданию средств диагностики состояния гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов в комплекте с соответствующим методическим обеспечением [2]. Для контроля грунтовых и бетонных конструкций рекомендуется в качестве основных применить два геофизических метода: ударно-волновой (виброакустический) и электрометрический. Для повышения достоверности предусматривается использование дополнительных методов: метод непосредственных индикаторных измерений, грунто-механические определения, метод электромагнитной эмиссии, ультразвуковой и звукометрический.

Ударно-волновой метод основан на ударном возбуждении, регистрации и анализе амплитудно-частотных и временных параметров собственных колебаний элемента конструкции [3]. Основными информативными параметрами метода являются амплитуда колебаний, частота и длительность колебательного процесса, спектральный состав колебаний. Метод позволяет обнаруживать скрытые отслоения в бетонном массиве, определить качество герметизации швов сборных конструкций, выявить снижение прочности бетона, а также вы-

полнить диагностику полостей на границе конструкции и литосферной среды. Для реализации метода разработаны специализированные средства контроля: ДВШ-2М, ДВШ-2К, ИСК-1, ДИКОН.

Электрометрический метод давно и с успехом используется в полевой и шахтной геофизике. Нами применяется один из классических его вариантов, основанный на измерении кажущегося электрического сопротивления участков грунтового массива путем профилирования по поверхности обнажений и вертикального электрического зондирования в глубину массива [4]. Метод позволяет обнаруживать границы раздела массива с различными физическими свойствами (например, естественного грунта и отсыпки) а также диагностировать участки интенсивных геофильтрационных процессов в грунтах, развитие приконтурной фильтрации, зоны уплотнения и просадки грунтов, карстообразование, оценивать состояние присклоновых и оползнеопасных участков и другое. Наряду с широким спектром серийной аппаратуры рекомендуются также для использования такие средства: ШИИС-3, ОПР.

Ультразвуковой метод применительно к бетонным конструкциям позволяет по скоростям упругих волн установить степень нарушенности среды как в приповерхностном слое так и по объему. Достигнуты определенные успехи в использовании ультразвуковой эхолокации в бетоне для выявления арматуры, что важно при выполнении ремонтных работ. Рекомендуется использование серийной аппаратуры УК-10П, УК-10ПМС, УК-14П.

Метод электромагнитной эмиссии при отсутствии помех техногенного характера позволяет локализовать зоны хрупкого разрушения в монолитных бетонных конструкциях. Известен также положительный опыт его использования для оконтуривания оползнеопасных участков грунтовой толщи. Для выполнения полевых работ рекомендуется портативная цифровая аппаратура ДЭМОН.

Звукометрический (акустоэмиссионный) метод также используется для регистрации процесса микротрещинообразования в бетоне. Иногда применяется для локализации мест утечек воды. Метод является эффективным при наличии системы стационарно установленных в бетонной толще первичных преобразователей с возможностью дистанционного прослушивания и сложной обработки первичного сигнала для выделения необходимых информативных признаков процесса разрушения на фоне акустических помех естественного и техногенного происхождения. Рекомендуется аппаратура ЗУА различных модификаций.

В основу технической диагностики положен функционально-элементный подход, согласно которому любой контролируемый объект рассматривается как структура с определенной иерархией, неделимыми элементами которой являются простые в методическом отношении субобъекты. Таким образом, методика обследования любого конкретного объекта строится в виде ограниченного числа частных методик оценки состояния колонн, плит, грунтовой толщи.

Частные методики включают общую и специальную части. В общую часть входят унифицированные приемы определения положения диагностируемого элемента в системе с более высокой иерархической ступенью, разбивка его поверхности по сетке с заданным шагом, визуальный осмотр с картированием

аномалий, фотографирование. Указанная часть является общей для всех элементов, независимо от их конкретного строения и размеров. Отличия, вызванные особенностями конкретных элементов, носят преимущественно количественный характер, например, размер шага контроля. Специальная часть учитывает, в первую очередь, физическую сущность элемента, позволяющую определить основной метод контроля и совокупность дополнительных. Необходимость применения дополнительных методов вызвана различными причинами: принципиальной неоднозначностью интерпретации данных, полученных основным методом, редким шагом для основного метода по причине его высокой трудоемкости и стоимости, недостаточно высокой достоверностью контроля при целесообразном количестве измерений в одной точке. Приоритет принадлежит методам неразрушающего контроля, представленным в таблице 1.

Таблица 1 – Используемые методы и технические средства контроля

Элемент контроля	Выявляемый дефект	Метод контроля	Информативные параметры	Технические средства
1	2	3	4	5
массивные монолитные трехмерные бетонные конструкции	скрытые расслоения, трещины	ударно-волновой	амплитуда, спектр и длительность колебаний	ИСК, ДИКОН, ДВШ-2К
	ухудшение свойств материала	ударный	длительность удара	ДВШ-2М, ДИКОН
		ультразвуковой	скорость упругих волн	УК-10П, УК-10ПМС, УК-14П
	зоны хрупкого разрушения	звукометрический	частота, амплитуда и спектр	ЗУА
бетонные и железобетонные двумерные конструкции - плиты	расслоения и трещины в плите	ударно-волновой	амплитуда, резонансная частота и длительность колебаний	ИСК, ДИКОН, ДВШ-2К
	пустоты под плитами	то же	то же	то же
	ухудшение свойств бетона	ультразвуковой	скорость упругих волн	УК-10П, УК-10ПМС, УК-14П
бетонные и железобетонные одномерные конструкции – колонны, балки	расслоения и трещины	ударно-волновой	амплитуда, резонансная частота и длительность колебаний	ИСК, ДИКОН, ДВШ-2К
	жесткость защемления	ударно-волновой	амплитуда и длительность колебаний	ИСК, ДИКОН, ДВШ-2К
	ухудшение свойств бетона	ультразвуковой	скорость упругих волн	УК-10П, УК-10ПМС,

1	2	3	4	5
				УК-14П
грунтовый массив	карстообразования	электрометрический	кажущееся электрическое сопротивление	ИКС-1, АЭ-72, ШИИС-3, ОПР
	повышенная фильтрация	то же	то же	то же
	оползневые явления	электромагнитной эмиссии	интенсивность электромагнитного излучения	ДЭМОН

Для выполнения строительной санации бетонных и железобетонных конструкций предусматривается ряд специфических технологических операций: цементация, тампонаж, торкрет (набрызг), бетонирование, глубинная и поверхностная гидрозащита [5]. В технологический процесс входит заключительный контроль за качеством выполнения указанных операций. Выявленные дефектные участки оперативно приводятся в надлежащее состояние.

Вышеуказанные средства и методика применены при диагностике и строительной санации объектов каналов «Днепр-Донбасс», «Днепр-Ингулец», Северо-Крымского и Каховского, Ингулецкой оросительной системы, гидротехнических объектов Днепропетровского, Закарпатского, Николаевского, Одесского, Сумского, Херсонского облводхозов, дирекции строительства по Херсонской области, Днепровского бассейнового управления водных ресурсов, ДнепрОГЭС-1, Криворожской и Старобешевской ТЭС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положення про проведення планово-попереджувальних ремонтів меліоративних систем і споруд. К.: Укрводексплуатація, 2000. – 68 с.
2. Усаченко Б.М., Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Сергиенко В.Н. Научные и приборные разработки для геофизической экспресс-диагностики состояния шахт, карьеров и гидротехнических сооружений. – Горный вестник Узбекистана. - № 2, 1998. – С. 84 – 86.
3. Яланский А.А. и др. Теоретические и аппаратные разработки виброволнового контроля строительных конструкций и материалов. /Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Сергиенко В.Н., Усаченко В.Б. //Тезисы докладов IV-ой международной научной конференции «Материалы для строительных конструкций». – Днепропетровск, 1996 – С. 73.
4. Крученюк В.Д. и др. Электрометрическая диагностика геофильтрационных процессов в толще земляных плотин /Крученюк В.Д., Паламарчук Т.А., Сергиенко В.Н. //Тезисы докладов семинара «Экология воды и здоровье человека» 25 – 27 июня 1996 г. в г. Ялта. – К., 1996. – С. 58.
5. Разработка новых технологий ремонта доковых частей насосных станций и гидротехнических сооружений методом тампонажа и набрызгбетонирования. – Отчет о НИР /НТЦ «Подземиндустрия»; Руководитель Б.Усаченко. – Днепропетровск, 1999. – 39 с.