

Изучение ГТС в реальных условиях – достаточно сложная задача с точки зрения диагностики состояния строительных конструкций по причине их эксплуатации в условиях переменного уровня воды или под водой. Период проведения как ремонтных, так и исследовательских работ здесь обычно ограничен, поскольку запланированные остановка объекта, его опорожнение и, соответственно, доступ к конструкциям длятся недолго. Многие элементы сооружений отличаются весьма значительными габаритами и протяженностью.

Поэтому для решения всех необходимых задач требуется комплексный подход, включающий обязательное сопоставление результатов, полученных разными методами, локальное зондирование, размещение систем мониторинга для отслеживания динамики процессов.

Чаще всего при исследовании ГТС проводится изучение:

– прочностных свойств железобетона на поверхности и в массиве конструкций;

– сплошности железобетона и наличие в нем различных закладных элементов;

– ширины раскрытия трещин на поверхности конструкции, их глубины, месторасположение в теле конструкции, размещение и привязка к трещинам зон микротрещиноватости в массиве бетона;

– плотности и проницаемости бетона, площади и глубины деструктивных разрушений вследствие воздействия циклов замораживания–оттаивания;

– коррозии закладных элементов и арматурного каркаса.

Собранные данные служат основой для оценки остаточной несущей способности и эксплуатационной пригодности сооружений/конструкций, степени требующегося ремонтно-восстановительного вмешательства и его направленности, составления проектов ремонтов, выбора материалов и технологий работ.

ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Плиты крепления берегового откоса на Нижнекамской ГЭС

Определялось состояние бетона плит и их контакта с основанием.

По итогам применения комплекса методов – виброакустического, георадиолокационного, ударно-акустического, инструментального метода и бурения шпуров, использования эндоскопов – были получены карты распределения зон нарушения контакта плит с основанием.

Многолетний опыт применения виброакустического метода для решения задач обнаружения потери контакта плит крепления откосов с основанием (обратным фильтром) показывает, что при его использовании в сочетании с локальным зондированием и бурением отверстий получают достаточно достоверные результаты.

Достоверные результаты по диагностике состояния контакта крепления также предоставляет ударно-акустический метод, но он более трудоемок, носит локальный характер и сильно зависит от состояния поверхности бетона. В случае



Рис. 1. Береговой откос (БО) на Нижнекамской ГЭС: А – нарушение контакта монолитных плит крепления БО с основанием (обратным фильтром – ОФ); Б – нарушение контакта сборных плит крепления БО с основанием (ОФ); В – результаты виброакустических исследований плит БО в виде карт распределения центральной частоты спектра сигнала; красным цветом выделены участки нарушения контакта; Г – трехмерное представление результатов георадиолокационных исследований плит крепления и основания под ними; Д – изображения, полученные с помощью технических эндоскопов

с монолитными железобетонными и бетонными конструкциями он требует значительного опыта и высокой квалификации специалиста.

Нарушение контакта плит крепления откосов очень важно устранять на раннем этапе возникновения проблемы, поскольку разрушение обратного фильтра грунтовой плотины или откоса нередко чревато возникновением фильтрации и разрушением крепления.

На рис. 1А и Б показаны примеры нарушений контакта.

Как свидетельствует опыт обследований, подобная проблема наблюдается преимущественно по сборным плитам в местах их стыковки и соединения между собой.

На рис.1В приведена итоговая картина результатов виброакустических исследований откоса. Красным цветом выделены места нарушения контакта плит с основанием. Результаты работ подтверждались контрольным бурением. В местах бурения шпуров осматривалось пространство под плитами с помощью технических эндоскопов (рис.1Д).

На рис.1Г представлены сведения о георадиолокационных

исследованиях того же откоса. На георадиолокационных профилях участки разуплотнения отличаются по признаку появления «звона» на записи (наличие слабозатухающих колебаний). По итогам наложения результатов, полученных различными неразрушающими методами и путем бурения контрольных отверстий, формировались карты планового распределения полостей под плитами.

2. Холостой водосброс плотины «Марфин брод» Можайского гидроузла

Объект, построенный в конце 1950-х годов, представляет собой протяженное сооружение, выполненное из массивного монолитного железобетона. Целью комплексного обследования являлись оценка состояния материалов сооружения и изучение его грунтового основания для выявления причин возникших деформаций конструкций.

На рис.2А показано смещение секций друг относительно друга, а на рис.2Б приведены результаты анализа смещений по всем секциям водосброса за несколько лет.

Был сделан вывод о том, что деформации обусловлены особенностями строения грунтового массива и рельефом местности.

На рис.2В представлены данные геологических изысканий по грунтам, примыкающим к сооружению.

Анализ работы дренажной системы (рис. 2Д) показал: система находится в работоспособном состоянии, но требует расширения площади сбора воды. Часть грунтовых вод не отсекается системой (рис.2Г), а движется под сооружением.

Таким образом, проведенные комплексные обследования конструкций водосброса и прилегающего к ним грунтового массива позволили выявить причину деформаций, подготовить рекомендации по ремонтным и защитным мероприятиям.

Шлюз № 9 Карамышевского гидроузла ФГУ «Канал имени Москвы»

За долгое время эксплуатации сооружений произошло естественное старение конструкций, накопление повреждений и дефектов. При этом многие участки подвер-

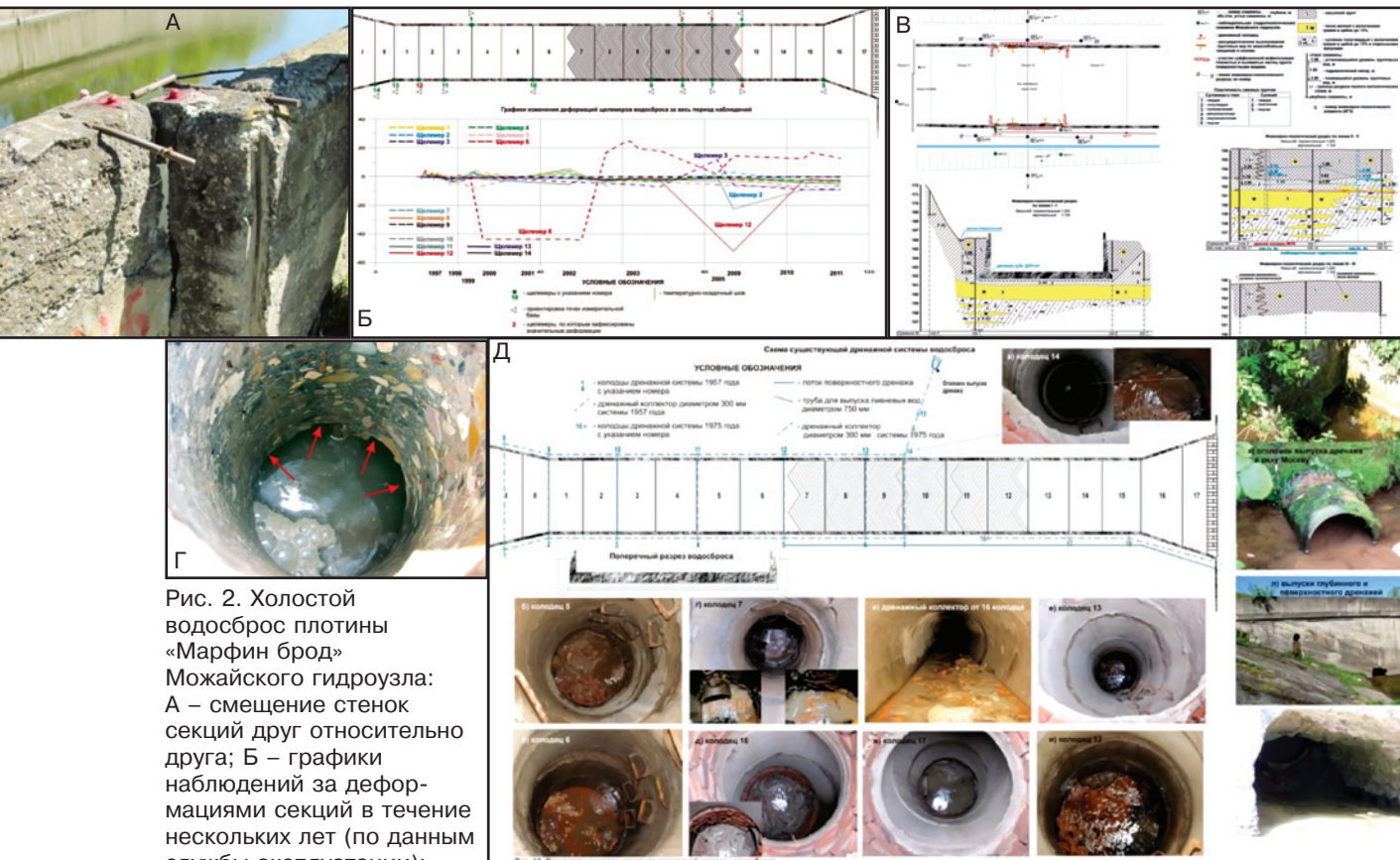


Рис. 2. Холостой водосброс плотины «Марфин брод» Можайского гидроузла: А – смещение стенок секций друг относительно друга; Б – графики наблюдений за деформациями секций в течение нескольких лет (по данным службы эксплуатации); В – результаты геологических исследований грунтов основания и прилегающего массива; Г – фильтрация воды под днищем сооружения; Д – результаты изучения работы дренажной системы сооружения

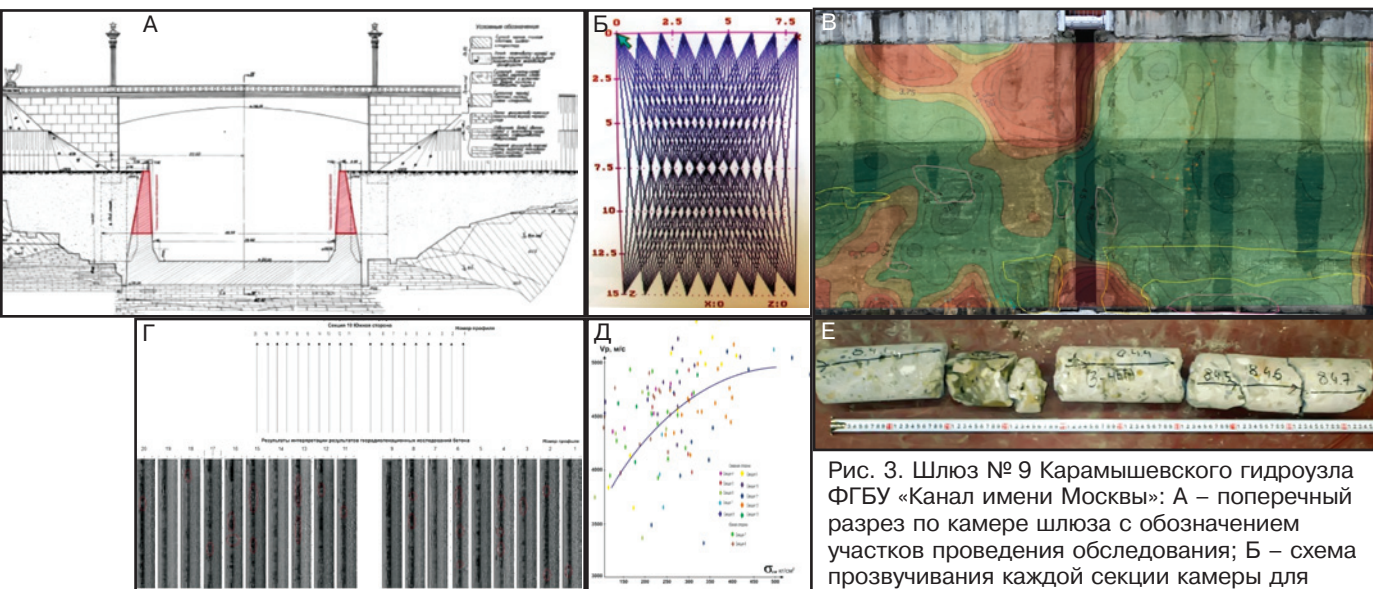


Рис. 3. Шлюз № 9 Карамышевского гидроузла ФГБУ «Канал имени Москвы»: А – поперечный разрез по камере шлюза с обозначением участков проведения обследования; Б – схема прозвучивания каждой секции камеры для получения томографического разреза; В – результаты сейсмоакустической томографии бетона секции в виде карты распределения скоростей упругих волн; Г – результаты георадиолокационного профилирования по одной из секций камеры; Д – полученная в результате испытания кернов зависимость «прочность на сжатие–скорость упругой волны»; Е – пример разрушения бетона под ремонтным составом по результатам бурения с отбором керна

результаты сейсмоакустической томографии бетона секции в виде карты распределения скоростей упругих волн; Г – результаты георадиолокационного профилирования по одной из секций камеры; Д – полученная в результате испытания кернов зависимость «прочность на сжатие–скорость упругой волны»; Е – пример разрушения бетона под ремонтным составом по результатам бурения с отбором керна

гались ремонту в разные периоды. Поэтому при осмотре была возможность оценки поведения различных ремонтных составов во времени с помощью неразрушающих методов и бурения с отбором образцов, а также оценки степени воздействия внешних факторов на бетон.

По итогам реализованных мероприятий выяснилось, что основными повреждениями конструкций являются:

- эрозия бетона и абразивное разрушение;
- разрушения под воздействием знакопеременных температур;
- коррозия арматурного каркаса конструкций в местах утраты защитного слоя бетона;
- фильтрация грунтовых вод через строительные швы и трещины в бетоне, с выносом компонентов цементного камня;
- трещины в бетоне.

По результатам анализа проектной и эксплуатационной документации были выявлены основные участки проведения ремонтных работ в разные периоды эксплуатации сооружения и определены характерные дефекты на этих участках.

Важно отметить, что температурно-влажностные условия при отверждении бетона в ходе возведения конструкций на их поверхности и в глубинных слоях сильно отличаются [1]. Поверхностные слои могут быть хорошо изучены методами

неразрушающего контроля, например ультразвуковым или склерометрическим. Но полученные данные не всегда позволяют оценить состояние объекта в целом. Возможное решение проблемы – проведение масштабных исследований конструкций, в частности методом акустического прозвучивания. С учетом его результатов появляется возможность оценить общее состояние протяженных, массивных элементов.

По итогам сейсмоакустических исследований были построены карты распределения скоростей упругих волн в массивных железобетонных конструкциях (рис.3В). После их сопоставления с картами повреждений и дефектов выбирались места бурения кернов.

Бурение с отбором образцов-кернов установило: в большинстве случаев при бурении на участках, подвергавшихся ремонту, наблюдается картина, когда под слоем восстановленного ремонтным составом бетона основной бетон имел разрушения, был более пористым и трещиноватым (толщина разрушенного слоя – 200-300 мм) (рис.3Е). Это обстоятельство указывает на факт разрушения бетона под воздействием низких температур при его запаривании плотным водонепроницаемым ремонтным составом.

Выбранные в результате визуального и сейсмоакустического обследования участки более детально изучались (склерометрическим и

ультразвуковым методами, а также методом отрыва со скалыванием); строились корреляционные кривые, позволявшие в более массовом порядке оценить прочность бетона конструкций непосредственно на объекте.

Кроме того, были получены упругие и деформационные характеристики бетона, проведена оценка водопоглощения, выявившая несоответствие материала требованиям по проницаемости. При этом средняя величина водопоглощения поверхностных слоев бетона (5-10 см) на 12% выше таковой в теле бетона конструкций, что свидетельствует о высокой степени деструкции материала на поверхности.

Исследования элементов камеры шлюза позволили дать оценку их состоянию (в соответствии с [2]) и разработать рекомендации по проведению ремонта с учетом совместного функционирования системы «бетон–ремонтный состав», в том числе по проницаемости.

Игнорирование проницаемости системы при принятии решений по ремонту связано со значительной сложностью и многофакторностью учета процессов массопереноса влаги в материале элементов ГТС. Неправильный подбор ремонтных составов по проницаемости чреват возникновением «барражного» эффекта. Наличие местного избыточного скопления влаги в конструкции определяет более интенсивное

разрушение этого участка под воздействием циклов замораживания/оттаивания.

ВЫВОДЫ

1. Применение комплекса современных методов неразрушающего контроля совместно с геофизическими методами (вибраакустика и георадиолокация, сейсмоакустическая томография и т.д.) на ГЭС позволяет с необходимой детальностью провести оценку состояния железобетона исследуемых конструкций.

2. При выполнении комплексного обследования на каждом из анализированных объектов выявлялись его конструктивные особенности, оценивалось состояние железобетона, определялись зоны распространения деструктивных процессов, прослеживались динамика ширины

раскрытия трещин во времени и зоны их распространения в массиве конструкции.

3. Полученные результаты позволили разработать детальный, учитывающий индивидуальные особенности объекта, проект его восстановления, подобрать соответствующие материалы и технологию проведения работ. При реализации запланированных мероприятий применение методов неразрушающего контроля с увеличенной детальностью в дополнение к традиционному контролю позволило на локальных участках выполнять корректировку и контроль проведения ремонтно-восстановительных работ.

4. Ремонтные мероприятия надлежит осуществлять с учетом текущего состояния каждой конструкции по прочности, плотности и пористости (проницаемости), а также с индивидуальным подбором техно-

логии и материалов. Использование более прочных и плотных, по сравнению с основным бетоном, ремонтных составов недопустимо, поскольку это чревато более интенсивным разрушением материала на отремонтированных участках.

5. Применение современных методов неразрушающего контроля на всех этапах – диагностики, проектирования и выполнения ремонтно-восстановительных работ – позволяет решить задачу качественного восстановления конструкций и обеспечения их длительной сохранности.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Шилин А.А. Ремонт железобетонных конструкций. – М.: Стройтехиздат, «Горная книга», 2010.
2. ГОСТ 55260.1.3-2012 «Сооружения ГЭС гидротехнические. Конструкции бетонные и железобетонные. Требования безопасности»