

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОДОПРОВОДЯЩЕГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Розглянута фізична модель водопровідної споруди як об'єкту технічної діагностики стану з метою будівельної санації.

Экономические показатели работы гидротехнических комплексов Украины, срок эксплуатации которых исчисляется десятками лет, в значительной мере определяются надежностью входящих в их состав сооружений и инженерных сетей. Длительное воздействие на них природных и техногенных факторов существенно понижает их проектные параметры.

В связи с этим актуальна задача оценки технического состояния таких объектов с целью выбора мер по повышению их эксплуатационной надежности. Из большого многообразия конструкций гидротехнических сооружений выделяются сложные по эксплуатации водопроводящие сооружения (ВПС), которые закладываются для пропуска водотоков под магистральными каналами и в плотинах водохранилищ. Как правило, ВПС выполняются из железобетонных труб прямоугольного (от 2х2 до 5,5х5,5 м) или круглого (диаметр до 5,0 м) сечения, закладываются на глубинах 3-10 м. Обеспечивая водопропуск, ВПС должны быть защищены от проникновения в них поверхностных вод и предотвращать фильтрацию из них отводящих вод [1].

Однако, во многих ВПС имеет место разрушение бетона, коррозия арматуры, развитие в грунтах пустот, формирование под основанием сооружений водопроводящих каналов, что в совокупности снижает надежность работы объекта, ухудшает условия его функционирования в заданном режиме, и, наконец, негативно влияет на работу каналов, плотин водохранилищ, наносит экологический ущерб прилегающим территориям. Определяя ВПС как геотехническую систему [2,3], состоящую из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, сформулируем ее свойства. Для этого воспользуемся эвристической классификацией [4], в которой в качестве основных свойств систем выбраны: природа, масштабность, сложность, развитие во времени, характер и наличие связей с внешней средой, наличие информации, способ описания (моделирования). Поскольку ВПС рассматривается как геотехническая система (конструктивный объект взаимодействует с гидро- и литосферой), по природе она определяется как природно-техногенная, характеризующаяся критериями: технологического состояния объекта, состояния вмещающей его литосферы, уровня влияния системы на прилегающую территорию. Именно последнее позволяет определить масштабность ВПС и оценить ее как сложную локальную (реже суперлокальную) систему. Особо следует подчеркнуть, что ВПС характеризуется как система, имеющая существенные связи с литосферой и гидросредой. Это обстоятельство свидетельствует о динамичности системы, которая во времени харак-

теризуется такими тенденциями развития: изменением свойств материала и состояния всей конструкции ВПС в результате реологических, физико-химических и механических процессов в его материале, развитием приконтурной фильтрации и механо-суффозионных процессов, развитием фильтрационных деформаций просадочных и оползневых явлений, других опасных геологических процессов.

Очевидно, что для оценки состояния такой геотехнической системы, какой является ВПС, ограничения и предотвращения негативных последствий при ее эксплуатации необходима комплексная диагностика системы с целью повышения ее эксплуатационной надежности и экологической стабилизации прилегающих территорий.

Практика показывает, что визуальные методы обследования ВПС не позволяют достоверно оценить состояние их материала, проявление особенностей взаимодействия системы «ВМС – гидросреда – литосфера», поэтому все шире для этого применяются приборные методы, в том числе и геофизические [1]. Эта предпосылка требует определения методологии конструирования модели изучаемой системы, которая базируется на концептуальных, физических и математических представлениях о модели. Концептуальная база описания модели изложена выше, остановимся на разработке физической модели ВПС, которая дает большую степень наглядности в выборе способов и методик экспериментального изучения свойств системы и происходящих в ней процессов. Изложенное выше показывает, что в общем случае ВПС содержит четыре элемента: водная среда, гидроизолирующая конструкция сооружения, искусственная приконтурная геомасса и естественная геосреда. Таким образом, необходимо оценить систему во взаимодействии этих элементов.

При старении сооружения изменения в упомянутых элементах происходят в соответствии с перечисленной выше очередностью. На каждом этапе возрастает и масштаб нарушения. Поэтому, с целью выявления крупномасштабных аномалий, первоначальные исследования следует проводить в природной геологической среде. Для детализации аномального участка следующий этап исследований выполняют в искусственном насыпном слое, окружающем водопроводящее сооружение. Заключительный этап – это диагностика состояния материала и самой конструкции (оболочки ВПС).

Поскольку параметры искусственной и естественной геосреды сопоставимы, а характер геофильтрационных процессов аналогичен, то вопросы их диагностики следует рассматривать с единых позиций. Представление о некоторых характеристиках геоматериалов, которые используются или могут быть использованы в перспективе для оценки состояния геосреды дано в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение некоторых характеристик геоматериалов в аномальных зонах

Параметр	Тенденция изменения в аномальной зоне	Физический механизм
удельное электросопротивление	уменьшается	ионная проводимость

поляризуемость	уменьшается	электростатические явления на молекулярном уровне
диэлектрическая проницаемость	увеличивается	влияние капиллярной влаги
тангенс угла диэлектрических потерь	увеличивается	возрастание активной составляющей проводимости
потенциал естественного электрического поля на сверхнизких частотах	не достаточно изучена	электрохимические процессы
частота импульсов естественного электромагнитного излучения	увеличивается	трибоэлектризация, микроразрушение
уровень теплового излучения	появление градиентов при изменении температуры воздуха	различие в теплопроводности аномальных и обычных участков

Как видно из табл. 1, наибольшие возможности по диагностике состояния геосреды имеет группа электрометрических методов. Классическими, используемыми являются явление уменьшения электросопротивления на увлажненных участках, являются симметричное продольное профилирование (СПП) и вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ). Вследствие заметных поляризационных эффектов более приемлемым является использование переменного тока на частотах 19,5 Гц или 22,5 Гц.

Методы вызванной поляризации (ВП) и естественного поля (ЕП) вследствие неоднозначности интерпретации используются реже, обычно в качестве дополнительных. Методы, основанные на регистрации диэлектрических характеристик грунтов, эффективны при скважинных исследованиях.

Сущность активных электрометрических методов, предполагающих установку системы электродов на земной поверхности (СПП, ВЭЗ, ВП, ЕП) не позволяет значительно увеличить достигнутую производительность контроля. Возникают также технические сложности с выполнением измерений и интерпретацией результатов при значительных неровностях рельефа. Перспективными являются методы, использующие бесконтактную регистрацию исходящих от объекта излучений. Наиболее существенные результаты в этом направлении получены при установлении взаимосвязи частоты импульсов естественного электромагнитного излучения и степени устойчивости грунтовых масс, например на откосах. Уже сегодня отдельные методические приемы бесконтактной пассивной диагностики могут быть использованы в комплексе с традиционными методами контроля.

Более удаленной, но и более многообещающей перспективой является использование для крупномасштабных исследований тепловизорной съемки. Метод давно и успешно применяется в космических экспериментах, в военной области, а также в крупномасштабных геофизических и экологических исследо-

ваниях. Сдерживающим фактором является сложность и значительная стоимость аппаратуры в комплексе со средствами ее транспортирования.

К модели конструкции ВПС нужен принципиально иной подход. Главное отличие заключается в том, что ее следует рассматривать как конструкцию, а не как среду. В первом приближении это однородный изотропный слой из упругого материала, толщина которого значительно меньше любого из размеров в плане, а также радиуса кривизны поверхности. В идеальном случае слой равномерно демпфирован упруго-вязко-пластической средой. При наличии дефектов гидроизоляционной защиты возникают характерные физические явления, преимущественно укладывающиеся в рамки механики, перечень которых представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Физические эффекты, вызываемые нарушением облицовки ВПС

Характер дефекта	Сопутствующие физические эффекты
видимые и скрытые трещины в бетоне (железобетоне)	увеличение затухания упругих колебаний, изменение спектрального состава свободных колебаний
полости под гидроизоляционным покрытием	увеличение амплитуды и продолжительности свободных колебаний, понижение частоты максимума их спектральной плотности
изменение граничных условий по периметру покрытия	изменение амплитудно-частотных характеристик свободных колебаний
локальные механические перенапряжения	акустическая эмиссия, электромагнитная эмиссия

Анализ табл. 2 показывает, что имеются все предпосылки для использования в качестве основного метода контроля ВПС виброакустического. Положительное использование специализированных средств – спектроанализатора «ИСК-1», комплекта «ДВШ-2К» [7] и наличие разработанного соответствующего методического обеспечения для наиболее типичных вариантов их применения, позволяет рекомендовать их для диагностики ВПС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию и эксплуатации водопроводящих сооружений под магистральными каналами. РМТ 33.63-062-89. – Киев: НПО «УкрНИИГиМ», 1989. – 129 с.
2. Толстихин О.Н. Земля – в руках людей. – М.: Недра, 1981. – 160 с.
3. Земба В.А., Крученюк В.Д., Кудинов А.В. Геотехнические аспекты диагностики и санации заглубленных водопроводящих сооружений // Геотехническая механика. Сб. научн. тр. – Днепропетровск, 1977. – Вып. 3 – с. 119-124.
4. Буряковский Л.А., Джафаров И.С., Джеваншир Р.Д. Моделирование систем нефтегазовой геологии. – М.: Недра, 1995. – 296 с.
5. Черняк Г.Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии. – Москва: не-

дра, 1987. – 213 с.

6. Изучение оползней геофизическими методами. – Москва: Недра, 1987. – 157 с.

7. Сергиенко В.Н., Земба В.А., Крученюк В.Д. Индикатор «ДВШ-2К» для оперативной диагностики гидротехнических сооружений // Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве. Материалы конференции. ч. I. – Киев, 1996. – с. 93-94.

УДК 622.02.543

В.А. Гончаренко

ОСНОВЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ДОНБАССЕ

Запропоновано ефективний метод оцінки газонасності вугільних пластів на основі використання геолого-геофізичних даних з геологорозвідувальних свердловин.

Проблема прогноза газонасності на шахтах Донецького басейна являється весьма актуальною в зв'язі з пошуком додаткових джерел енергії і забезпеченні безпеки гірняків на глибоких горизонтах.

Исследования возможностей геофизических методов каротажа скважин для определения газонасности углевмещающих пород Донбасса показали, что наиболее перспективным направлением этих исследований является установление многомерных связей опорных значений газонасности угольных пластов и вмещающих пород [1] с их геофизическими параметрами.

Результаты исследований, полученные в ИГТМ НАН Украины по оценке показателей выбросоопасности угольных пластов и вмещающих пород по геофизическим данным геологоразведочных скважин [2], позволили обосновать существование связей, позволяющих вести надежный расчет газонасности по геофизическим параметрам. На этой основе разработаны положения метода определения газонасности по данным каротажа, предусматривающего расчет многомерных уравнений регрессии вида

$$G = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + b_1 (x_1)^2 + \dots + b_n (x_n)^2, \quad (1)$$

где G – определяемое значение газонасности; x_1, x_2, \dots, x_n – геофизические параметры; $a_0, a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n$ – коэффициенты уравнения.

В качестве исходных данных использовали значения природной газонасности угольного пласта и геофизическую информацию в виде параметров стандартного детализационного (М 1:20) и поискового (М 1:200) каротажа. В этот комплекс вошли: метод кажущихся сопротивлений (КС-ГЗ) – параметр ρ_k ; методы бокового каротажа (БК), гамма-каротажа (ГК) и гамма-гамма-каротажа (ГГК-П), реализуемые аппаратурой БКР-3 – параметры $\rho_k, \sigma_k, I_\gamma$ и $I_{\gamma\gamma}$; метод бокового токового каротажа (БТК) – параметр i_ϕ и метод кавернометрии (КМ) – параметр Δd .

Разработанная методика предусматривает расчет газонасности угольных пластов с помощью многомерного уравнения регрессии (1) по комплексу геофизических параметров стандартного угольного каротажа. Расчет рабочих